

Санкт-Петербургский государственный университет

ЩЕРБАКОВА Ирина Владимировна

Выпускная квалификационная работа

Оценка экологического состояния ландшафтов Тункинской долины
Assessment of the ecological state of the landscapes of Tunkinskaya valley

Уровень образования: *Магистратура*

Направление 05.04.06 «*Экология и природопользование*»

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

Научный руководитель:

*доцент кафедры
геоэкологии и природопользования,
кандидат географических наук
Елсукова Е.Ю.*

Рецензент:

*к.б.н., доцент, ЛГУ им. Пушкина
Лебедева М.Ю.*

Санкт-Петербург 2022

Оглавление

Введение	3
Глава 1. Физико-географическое описание района исследования	5
1.1 Геологическое строение и рельеф	5
1.2 Почвенный покров	11
1.3 Растительность	20
1.4 Климатические условия	21
1.5 Гидрология	23
Глава 2. Источники антропогенного воздействия на ландшафты Тункинской долины	25
Глава 3. Методы исследования	28
3.1 Полевые методы исследования	28
3.2 Лабораторные методы исследования	29
Глава 4. Экологическая оценка ландшафтов Тункинской долины	32
4.1 Оценка биоиндикаторных признаков	32
4.2 Оценка состояния почв Тункинской долины	34
Заключение	53
Список использованных источников	55
Приложение	59

Введение

Тункинская долина (Республика Бурятия) — система межгорных понижений в горах Восточных Саян в Байкальской рифтовой зоны, площадью 11, 8 тыс. км². В 1991 году на территории долины был создан Тункинский национальный парк при поддержке республики Бурятия и Иркутской области. Парк создан для охраны уникальных и эталонных природных участков, для сохранения и восстановления биоразнообразия.

Целью данной работы является оценить экологическое состояние ландшафтов Тункинской долины.

Оценка экологического состояния ландшафтов включает в себя исследование отдельных компонентов природной среды и ландшафта в целом. В качестве показателей для экологической оценки ландшафтов были выбраны состояние растительности и почвы. Данная оценка проводится, чтобы выявить возможные экологические проблемы как в настоящее время, так и на перспективу.

Для достижения данной цели были поставлены следующие задачи:

- 1) изучить научную литературу, связанную с территорией исследования, провести анализ источников антропогенного воздействия на ландшафты Тункинской долины;
- 2) провести полевые исследования: заложить геоэкологические профили, описать пробные площади, описать биоиндикационные характеристики, заложить почвенные разрезы, отобрать пробы почв и корки сосны;
- 3) освоить методы лабораторных исследований, определить кислотность и провести определение подвижных форм тяжелых металлов (Ba, Cd, Co, Cr, Cu, Fe, Mn, Ni, Pb, V, Zn) в пробах почвы и корки сосны обыкновенной (*Pinus sylvestris*);
- 4) дать оценку экологического состояния ландшафтов Тункинской долины.

Научная новизна. Оценка экологического состояния ландшафтов в настоящее время является актуальной темой, особенно в местах, подверженных антропогенным воздействиям. Тункинская долина является привлекательным местом для туристов Иркутской области и республики Бурятия. Кроме того, на территории долины находятся крупные населенные пункты: Аршан, Жемчуг, Кырен Зактуй, Зун-Мурино, Тунка, Туран, Ниловка, Хойто-Гол, Монды, проживает 20 106 человек. На территории Тункинской долины расположен национальный парк федерального значения, который занимает весь Тункинский административный район. Таким образом в парке необходимо проводить регулярный контроль изменений в природной среде. На сегодняшний день полная экологическая оценка ландшафтов Тункинской долины не проводилась, исследовались

только отдельные компоненты. Полученные данные можно будет использовать в ходе проведения экологического мониторинга в качестве фоновых значений.

Выражаю благодарность за помощь в определении подвижных форм тяжелых металлов в почвах и коре сосны сотрудникам Научного парка СПбГУ Ресурсного центра Методы анализа состава вещества.

Глава 1. Физико-географическое описание района исследования

1.1 Геологическое строение и рельеф

Тункинская долина выделяется своеобразными природными особенностями. Здесь присутствуют разнообразные формы рельефа (от равнинных до альпинотипных), сочетаются древнейшие геологические обнажения с современными вулканическими образованиями, выделяются участки многолетнемерзлых грунтов и выходов теплых минеральных источников.

Тункинская система котловин (таблица 1) включает Мондинскую, Хойтогорьскую, Туранскую, Тункинскую, Торскую и Быстринскую рифтовые впадины, которые ограничиваются хребтами Хамар-Дабан и Тункинскими гольцами (Александрова Т.Д., 1964).

Таблица 1 – Морфометрические характеристики системы Тункинских впадин

Котловина	Длина, км	Ширина, км	Площадь, км ²	Интервал абсолютных высот днища, м	Высота, м		
					средняя, днища	абс., вершин окружающих гор	макс. относительная бортов котловин
Быстринская	8-9	3-4	30	600-730	700	1000-1400	800
Торская	30	10-20	360	660-800	750	1000-2200	1340
Тункинская	65	20-30	1800	700-900	800	2000-3200	2500
Туранская	22	3-6	70	840-1000	930	1200-3000	2160
Хойтогорьская	33	7-11	270	900-1500	1100	1200-3200	2100
Мондинская	25	3,5-5	90	1250-1600	1430	1800-3500	2250

Долина однообразна в ее морфологическом строении, асимметрична в поперечном сечении. Северные борта Тункинской долины имеют большую высоту и мощные активные разломы, южные – менее крутые и слабо затронуты разломами. Сами впадины сложены толщей палеоген-неогеновых отложений, а также мощными накоплениями антропогена (более 2000 м).

Общая тенденция оседания фундамента Тункинского рифта локально прерывается поднятием (бассейновая инверсия). Инверсионное поднятие вызывает деформацию отложений бассейна и проявляется в рельефе поверхности (Shchetnikov A.A., 2017).

Последняя бассейновая инверсия действовала в Тункинском рифте во второй половине позднего плейстоцена-голоцена, и величина поднятия варьировала от нескольких десятков до нескольких сотен метров. Наибольшее поднятие на 300 м произошло в Торском рифтовом бассейне, оцененном по относительной высоте его отложений ~ 55 тыс. км². В

целом инверсионное поднятие произошло на 40% площади Тункинского бассейна (Shchetnikov A.A., 2017).

Четвертичные отложения залегают с перерывом на неогеновые толщи практически во всех осадочных разрезах окраин бассейна, что свидетельствует о том, что площадь отложений сокращалась в течение длительного периода рифтовой истории и достигла прежних масштабов только в самом раннем позднем плейстоцене (рис. 1).

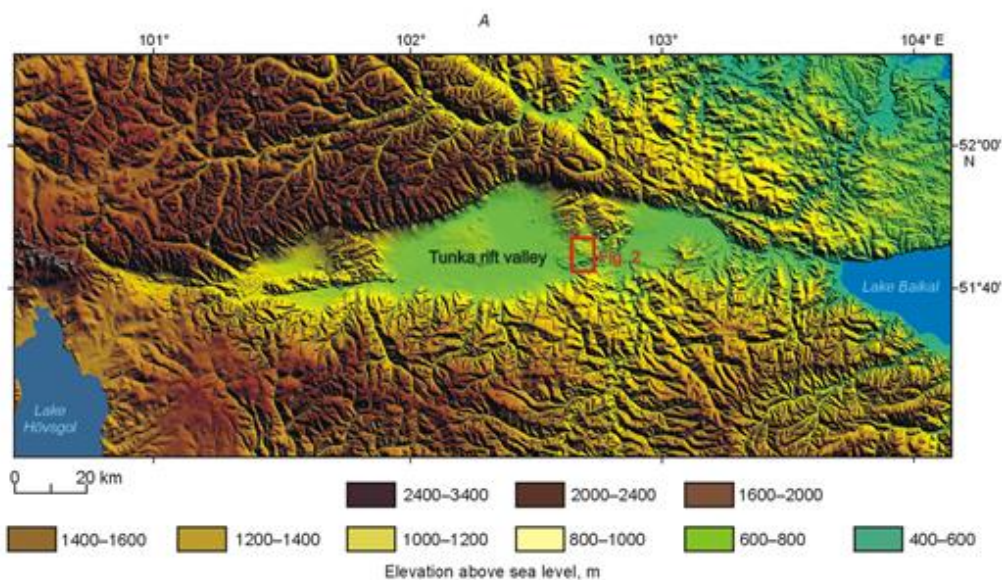


Рисунок 1 - Цифровая модель рельефа Тункинской рифтовой долины и прилегающих к ней гор (Shchetnikov A.A., 2017)

Среди отложений антропогена выделяются образования элювиального, солифлюкционного, делювиального, пролювиального, аллювиального, озерно-ледникового, водно-ледникового и вулканического происхождений. Эти образования выражены разнообразными типами пород, частично связанными с соответствующими формами рельефа.

По мнению С.В. Обручева, в первой половине юры Восточный Саян был расчлененной горной страной с озерами, в которых отлагались галечники, пески и глины с растительными остатками, превратившиеся со временем в более плотные горные породы. Вероятно, в течение мелового времени с перерывами продолжалось поднятия района и проходило местное размывание, а также опускание некоторых участков (Обручев С. В., 1946).

Тункинская котловина занимает центральное положение в системе впадин и разделяющих их низкогорных перемычек, составляющих Тункинскую систему впадин на юго-западе Байкальской рифтовой зоны. Байкальская рифтовая зона – линейно построенная тектоническая зона длиной более 2000 км в пределах Монголо-Сибирского гор-

ного пояса, состоящая из впадин и связанных с ними горных поднятий. Байкальская рифтовая зона вместе с входящим в неё Южным (Тункинским) Прибайкальем занимает немаловажное место в системе мировых рифтовых образований (*Семенов Ю.М., 2017*).

В начале кайнозоя в Байкальской зоне началось формирование рифтовых структур. В олигоцене уже существовали современные межгорные понижения. В миоцене и плиоцене продолжалось поднятие гор. В конце третичного - начале четвертичного периода произошли мощные излияния базальтов, заполнивших речные долины между низкими горами и разлившихся по межгорной равнине. После оледенения продолжалось эрозионное расчленение хребтов, интенсивно поднимающихся и в настоящее время (*Ташиак В.И., 2017*).

Третичные отложения Тункинской долины были обнаружены геологами треста «Востсибнефтьгеология», которые проводили глубокое бурение на нефть. Наиболее глубокая скважина (№ 2-0), которая была заложена в 7 км к югу от Тункинских гольцов, достигла горизонта 2120 м и не вышла из осадочных пород (рис. 2). Мощность третичных отложений разбуренной части по этой скважине превышает 1500 м, из которых 1250 м относятся к миоценовым породам, а 250 м — к плиоценовым. Скважина Р-1, заложённая в устье рч. Жемчуг, прошла всю мощность осадочных пород впадины и врезалась в кристаллический фундамент, сложенный докембрийскими гранитами и гранито-гнейсами (*Налетов П.И., 1961*).

С большим трудом можно наметить нижнюю границу четвертичных отложений, а что касается подстилающих их пород, то отнесение их к третичным мало чем обосновывается (скважина была сделана около речки Хобок). К третичным относятся также осадочные породы, встречающиеся на северной окраине Торской впадины, где они обнажаются у самого подножия северо-восточной оконечности Тункинских гольцов. Здесь эти породы слагают небольшую возвышенность и представлены в основном крупнообломочными конгломератами (*Налетов П.И., 1961*).

Особыми формами рельефа днищ впадин являются расположенные в северо-восточной части Тункинской впадины у пос. Бей-Талая и Хурай-Хобок молодые позднечетвертичные вулканы. Они представляют собой результаты одноактных извержений и сложены лавами базальтов и вулканическими шлаками, частично перекрыты молодыми осадками. В Тункинском рифте вулканизм начался в миоцене, продолжился в плиоцене и плейстоцене (*Макаров С.А., 2014*).

Ледниковые отложения встречаются, в частности, в верховьях рч. Зун-Мурин и в ее верхних боковых притоках: Ямата, Нухучивейта, Ухагол; в бассейнах Большой и Малой Быстрых, Слюдянки, Снежной, Выдриной и в других высокогорных местах западной части Хамар-Дабана и Тункинских гольцов.



Рисунок 2 – сводный разрез опорной скв. № 2-О. Тункинская впадина
(по А.Е. Повышеву)

1 – пески, 2 – аргиллиты, 3 – базальты, 4 – песчаники, 5 – галька,
6 – конгломератобрекчий, 7 - алевролиты, 8 – прослой бурого угля.

Флювиогляциальные образования лучше всего сохранились в Тункинской и Торской впадинах, где они залегают в виде предгорных шлейфов вдоль южных склонов Тункинских гольцов. Они состоят из валунов, глыб и гальки. Местами к ним примешиваются более молодые пролювиальные и элювиально-делювиальные отложения, смещенные с окрестных гор.

Рельеф дна всей Тункинской котловины построен из сочетания 2-х основных элементов: предгорных наклонных равнин и аллювиальной равнины Иркута.

Аккумулятивное дно Тункинской впадины состоит из поверхностей разных типов предгорных наклонных равнин, обширных озерно-болотных низин с крайне затрудненным дренажем, представляющих собой зоны активного современного осадконакопления, аллювиальной террасированной равнины р. Иркута и крупного, почти изолированного песчаного массива Бадар (*Щетников А.А., 2004*).

Рельеф Тункинской долины характеризуется как эрозионно-денудационный, тектонический, мезозой-кайнозойский эпиплатформенный ороген. Горно-таежный рельеф представлен чередованием хребтов и впадин байкальского типа различной ширины и протяженности (*Атутова Ж.В., 2004*).

Эволюция рельефа в тектонически активных районах является результатом сложного взаимодействия тектонических и эрозионных процессов (*Chebotarev A., 2021*).

Экзогенные процессы (древние и современные) проявляются довольно слабо. Среди древних рельефообразующих процессов следует отметить эоловые. По мере увеличения высоты возрастает влияние гравитационных и криогенных процессов. В результате медленной солифлюкции образуются погребенные гумусовые и торфяные горизонты, что создает мозаичность почвенного покрова (*Макеев О.В., 1962*).

Эволюция тункинской системы определяется развитием всего Байкальского рифта, включающего 3 основных этапа: самый ранний или “предрифтовый” (70-30 Ма), промежуточный или “раннерифтовый” (30-3,5 млн лет) и самый поздний (3,5-0 млн лет). Последние два этапа согласуются соответственно с “медленным” рифтогенезом, характеризующимся накоплением мелкозернистых отложений в бассейнах Байкала в палеоцене-миоцене, и “быстрым” рифтогенезом, отнесенным к верхним крупнозернистым плиоценово-четвертичным отложениям, что свидетельствует о наиболее активной фазе рифтогенеза (*Mats V.D., Perepelova T.I., 2011*).

Таким образом, район исследований сложен породами архейского, третичного и четвертичного возрастов. Дотретичные отложения не оказывают прямого влияния на процессы почвообразования в долине, а в высокогорной части района, представленные, главным об-

разом, гранитами, гнейсами, кристаллическими сланцами, являются материнскими породами. В большей части впадин почвообразующие породы представлены четвертичными отложениями. Рельеф - эрозионно-денудационный, характеризуется сменой повышений и понижений, представлен равнинами, озерно-болотными низинами, аллювиальной террасированной равниной Иркута и горными хребтами Тункинских гольцов.

1.2 Почвенный покров

По почвенному районированию Байкальской Сибири Тункинская котловина входит в Тункинский округ горных почв и почв межгорных котловин южной тайги Среднесибирской лесолуговой провинции с серыми лесными, луговыми и аллювиально-луговыми почвами на суглинках, супесях и песках озерного и ледникового происхождения. Основной фон в котловине составляют дерново-подзолистые и серые метаморфические почвы, на которых произрастают темнохвойные и сосновые леса. Широкое распространение имеют мелколиственные и смешанные леса на серых почвах (*Белозерцева И.Н., 2013*).

Основными почвами в высокогорье являются – петроземы и литоземы (грубогумусовые). Почвы не успевают формироваться из-за периодического воздействия селевых потоков. Примером послужили разрезы разрез 6 (рисунок 3) и 7 (рисунок 4).

Шестой почвенный разрез был заложен на склоне в зоне воздействия селевых потоков. Последний сель сошел в июне 2014 г. В результате прохождения атмосферного фронта на р. Кынгарга сформировался дождевой паводок и грязекаменный поток, а на восточную часть п. Аршан сошли разрушительные селевые потоки. Произошло отложение селевого материала и наносов от наводнений. Изменились условия и фон формирования гидрологических процессов на территории, изменились почвообразовательные процессы (*Копосов Г.Ф., 1983*).

Разрез 6. Профиль 2. Березово-лиственничное вейниковое сообщество

Горизонт	Мощность, см	Характеристика горизонта
О	0-4	Коричневый, рыхлый, свежий, сложен слабо разложившимися остатками растительности, переход по цвету, граница ровная
М	4-22	Светло-коричневый / серо-коричневый, песок связный, комковатый, рыхлый, свежий, включений корней, наличие пор и трещин, переход по цвету, граница ровная
О ₁	22-27	Темно-бурый / черный, супесь, комковатый, уплотненный, свежий, включения корней, наличие пор и трещин, переход по цвету, граница ровная
М ₁	27-39	Темно-коричневый (темнее горизонта В), песок, бесструктурный, уплотненный, свежий, включения корней и камней (до 11 см), наличие пор и трещин, переход по цвету, граница ровная
О ₂	39-48	Ближе к черному, супесь, комковатый, уплотненный, свежий, включения корней, наличие пор и трещин, переход по цвету, граница ровная

M ₂	48-56	Коричневый, песок, бесструктурный, уплотненный, свежий, включения корней и мелких камней, переход по цвету и мех. составу, граница ровная
M ₃	56-72	Серый, песок, преобладает скелет, плотный, свежий, включения камней до 6 см, граница по цвету и мех. составу, граница ровная
M ₄	72-84	Темно-серый, песок, бесструктурный, уплотненный, свежий, есть темная прослойка

Петрозем типичный супесчаный на селевых отложениях



Рисунок 3 - Почвенный разрез № 6 (фото: Щербакова И.В.)

Седьмой разрез заложен в нижней части склона Восточного Саяна на въезде в поселок Аршан, преобладает сосновое сообщество. Также заметно воздействие селевых потоков на процессы почвообразования.

Разрез 7. Профиль 2 Кедрово-сосновое вейнико-разнотравное

Горизонт	Мощность, см	Характеристика горизонта
О	0-7	Бурый, сложен средней степени разложения растительности и хвои, уплотненный, свежий, переход по цвету, граница волнистая
АУ	7-12	Темно-коричневый, супесь, бесструктурный, рыхлый, свежий, включения корней, наличие пор и трещин, переход по цвету, граница волнистая
В	12-21	Коричневый, супесь, комковатый, уплотненный, свежий, включение корней, наличие пор и трещин, переход по цвету, граница ровная
[O ₁]	21-26	Темно-коричневый, суглинок, комковатый, уплотненный, увлажненный, включения корней, наличие пор и трещин, переход по цвету, граница ровная
[ВНФ]	26-77	Рыжий с темными затеками гумуса, супесь, комковатый, уплотненный, увлажненный, включения корней, наличие пор и трещин

Литозем серогумусовый типичный маломощный на селевых отложениях



Рисунок 4 - Почвенный разрез № 7 (фото: Щербакова И.)

На южных склонах котловины формируются серые почвы, а на северных – подбуры грубогумусированные и дерново-подзолистые почвы. Примером служит разрез

№ 8 (рисунок 5) на профиле 2. Разрез был заложен на средней части склона пика Любви на высоте 980 м.

Разрез 8, Профиль 2 Березово-сосновое луговиково-папоротниковое сообщество

Горизонт	Мощность, см	Характеристика горизонта
O _{ao}	0-16	Темно-бурый, рыхлый, свежий, сложен слабо разложившимися остатками растительности и хвои, переход по цвету, граница волнистая
BHF	16-42	Коричнево-рыжий, суглинок, бесструктурный, уплотненный, увлажненный, включения корней и камней до 21 см, наличие пор и трещин, переход по цвету, граница волнистая, есть затеки
B	42-65	Серо-коричневый, суглинок, бесструктурный, плотный, увлажненный, включения корней и камней до 4 см, наличие пор и трещин, переход по цвету, граница волнистая
C ₁	65-73	Светло-коричневый, суглинок, комковатый, слитый, свежий, включение корней и камней до 2 см, наличие пор и трещин, переход поцвету, граница ровная
C ₂	73-81	Серый, разрушенный камень, бесструктурный, плотный, свежий

Подбур грубогумусированный суглинистый на четвертичных отложениях



Рисунок 5 - Почвенный разрез №8 (фото: Щербакова И.)

На северных склонах в относительно пониженных элементах рельефа формируются (торфяно-) криоземы и торфяно-подбуры глеевые, в которых наблюдаются процессы криотурбации и оглеения. Это относится к региональным особенностям, определяющим специфику почвенного покрова, относятся мерзлотные явления - глубина и динамика промерзания, термокарст, неоднородности профиля по гранулометрическому составу. В структуре почвенного покрова господствуют полосчато-линзовидные комплексы, мозаичные и пятнистые депрессивные кольцевые комплексы (приозерные, приболотные) с большим разнообразием почв (Выркин и др., 2007). Примером данных типов почв служат разрезы № 1, 2, 4 (рисунок 6-8).

Данные разрезы были заложены на террасе реки Тунка, где ее русло представляет собой сеть озер (Койморские озера).

Разрез 1, Профиль 1 Осоковое сообщество

Горизонт	Мощность, см	Характеристика горизонта
TE	0-37	Темно-бурый / черный, бесструктурный, уплотненный, мокрый, сложен хорошо разложившимися растительными остатками, переход по цвету и влажности, граница ровная
TT	37-70	Черный, бесструктурный, уплотненный, мокрый, сложен хорошо разложившимися остатками растений, включения корней, по стенке сочится вода, переход по цвету, граница ровная
T _{огт}	70-75	Замерзший торф, слитой, сложен органикой высокой степени разложения

Торфяные эутрофные на аллювиальных отложениях



Рисунок 6 - Почвенный разрез №1 (фото: Щербакова И.)

Разрез 2. Профиль 1 Осоково-вейниковое сообщество

Горизонт	Мощность, см	Характеристика горизонта
T	0-60	Темно-бурый, скатывается в колбаску (суглинок), бесструктурный, уплотненный, мокрый, включения корней, поры, трещины, сложен хорошо разложившимися растительными остатками, переход по цвету и влажности, граница ровная
CR	60-74	Черный / темно-бурый, бесструктурный, слитой, включения корней, поры и трещины, сложен хорошо разложившимися растительными остатками, переход по влажности, граница волнистая
CR _{ocr}	74-79	Черный, бесструктурный, слитой, мокрый, вода поднялась на 5 см

Торфяно-криоземы торфяные на аллювиальных отложениях



Рисунок 7 - Почвенный разрез №2 (фото: Щербакова И.)

Разрез 4, Профиль 1 Березово-еловое осоково-бруснично-хвощевое

Горизонт	Мощность, см	Характеристика горизонта
T	0-29	Черный, бесструктурный, рыхлый, мокрый, переход по цвету, граница волнистая (затечная)

В	29-64	Серый с рыжими пятнами, песок, мелкокомковатый, уплотненный, просочилась вода на 5 см.
---	-------	--

Торфяно-литозем типичный на аллювиальных отложениях



Рисунок 8 - Почвенный разрез №4 (фото: Щербакова И.)

В степных ландшафтах основной фонд высоко значимых земельных ресурсов составляют черноземы и темногумусовые почвы (Белозерцева И.А., 2013).

Очень велика контрастность почвенного покрова северных и южных экспозиций. На южных склонах распространены горные мерзлотно-таежные-неоподзоленные, на восточных, а также в верхних частях лесного пояса склонов южных экспозиций и в подгольцовом поясе развиваются горные мерзлотно-подзолистые с иллювиально-гумусовым горизонтом почвы.

В долинах ручьев и рек под черничными, осиновыми и багульниковыми группами типов леса преобладают болотно-подзолистые мерзлотные почвы, а под разнотравными группами типов леса распространены пойменные аллювиально-луговые почвы (Цибжитов Ц.Х., 2007).

На исследуемой территории наиболее распространены почвы альфегумусового отдела (Почвенный разрез №3 – рисунок 9): они формируются в лесостепном, лесном и высокогорном поясах в условиях свободного поверхностного и внутрипочвенного дренажа на рыхлых отложениях легкого гранулометрического состава (Макеев О.В., 1962).

Третий разрез был заложен в сосновом лесу, для данного почвенного разреза характерен легкий гранулометрический состав.

Разрез 3, Профиль 1 Сосновое разнотравно-купыревое

Горизонт	Мощность, см	Характеристика горизонта
О	0-3	Черный, рыхлый, сухой, сложен обгоревшими остатками растительности, переход по цвету, граница ровная
АУ	3-20	Коричневый / светло-бурый, супесь, комковатый, уплотненный, свежий, включения корней, наличие пор и трещин, переход по цвету, граница ровная
ВФ	20-52	Рыжий, супесь, комковатый, уплотненный, свежий, включения корней, наличие пор и трещин, переход по цвету, граница неровная (между горизонтами темная прослойка)
[АУ]	52-57	Похож на АУ, комковатый, свежий
ВНФ	57-80	Темно-рыжий, супесь, комковатый, уплотненный, свежий, включения корней, наличие пор и трещин.

Дерново-подбур иллювиально-железистый среднемощный на четвертичных отложениях



Рисунок 9 - Почвенный разрез №3 (фото: Щербакова И.)

Также в лесных сообществах на склонах Восточного Саяна встречаются буро-земы. Примером служит разрез 5 (рисунок 10), который был заложен рядом с Дацаном в пос. Аршан, преобладает кедровое сообщество.

Разрез 5, Профиль 2 Сосново-кедровое майнико-вейниковое

Горизонт	Мощность, см	Характеристика горизонта
О	0-2	Коричневый, рыхлый, свежий, сложен слабо разложившимися остатками растений и хвои, переход по цвету, граница ровная
АУ	2-7	Бурый, суглинок, комковатый, уплотненный, свежий, включения корней и камней (до 15 см), наличие пор и трещин, переход по цвету, граница ровная
ВМ	7-64	Темно-рыжий, суглинок, комковатый, уплотненный, свежий, включение корней и камней (до 30 см), наличие пор и трещин

Бурозем типичный маломощный на четвертичных отложениях



Рисунок 10 - Почвенный разрез № 5 (фото: Щербакова И.)

В Тункинской долине на почвенный покров оказывает влияние наличие минеральных источников. В зонах тектонических разломов глубинные и мантийные воды изливаются на дневную поверхность, образуя минеральные источники. В процессе передвижения в толще пород и почв эти воды обогащаются газами, радиоактивными веществами и минеральными солями (Черкашина А.А., 2016). В процессе почвообразования химические вещества, либо мигрируют, а затем аккумулируются в пониженных частях рельефа. В условиях горного рельефа вследствие движения склоновых и грунтовых вод происходит миграция веществ в сопряженных геохимических ландшафтах.

1.3 Растительность

Уникальность поверхности исследуемого района объясняется сочетанием в сравнительно небольших пределах разнообразных форм – от альпинотипного высокогорья хр. Тункинские Гольцы до заболоченного днища котловины со сложной системой проток р. Тунка и ее притоков (*Черкашина А.А. и др., 2016*).

В пределах системы Тункинских впадин и окружающих ее хребтов сформирована поясность, характерная для полугумидного сектора гор Южной Сибири. Спектр поясов представлен лесостепным, лесным (с подтаежными и горнотаежными поясами) и высокогорным поясами. Благодаря большому градиенту высот в котловине закономерности высотной поясности четко выражены, и отличаются на различных по высоте и экспозиции хребтах.

Нахождение региона на стыке Восточно-Сибирской горно-таежной и Центрально-Азиатской степной зон дает высокую степень лесистости ландшафтов, что оказывает огромное влияние на экологию территории. Регион расположен в зоне контакта трех крупных природно-биогеографических областей — Среднесибирской таежной, Южносибирской гольцово-горно-таежной и Байкало-Джугджурской гольцово-горно-таежной (*Семенов Ю.М., 2017*).

Днище котловины и шлейфы хребтов охватывает лесостепной пояс. Растительность представлена участками подтаежных сосново-лиственнично-березовых и сосновых остепненных лесов в сочетании с сообществами настоящих и луговых степей (*Амурсова Ж.В., 2018*).

В основном все представленные растительные сообщества являются вторичными и возникли в результате антропогенного воздействия на естественные ландшафты.

Максимальные высотные уровни на изученной территории занимают березово-сосновые, сосново-березовые, лиственничные сообщества. Травяно-кустарничковый ярус представлен луговиково-папоротниковым сообществом.

На покатых склонах располагаются фации лиственничной и сосново-кедровой группы (*Амурсова Ж.В., 2018*). И тут преобладают майнико-вейноково-разнотравное сообщество в травяно-кустарничковом ярусе.

Ландшафты террасы на высоте 720 м над у.м. реки Тунка представлены осоково-ячменным и осоково-вейниковым сообществом в болотистой местности.

Луговостепные и луговые территории распространены во впадинах. Наиболее распространены на исследуемой территории болотные луга. На наиболее поднятых пойменных участках речных долин распространены настоящие луга. Пустошные луга приурочены к местам с устойчивой многолетней мерзлотой (Макеев О.В., 1962).

Если подняться на несколько метров выше, болотистые сообщества сменяются сосновым и березово-еловым составом древесного яруса и разнотравно-купыревым и бруснично-хвощевым в травяно-кустарничковом ярусе. В кустарниковом ярусе преобладает жимолость (*Lonicera caerulea* L. s. l), шиповник (*Rosa cinnamomea* L), ива (*Salix* sp.), облепиха (*Hippophae rhamnoides* L.).

1.4 Климатические условия

Климатические особенности Тункинской котловины складываются под влиянием широтно-зонального и высотного градиента и градиента континентального. Резко континентальный климат района характеризуется большими суточными и годовыми амплитудами температур. В холодное время года здесь господствует азиатский антициклон, ему соответствует ясная, безветренная, морозная погода. Зима с отрицательными средними суточными температурами начинается в середине ноября и длится около семи месяцев. Уже в сентябре горы покрываются снегом, а сходит он только в июне. В марте резко возрастает лавинная опасность. Летом преобладает циклоническая погода. Средняя температура июля составляет +14° С, января -24° С. Годовая сумма температур свыше 10°С составляет 1600 и более (Атлас Забайкалья, 1967). Среднегодовая норма осадков на исследуемой территории минимальная по всему Восточному и Центральному Саяну и составляет 350–400 мм в долинах, в Тункинских гольцах – 500–600 мм, на склонах Хамар-Дабана – до 1000 мм (Биличенко И.Н., 2012).

Климат территории отличается высокой пространственной неоднородностью с заметным градиентом температур и осадков между периферической и центральной частями котловины. В целом для территории характерно умеренно теплое лето со средней температурой июля в пос. Аршан 15,9 °С, в дер. Тунка — 16,8 °С. Зима умеренно суровая, малоснежная, со средней температурой января в пос. Аршан до –20,3 °С, в дер. Тунка –27,3 °С (Черкашина А.А., 2016).

Прибайкалье характеризуется выраженной неравномерностью атмосферного увлажнения, что связано с расчлененностью рельефа. Воздушные массы, встречая на пути горные хребты, запруживаются. Роза ветров в среднем за год представлена на рисунке 10. Преобладают западные и северо-западные ветры, но в отдельных участках района господствующее направление ветра зависит от направления долин и горных хребтов.

Отмечается явление, когда резко выраженный западный или северо-западный ветер на высоте увлекает за собой воздух из ниже расположенных котловин, вследствие чего внизу ветер приобретает восточное или юго-восточное направление.

После достижения воздушными потоками водораздельной линии хребтов, охлажденный воздух опускается, адиабатически расширяется и удаляется от состояния насыщения, в результате чего наветренные склоны хребтов отличаются большей увлажненностью и облачностью по сравнению с подветренными. Другая группа воздействий, оказываемых рельефом на климат, связана с изменением радиационного баланса в зависимости от абсолютной высоты, уклона и экспозиции поверхности. Увеличение абсолютной высоты сопровождается уменьшением мутности и плотности атмосферы, что обуславливает иной радиационный баланс гор по сравнению с низинами (*Василенко О.В., 2015*).

Функционирование Тункинской рифтовой долины как крупного и протяженного ветрового коридора определяет ее значение как арены эолового литогенеза с основным ветровым переносом песчано-алевритового материала с запада на восток. Современные песчаные бури происходят в Тункинской долине 12-14 раз в год со скоростью ветра более 15 м/с (*Matasova G.G., etc., 2021*).

С ▼ Северный	С-В ▲ Северо-Восто...	В ◀ Восточный	Ю-В ▼ Юго-Восточный	Ю ▲ Южный	Ю-З ◀ Юго-Западный	З ▶ Западный	С-З ▲ Северо-Запад..
13.6%	11%	28.4%	7.9%	6.4%	10.5%	10.1%	12.1%

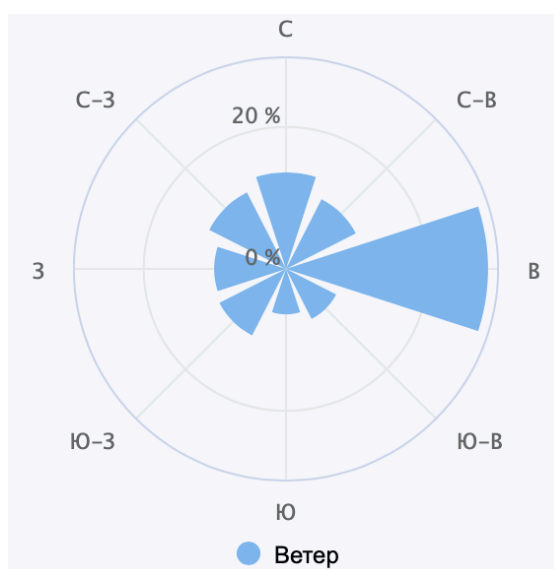


Рисунок 11 – Среднегодовая роза ветров и направление ветра в пос. Аршан
(*Безгодова О.В., 2019*)

Выпадение сильных ливневых дождей и большая крутизна склонов способствуют развитию овражной эрозии и увеличению поступления наносов в русла рек из овражно-балочной сети, а также являются фактором формирования селей. Снежный покров незначительный, так как на зиму приходится всего 30–35 мм осадков (*Безгодова О.В., 2019*).

1.5 Гидрология

Главной водной артерией территории является р. Иркут с общей длиной русла 467 км. Свое начало она берет из озера Ильчир, которое находится в Окинском районе на высоте 1963 м над уровнем моря. Общая площадь водосбора 15 020 км², впадает в реку Ангару в городе Иркутск. Общая площадь бассейна равна 15,6 тыс. км² (*Ангахеева Н.А., 2016*). Наиболее значительными притоками р. Иркут являются Ихе-Угунь, Енгара, Тунка (левые), имеют небольшие водосборные площади и длину в первые десятки километров. Харгун, Зангисан, Зун-Мурин (правые), имеют более развитые и крупные речные бассейны в пределах хр. Хамар-Дабан.

Река Тунка берет начало со склонов хребта Тункинские Гольцы и является левым притоком р. Иркут. Протяженность реки 48 км, площадь бассейна 811 км². Основными притоками Тунки являются реки Булу, Кынгарга, Барун-Хандагай, Талая, Талта, Угутэрэ, Харангин-Гол (*Семенов Ю.М., 2017*).

Река Кынгарга берет начало с южных склонов хр. Тункинские Гольцы и составляется из двух истоков, сливающихся вместе на расстоянии 7 км выше по течению от пос. Аршан. Ее верховье расположено на высоте 2260 м (*Черкашина А.А., 2016*). Длина реки 26 км. По обе стороны от долины р. Кынгарги имеется ряд небольших водотоков. Эти водотоки осуществляют сток только в пределах горных склонов и постепенно теряют его при выходе в Тункинскую долину, фильтруясь в наносы, при этом, по всей видимости, сохраняя гидравлическую связь с р. Кынгаргой. В многоводные годы, в паводковый период они вытекают в предгорья селевыми паводками (*Кичигина Н.В., 2016*).

По режиму питания реки Присяянья относят к смешанному типу, но преобладает дождевое питание. Характеризуются весенне-летним половодьем и паводками, тесно примыкающими к половодью и систематически его превышающими. Весеннее половодье незначительное.

Под общим названием Койморские озера известно место многочисленных мелких озерков вблизи сел Тагархай и Толтой. Эти озера занимают небольшую площадь и связаны между собой протоками. Они являются озеровидным расширением русла р. Тунки, в которых течение почти незаметное, поток теряется в болотистой низине. Наиболее

крупные озера: Большая и Малая Ангара, ЕхеТолта, Бахыннуур, Ехе-Саганур, Бага Саганур. В озерах Ширшонка и Бутаковское залегают лечебные грязи (*Койморские озера*).

Глава 2. Источники антропогенного воздействия на ландшафты Тункинской долины

Основным источником воздействия на природные системы в Тункинской долине является деятельность человека, связанная с рекреационной деятельностью и сельским хозяйством.

Байкальский регион относится к регионам интенсивного хозяйственного освоения. В регионе сейчас трудно встретить ландшафты в первозданном виде. Почти все степные и значительная часть лесостепных участков Центральной и Южной Бурятии распаханы и подвержены пастбищной деградации (Биличенко И.Н., 2012).

На территории котловины обнаружены многочисленные археологические памятники, свидетельствующие об освоении человеком ландшафтов уже в течение большого промежутка времени. К таким местам относятся стоянки людей каменного века: палеолит – у с. Монды и Хурай-Хобок, неолит – у с. Жемчуг, Торы, Тунка, Шулута. На правом берегу реки Иркут в 2011 году ученые обнаружили уникальный археологический памятник — стоянку древнего человека, которой было дано имя Туяна. Обширными усилиями археологов в Тункинской долине было обнаружено около 50 археологических памятников, 10 из которых были идентифицированы как верхний палеолит (Berdnikova N.E., etc., 2014).

Болотные массивы и заболоченные земли были подвержены масштабному мелиорированию с 50х годов прошлого столетия. Такому воздействию были подвержены земли вокруг Койморских озер (Иметхенов О.А., 2018)

Последствия экстенсивного сельского хозяйства хорошо видны на обработанных в программе Сканекс спутниковых снимках (рисунок 12). При ведении сельского хозяйства используется большое количество воды, поэтому сельскохозяйственные угодья приурочены к крупной реке Тункинской долины – р. Иркут.

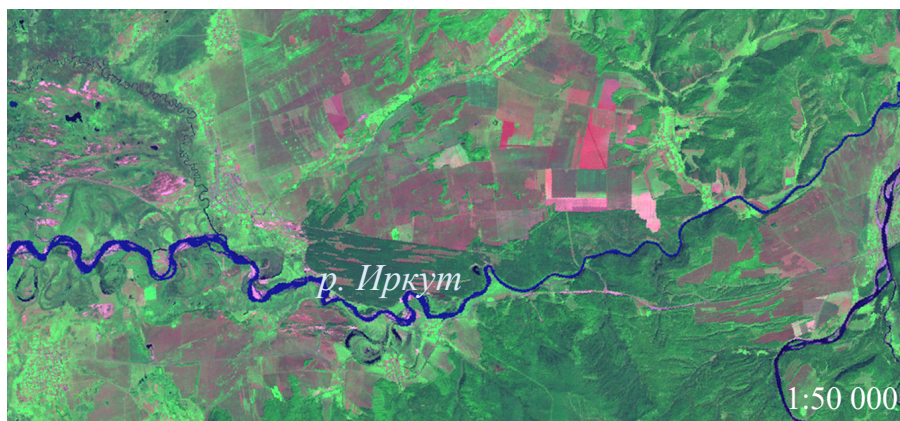


Рисунок 12 – сельскохозяйственные угодья на берегах реки Иркут
(на снимке сельскохозяйственные угодья выделены оттенками красного цвета)

В 1991 г. многие колхозы и совхозы реформировались. На сегодня в районе насчитывается 12 сельскохозяйственных потребительских кооперативов: Тункинский, Харбятский, Найдал, Саянский, Зун Муринский, им. Ленина, «Сибиряк», «Мир», «Восточные Саяны», Маяк, Турапский, Одон (9 из них находятся в предбанкротном состоянии). Происходит сокращение поголовья скота всех видов в общественном секторе и, наоборот, увеличение скота в личных подворьях. Наблюдается сокращение посевных площадей, образуются залежи (Ахаржанова Т.В., 2004).

Несмотря на развитие пашенного земледелия в советское время, скотоводство оставалось основной отраслью экономики присаянских бурят. В настоящее время большая часть пахотных угодий заброшена и используется как пастбища. В составе поголовья скота преобладает крупный рогатый скот до 80 % (Ахаржанова Т.В., 2004).

Длительный процесс освоения территории, детерминированный, до известной степени, особенностями природной среды, оказал существенное влияние на современное состояние ландшафтов и их морфологических единиц. Выделены древнейший, древний, ранний, новейший этапы хозяйственного освоения, которые имеют разную продолжительность и отражают смену трех типов природопользования: присваивающее хозяйство охотников и рыболовов, полукочевое скотоводство и современная многоотраслевая экономика, сочетающая земледелие со скотоводством и рекреационным использованием.

В основном использование земель сказывается на ландшафтах падей и предгорий, где хорошо заметны изменения от выпаса скота (вытаптывание, уничтожение травянистого покрова), заброшенные пашни, вырубленные леса.

Склоны Саганурской группы потухших вулканов Тункинской котловины были распаханы, на сегодня происходит естественное зарастание сосновым подростом. На потухшем вулкане Шапдагата действовал карьер и велась добыча туфа.

В настоящее время на природные ландшафты оказывает влияние неорганизованный дикий туризм. Южное Прибайкалье – это популярный рекреационный район в Байкальском регионе, для которого характерны различные виды ландшафтов (гольцовые, горно-таежные лиственничные, подгорные сосновые, лесостепные, степные, болотные), богатство и разнообразие растительного и животного мира, развитая система ООПТ, хорошая транспортная освоенность и доступность, лечебные минеральные источники. Все это привлекает сюда большое число туристов (в среднем за год Тункинскую долину посещает 260 000 чел.), что часто приводит к негативному изменению геосистем, особенно в местах массового отдыха (пос. Аршан, Жемчуг, Нилова Пустынь, дорога на Шумак).

По сравнению с, например Забайкальским национальным парком, туристическая инфраструктура в Тункинской долине недостаточно развита. Одной из популярных троп

среди туристов является тропа на г. Шумак. Тропа не оборудована стоянками и туалетами, что влечет за собой создание несанкционированных свалок и разведение костров в неполюженном месте, вытаптывание территории.

Важную роль в формировании и развитии лесных экосистем Юго-Западного Прибайкалья играют лесные пожары. Неоднократная повторяемость пожаров, сильное прогорание лесной подстилки и гумусового горизонта способствуют: усилению задернованности почвы, понижению уровня мерзлоты, ускоренному развитию процессов эрозии, вплоть до обнажения коренных пород. На территориях с обильными подземными льдами (в случае уничтожения растительности в результате вырубок и пожаров) активизируется заболачивание. Вследствие чего криоземы эволюционируют в криоземы глееватые, а в дальнейшем – в торфяно-криоземы глееватые (*Силаев А.В., 2016*).

Крупных промышленных предприятий, являющихся наиболее сильными и опасными источниками воздействия на ландшафты, на территории района нет. Также нет трансграничного переноса из других регионов, влияние господствующих направлений ветров уровень загрязнения атмосферного воздуха можно считать низким ($ИЗА < 5$) (*Синдыхеева Н.Г., 2014*). На территории Тункинского национального парка в населенных пунктах преобладает частный сектор, который отапливается при помощи печного отопления.

Функционирует цех по производству кирпича в Тунке. Объектами пищевой промышленности являются цех по переработке молока в Тунке, а также цех по разливу минеральной воды в Аршане. Промышленная переработка леса отсутствует.

Таким образом, на территории исследования нет крупных промышленных предприятий. Основное воздействие на природные комплексы оказывает туристическая и рекреационная деятельность, сельское хозяйство (в основном скотоводство), использование печного отопления для обогрева помещений, лесные пожары.

Глава 3. Методы исследования

3.1 Полевые методы исследования

Полевые работы проводились в ходе научно-исследовательской практики, которая проходила с 6 августа 2021 по 26 августа 2021 года на территории Байкальского региона.

Было заложено два геоэкологических профиля, на каждом из которых было выбрано по 4 пробные площади так, чтобы можно было проследить миграцию химических элементов (тяжелые металлы). Всего было выделено 8 пробных площадей, составлено 8 описаний растительности, заложено восемь почвенных разрезов, отобрано 32 пробы почвы и 6 проб корки сосны.

На каждой пробной площадке были заполнены бланки описаний фаций, а также на площадках с древостоем были отбораны пробы корки сосны, чтобы также провести химический анализ на содержание подвижных форм тяжелых металлов. Перед заложением почвенного разреза фиксировались координаты точки и ее высота с помощью GPS-навигатора.

На каждом пикете производится описание растительного сообщества согласно заранее подготовленным бланкам описания и одновременно производится краткая характеристика фитоценоза. Описание фитоценоза начинается с перечисления видов, входящих в древесный, кустарниковый, травяно-кустарничковый и мохово-лишайниковый ярус.

Для древесного яруса указывается средняя высота, диаметр и возраст каждого вида, оценивается бонитет. Для сосны (*Pinus sylvestris L.*), кроме общих для древесного яруса параметров, дополнительно фиксируется высота отторгнутой корки, высота прикрепления кроны, возраст и состояние хвои, процент проективного покрытия эпифитных лишайников, так как по характеристикам сосны можно определить уровень загрязнения атмосферного воздуха. Записывается состав древостоя по формуле, в которой указывают сокращенное наименование каждого вида и коэффициент его состава (в целых числах), отражающий долю участия этого вида в общем составе древостоя. Сумма всех коэффициентов должна быть равна 10. На первом месте в формуле состава древостоя указывают преобладающий или главный вид, например 7Е2Б1С (пробная площадка №4).

Для кустарникового и травяно-кустарникового яруса отмечают процент сомкнутости, высота, обилие по Друде и состояние. Среди видов травяно-кустарникового яруса распределяются подъярусы, фиксируются высоты, обилие по Друде, процент проективного покрытия и жизненность. В кустарниковом и травяно-кустарничковом ярусе

вместо формулы, как это было в древесном ярусе, дается название по преобладающим видам.

В мохово-лишайниковом ярусе распределяются проценты проективного покрытия между мхами и лишайниками. Кроме характеристик растительного сообщества отмечается также и антропогенное воздействие на территорию (обустроенность территории, замусоренность). Дается оценка эстетической ценности территории, ее положение в микро- и мезорельефе, краткая характеристика почвы, условий увлажнения, типа миграционных потоков и средообразующих свойств. После того, как все вышеперечисленные параметры зафиксированы, подсчитано общее количество видов, выписаны виды-индикаторы, дается полное название всему растительному сообществу по видам-доминантам.

Проводилась оценка покрытия эпифитными лишайниками на пробной площадке. Необходимо было выбрать 5 деревьев, с разной степенью покрытости эпифитными лишайниками, на высоте 1,3 м на квадрате 20x20 см определить проективное покрытие и вычислить среднее покрытие по 5 деревьям (*Сенькин О.В., Опекунова М.Г., Щербаков В.М., 2000*).

Почвенные разрезы были заложены согласно ГОСТ 17.4.4.02-2017. Описание почвенных горизонтов производилось по следующей схеме: каждый из горизонтов описан по цвету, гранулометрическому составу, структуре, влажности, сложению и плотности, новообразованиям и включениям и характеристикам перехода в нижний горизонт. Из каждого горизонта разреза были отобраны пробы.

Отбор корки сосны на площадке проводился с 5 деревьев с высоты 1,3 м по всей окружности ствола. Были выбраны примерно одинаковые по возрасту, диаметру ствола и высоте дерева. Стволы очищали от эпифитных лишайников, отбиралась именно отторгнутая корка.

3.2 Лабораторные методы исследования

Для описания качественных показателей были выбраны методы определения кислотности, а также содержания тяжелых металлов.

В данной работе была определена активная и обменная кислотность почв. Для этого из 32 почвенных проб в стеклянные емкости отбираются две взвешенные на технических весах навески по 8 г каждая из каждой пробы, которые потом заливаются одна – дистиллированной водой, а вторая – однонормальным раствором хлористого калия в соотношении 1:2,5 (для торфянистых почв использовалось соотношение – 1:25). Определение кислотности водных и солевых вытяжек происходило через сутки, после того

как пробы были залиты дистиллированной водой и KCl. Показания потециометра, полученные при анализе водных вытяжек, будут соответствовать активной кислотности, а при анализе солевых суспензий – обменной части потенциальной кислотности.

Для получения необходимых данных о загрязнении воздушной среды в лаборатории также проводился анализ величины рН в пробах корки сосны. Определение рН осуществлялось вышеописанным потенциометрическим методом в водной суспензии при соотношении корка:вода 1:25.

Также был проведен анализ на определение подвижных форм тяжелых металлов в пробах почв в Научном парке СПбГУ Ресурсный центр Методы анализа состава вещества на оптическом эмиссионном спектрометре параллельного действия с индуктивно-связанной плазмой ICPE-9000 (Япония) атомно-эмиссионным методом.

В основе метода атомно-эмиссионной спектроскопии лежит явление поглощения света атомами химических элементов. Он состоит в измерении оптической плотности пламени при введении в него раствора с определяемым элементом. При прохождении через пламя пучка света с длиной волны, соответствующей центру линии поглощения, он в той или иной степени поглощается присутствующими в пламени атомами этого элемента (*Опекунова М.Г., Арестова И.Ю., Елсукова Е.Ю., 2002*).

Перед началом работы подготавливались калибровочные растворы с концентрациями 0,01, 0,1, 1, 10, 50.

Преимущество работы с этим прибором заключается в том, что получается качественный анализ с помощью встроенной базы данных длин волн и спектральных влияний для всех элементов с автоматическим выбором длин волн.

Каждой спектральной линии соответствует вполне определённая энергия возбуждения, которая представляет собой потенциал возбуждения спектральной линии. Потенциал возбуждения характеризует чувствительность метода при обнаружении того или иного элемента по какой-либо линии его спектра. Спектр, испускаемый предварительно возбужденными атомами и ионами данного химического элемента, строго индивидуален (т.е. характерен только для данного химического элемента), таким образом можно определить содержание того или иного тяжелого металла в пробе.

Перед проведением данного анализа была сделана пробоподготовка для почвы и для корки сосны.

Анализ выполнялся в двукратной повторности. Требовалось сделать навески каждой пробы почвы по 2,5 г, перед этим пробы просеивали и перетирали до однородного порошка. Потом навески помещали в баночки и заливали ацетатно-аммонийным буфе-

ром объемом 25 мл и оставляли пробы на сутки. На следующий день пробы были отфильтрованы через два бумажных фильтра (рисунок 13) и доведены дистиллированной водой до 50 мл. В таком виде пробы отправлялись в ресурсный центр СПбГУ.



Рисунок 13 – фильтрация проб почвы

Корку сосны необходимо было размельчить и также сделать навески по 2,5 г и поместить в глиняные тигли. В таком виде кора отправлялась в муфельную печь для озоления при температуре 400°C в течение четырех часов. Готовую золу заливали 6 мл азотной кислоты и кипятили в течение двух минут. После остывания пробы отфильтровывались и доводились до 50 мл дистиллированной водой.

Глава 4. Экологическая оценка ландшафтов Тункинской долины

4.1 Оценка биоиндикаторных признаков

Во время проведения полевых работ на территории исследования особое внимание уделялось описанию состояния сосны обыкновенной (*Pinus sylvestris L.*), которая является биоиндикатором состояния атмосферного воздуха.

Сосна обыкновенная встретилась на 6 пробных площадках. Средняя высота деревьев составляет 13,5 м, высота отторгнутой корки – 5,3 м, бонитет от 2 до 4 класса, состояние хвои в среднем оценивалось в 3 балла.

Для измерения содержания подвижных форм тяжелых металлов были отобраны усредненные пробы корки сосны с каждой площадки. Результаты исследования сравнивались с кларками тяжелых металлов в растениях по Добровольскому (Добровольский В.В., 1998): Ва – 22,5 мг/кг, Cd – 0,035 мг/кг, Со – 0,5 мг/кг, Сг – 1,8 мг/кг, Си – 8,0 мг/кг, Fe – 250 мг/кг, Mn – 205 мг/кг, Ni – 2,0 мг/кг, Pb – 1,25 мг/кг, V – 1,5 мг/кг, Zn – 7,5 мг/кг.

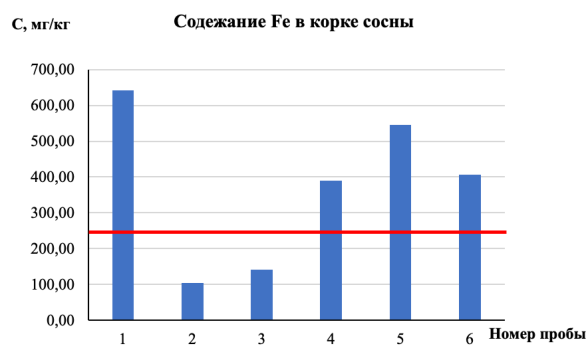
Полученные результаты приведены в таблице 3, из которых видны превышения относительно кларков по меди, железу, свинцу и цинку.

Таблица 3 – результаты исследования содержания подвижных форм тяжелых металлов в пробах корки сосны (сухое вещество)

№ площадки	№ пробы	Концентрация, мг/кг								
		Ba	Cr	Cu	Fe	Mn	Ni	Pb	V	Zn
3	1	16,38	0,52	8,52	641,37	39,62	1,82	н.ч.	1,00	18,23
4	2	8,83	н.ч.	7,15	104,50	15,21	0,51	н.ч.	0,14	9,50
5	3	6,36	н.ч.	8,58	141,32	32,08	0,63	н.ч.	0,25	11,86
6	4	10,07	0,33	5,68	389,98	13,29	1,01	1,20	0,66	11,27
7	5	17,04	0,39	7,94	546,03	14,93	1,28	2,53	0,91	12,48
8	6	6,52	0,17	4,64	406,11	12,37	1,01	1,67	0,65	10,36
Кларк		22,5	1,8	8,0	250,0	205,0	2,0	1,25	1,5	7,5

Примечание: значения н.ч. – ниже порога определения прибора

Превышения по данным элементам можно связать с неблагоприятной пожароопасной обстановкой, которая была на территории Сибирского федерального округа и Дальнего Востока в период с июня по октябрь 2021 года. Некоторые субъекты Федерации, в частности Иркутская область и Республика Бурятия были затянuty смогом и данные химические элементы являются продуктами выбросов при пожарах. Также воздействует наличие печного отопления в населенных пунктах.



a



б



в

Рисунок 14 – концентрации тяжелых металлов в пробах корки сосны

a – содержание железа, *б* – содержание меди, *в* – содержание цинка

— кларк элемента в растениях

По представленным элементам максимальное значение имеет проба 1, которая отбиралась с площадки, где наблюдались следы пожара, что свидетельствует о накоплении тяжелых металлов в коре. Также повышенные концентрации наблюдаются в пробе 5. Площадка отбора проб расположена вблизи автомобильной дороги. Таким образом, на концентрацию тяжелых металлов в коре сосны могут оказывать выхлопные газы, особенно в летний туристический сезон, когда увеличена рекреационная нагрузка.

Результаты определения кислотности проб корки сосны представлены в таблице 3.

Таблица 4 – Результаты водного рН проб корки сосны

Номер пробы	Высота местности, м	рН водный
1	723	4,18
2	721	5,43
3	890	3,91
4	854	4,12
5	790	3,89
6	980	4,14

Показатель рН в коре деревьев, как правило, тесно связан с содержанием сульфатов. На примере сосны (*Pinus sylvestis*) очень ясно прослеживается уменьшение рН при росте содержания сульфатов - кора становится более кислой. Это позволяет утверждать, что сосна (*Pinus*) - наиболее чувствительный индикатор загрязнения атмосферы сернистым ангидридом (Мевсесова В.В., 2020). В 2021 году поступление оксида серы можно связать с природными пожарами на территории Сибирского федерального округа и Дальнего Востока. Пробы 3 и 5 имеют наиболее кислую среду, что связано с местонахождением точек вблизи источников антропогенного воздействия, в частности автомобильные дороги и территории санаторного комплекса.

4.2 Оценка состояния почв Тункинской долины

Почва – основной источник тяжелых металлов (ТМ), поступающих в пищевые цепи, поэтому важно было провести анализ для экологической оценки ландшафтов. Полученный почвой количественный и качественный состав ТМ от материнской породы претерпевает значительные изменения под совокупностью всех факторов почвообразования.

По результатам исследований Нимбуевой А.З. «Тяжелые металлы в органическом веществе лугово-черноземных мерзлотных и серых лесных почв Забайкалья», установлено, что Тункинскую долину можно считать относительно «чистым» фоном. В качестве критериев оценки уровня загрязнения использовался САНПиН 1.2.3685-21 «Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания». Для бария и марганца в качестве норматива были взяты кларки этих металлов (Водяницкий Ю.Н., 2021).

Анализ почвенных образцов был направлен на выявление наличия подвижных форм тяжелых металлов: Cd (ОДК – 2,0 мг/кг), Со (ПДК – 5,0 мг/кг), Сг (ПДК – 6,0 мг/кг),

Cu (ПДК – 3,0 мг/кг), Fe (ОДК – 40 000 мг/кг), Ni (ПДК – 4,0 мг/кг), Pb (ПДК – 6,0 мг/кг), V (ПДК – 150 мг/кг), Zn (ПДК – 23,0 мг/кг).

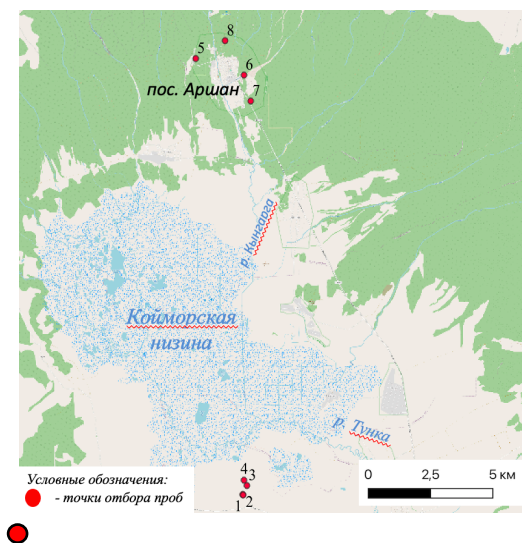
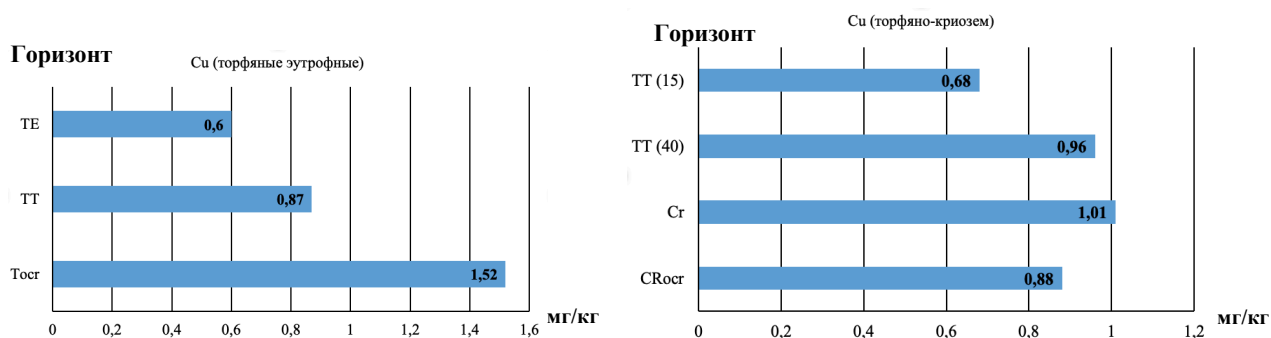


Рисунок 15 - карта точек пробоотбора на территории Тункинской долины

Проведя статистическую обработку данных, можно выделить некоторые закономерности, отражающие особенности миграции подвижных форм тяжелых металлов в Тункинской долине.

Медь. Содержание меди увеличивается по мере углубления по разрезу. Высокое содержание меди часто обнаруживается в почвах тяжелого гранулометрического состава, например, разрез 5, бурозем типичный, горизонт ВМ (содержание меди 1,45 мг/кг). Также отмечено повышенное содержание меди в горизонте Т_{осг} (торяные эутрофные почвы), что обусловлено наличием многолетней мерзлоты в этом разрезе, которая является неким барьером. Наблюдается превышение ПДК по меди в пробах литозема серогумусового и подбуря грубогумусированного, что связано с развитием почв на продуктах выветривания разного происхождения и состава (карбонатные почвообразующие породы).



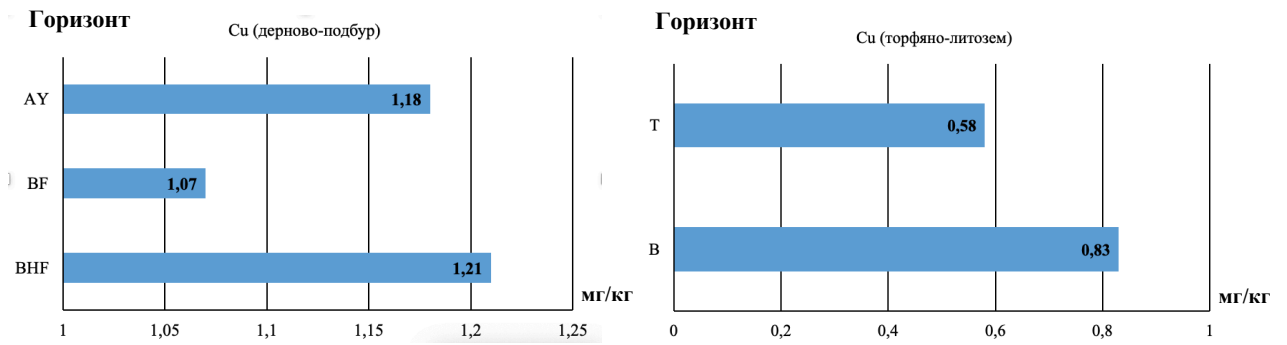


Рисунок 16 - содержание меди в почвенных разрезах профиля №1

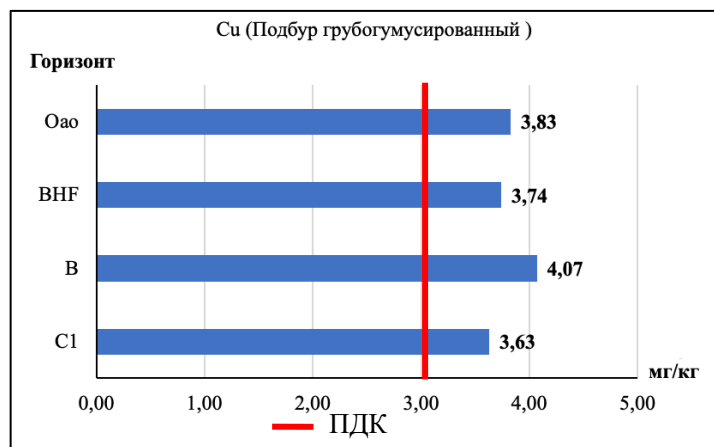
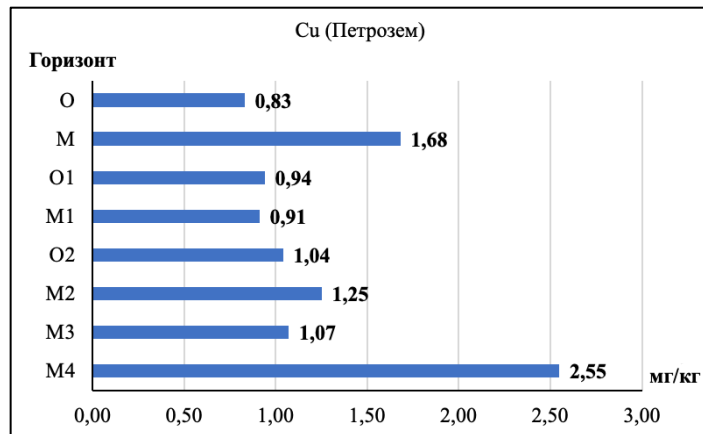
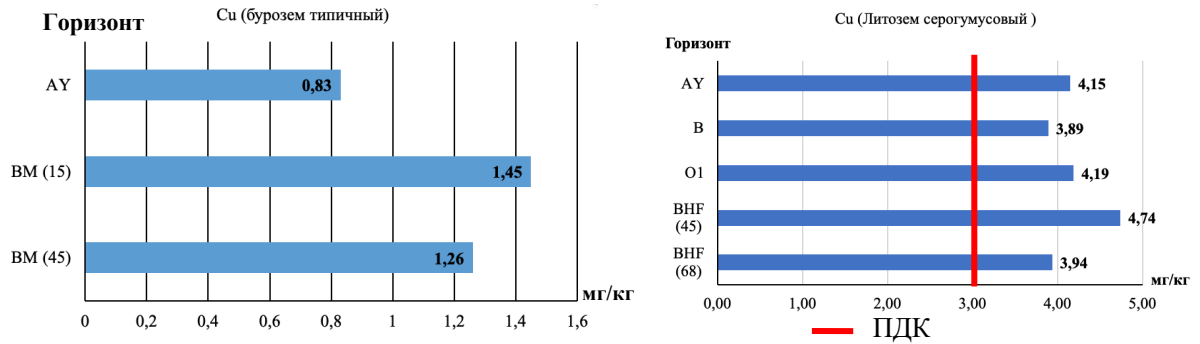


Рисунок 17 - содержание меди в почвенных разрезах профиля №2

Цинк. Распределение цинка по почвенному разрезу неравномерно. Концентрации цинка увеличиваются с понижением до средних горизонтов в разрезе и достигают максимальных значений (2,34 мг/кг – торфяные эутрофные, 1,32 мг/кг – бурозем типичный), а потом опять снижаются. Максимальные концентрации цинка из исследуемых почв наблюдаются в торфяных эутрофных и торфяно-криоземах, что скорее всего обусловлено наличием многолетнемерзлых почв, которые служат барьером.

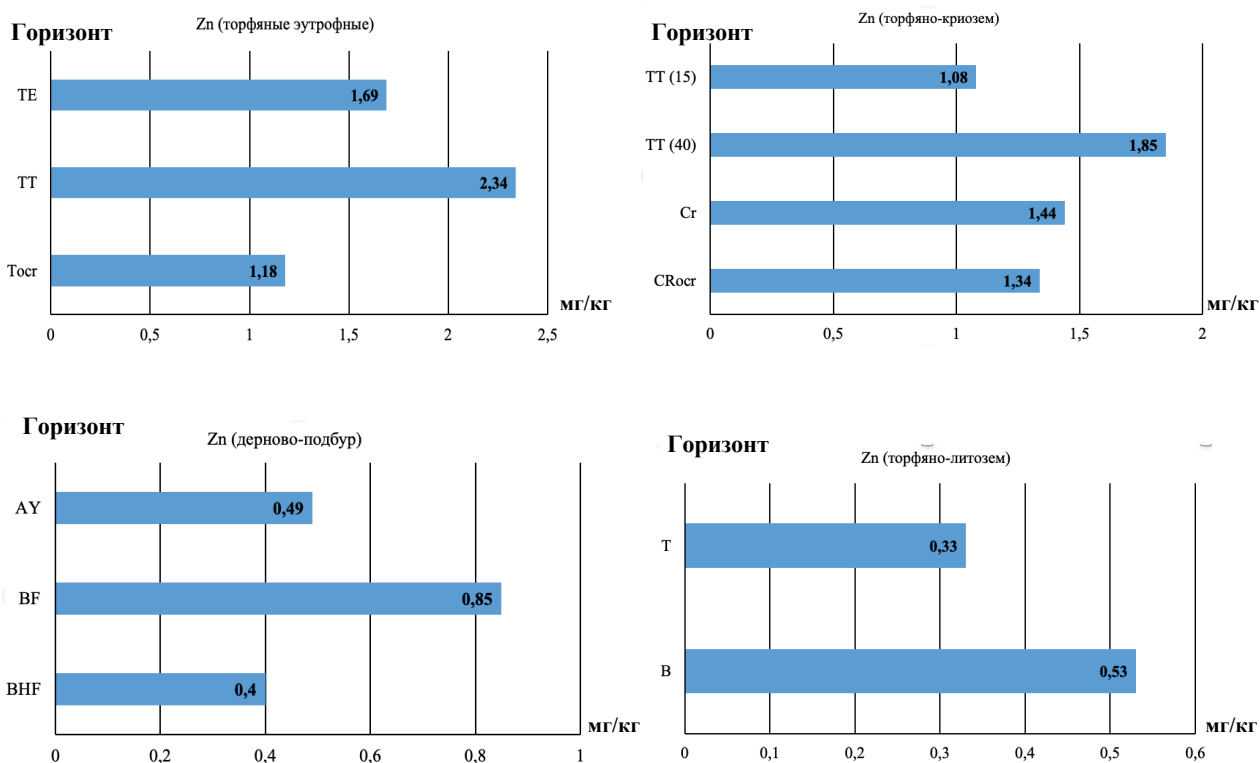
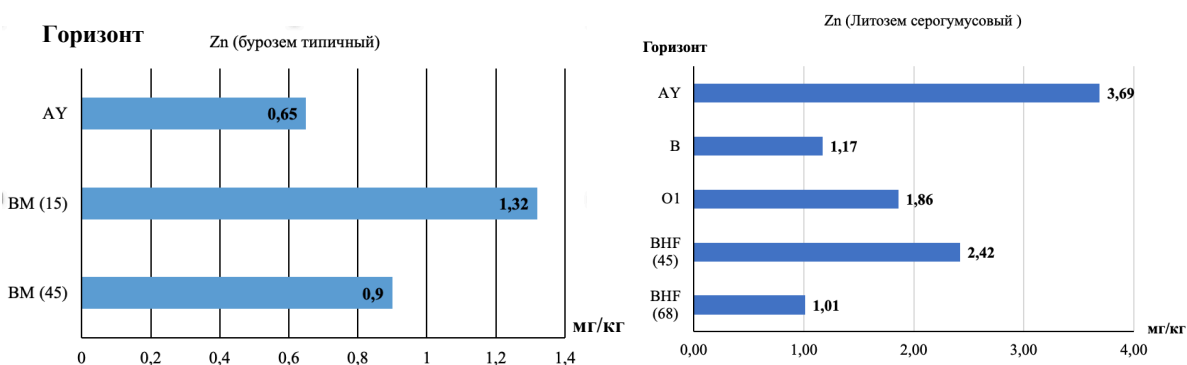


Рисунок 18 - содержание цинка в почвенных разрезах профиля №1



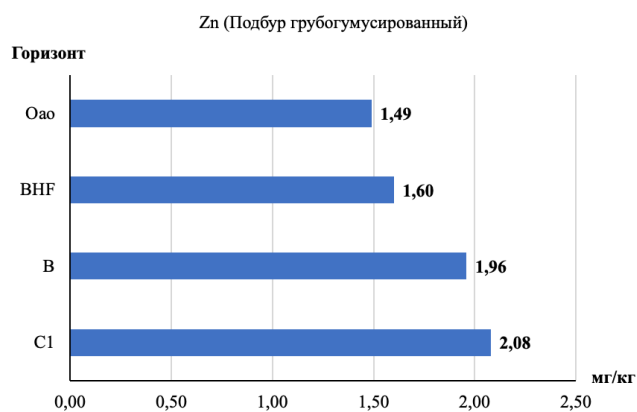
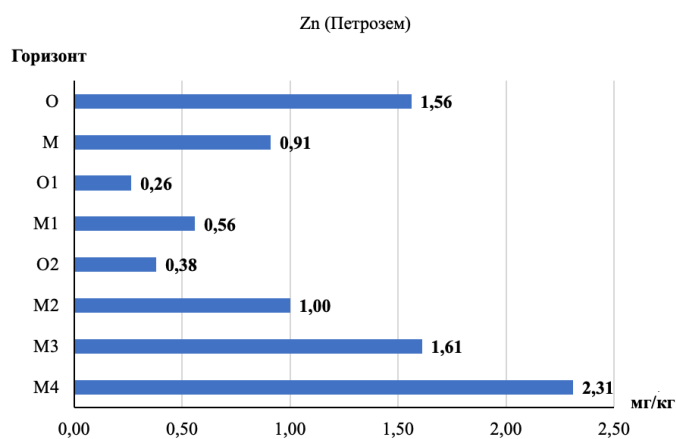
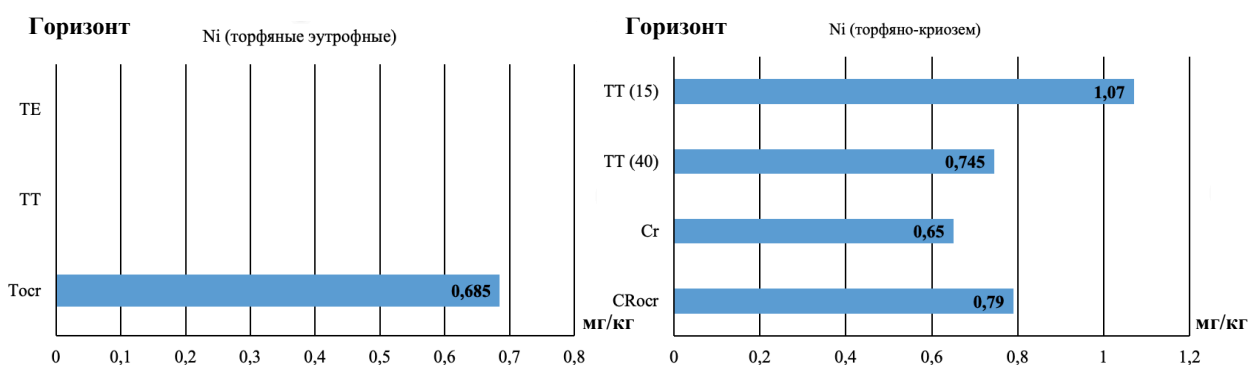


Рисунок 19 - содержание цинка в почвенных разрезах профиля №2

Никель. Миграция никеля в основном имеет схожую тенденцию, как и цинк, однако в некоторых пробах достигает значений ниже порога определения (НПО). В торфяно-криоземах никель задерживается в верхних горизонтах.



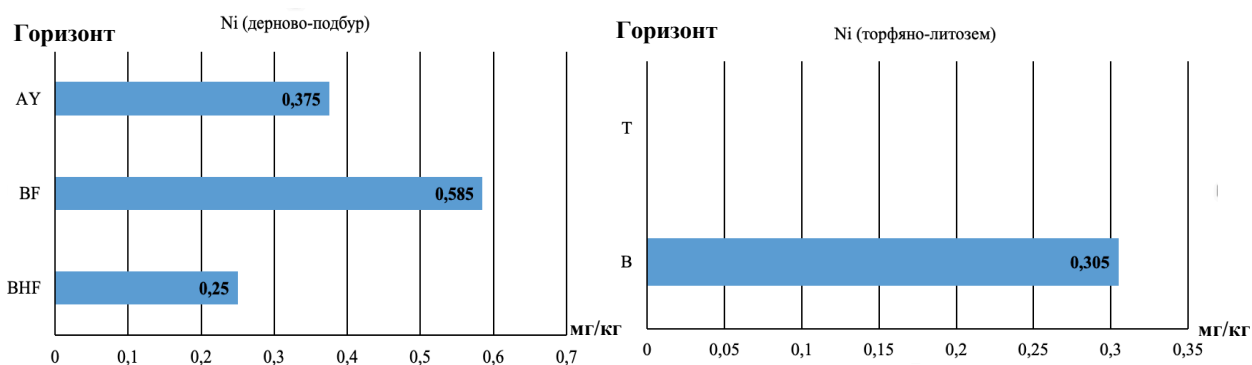
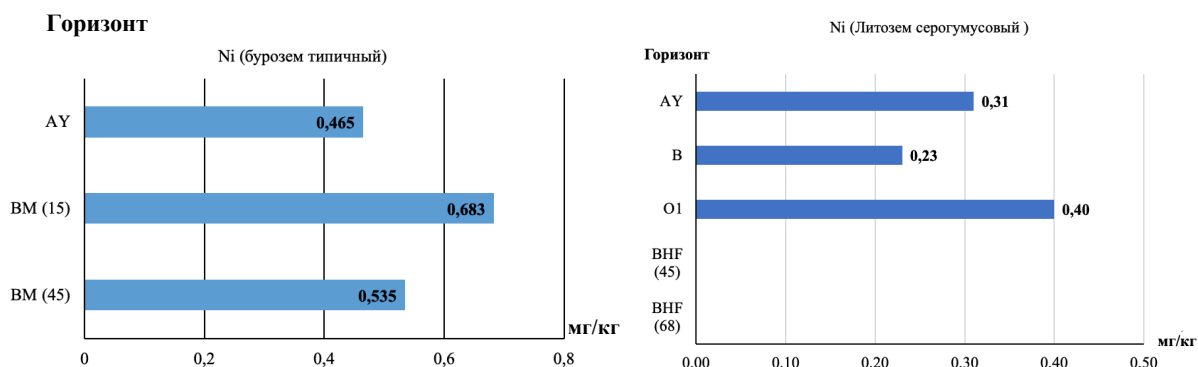
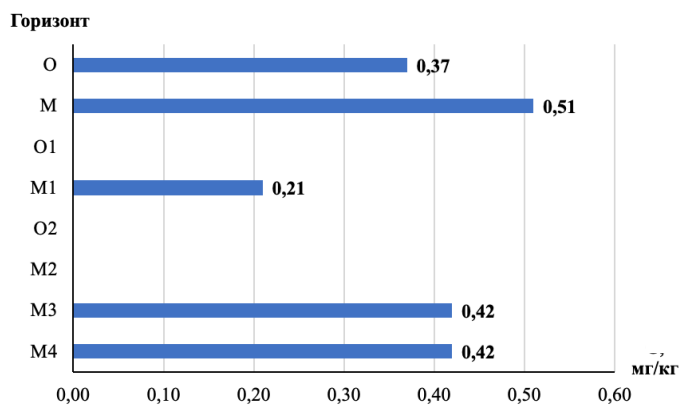


Рисунок 20 - содержание никеля в почвенных разрезах профиля №1



Ni (Петрозем)



Ni (Подбур грубогумусированный)

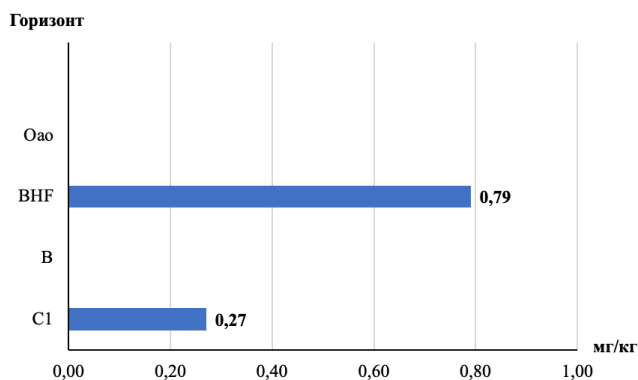


Рисунок 21 - содержание никеля в почвенных разрезах профиля №2

Железо. Подвижные формы железа в почвенных разрезах распределяются неравномерно. Концентрации железа достигают своих максимумов в верхних горизонтах почвенных разрезов. Относительно содержания других элементов, концентрации железа достаточно высокие в пробах. В торфяно-криоземах и буроземах типичных наблюдается резкое снижение содержания железа с глубиной с 48,2 мг/кг до 9,0 мг/кг и с 158,9 мг/кг до 57,6 мг/кг соответственно.

В торфяно-литоземе наоборот скачек концентрации происходит с углублением по разрезу с 7,1 мг/кг до 30,0 мг/кг.

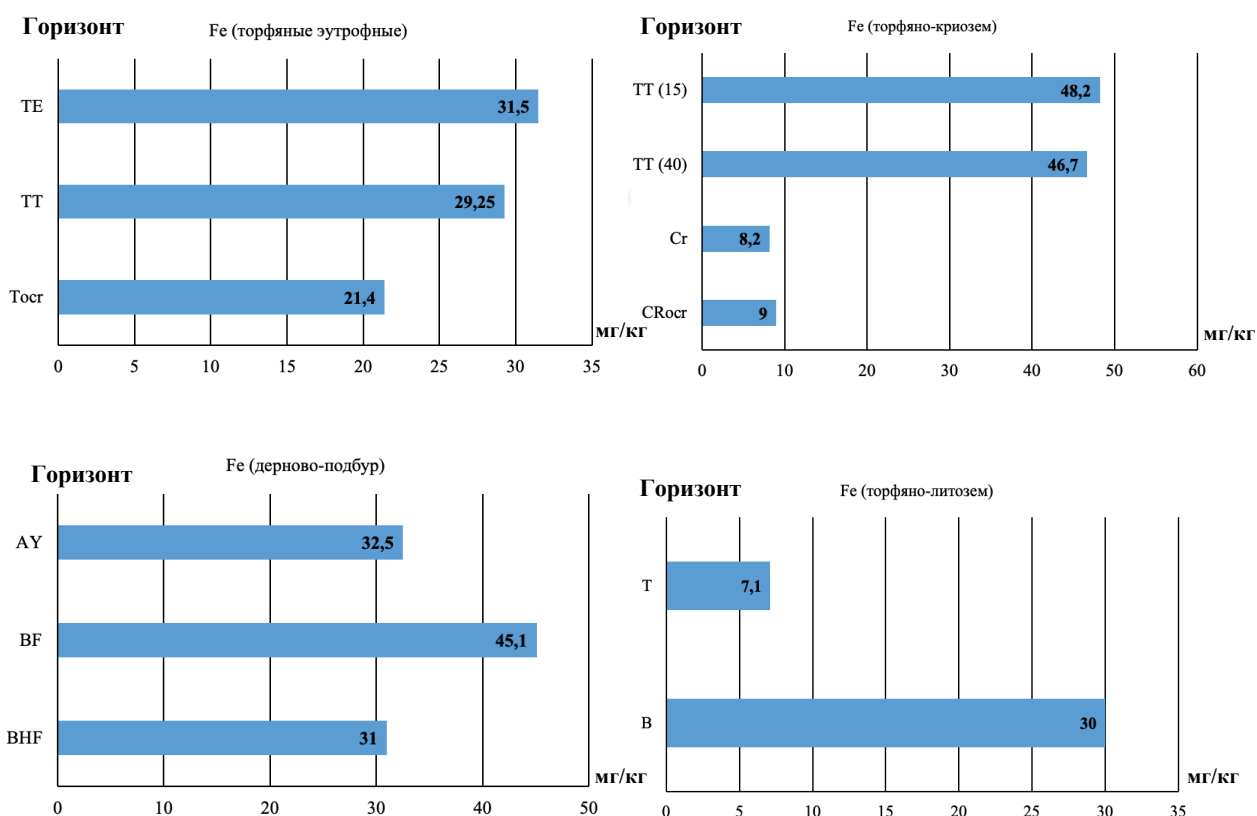
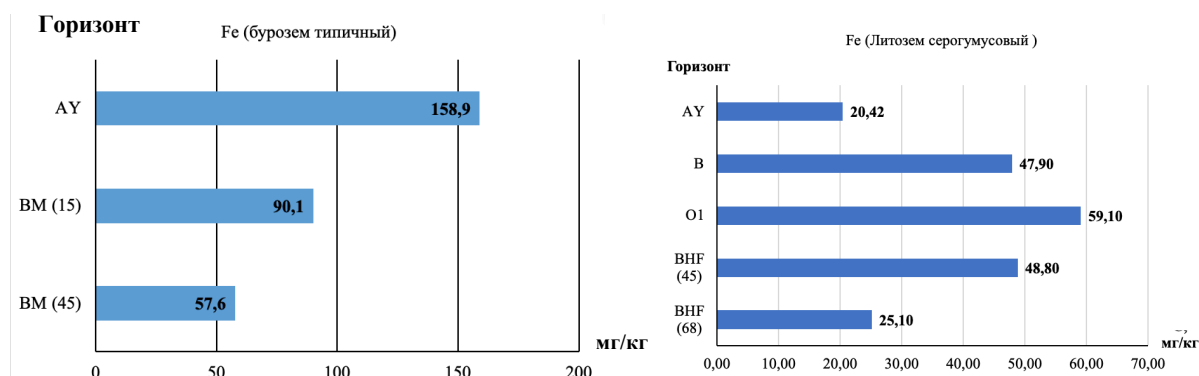


Рисунок 22 - содержание железа в почвенных разрезах профиля №1



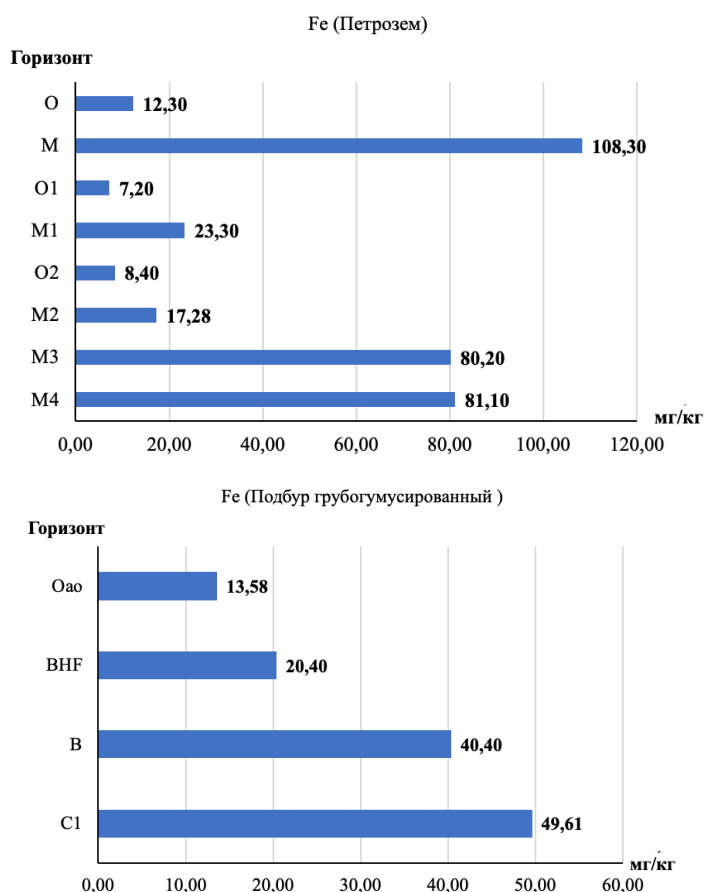


Рисунок 23 - содержание железа в почвенных разрезах профиля №2

Хром. Содержание хрома во многих пробах ниже порога определения, проследить миграцию возможно только в пятом разрезе (бурозем типичный). Происходит накопление в верхних горизонтах и уменьшение концентрации с углублением.

Таблица 5 – содержание хрома в почвенных горизонтах профиля № 1.

№	Тип почвы	Горизонт	Cr, мг/кг
1	Торфяные эутрофные	TE	<0,001
2		TT	<0,001
3		T _{осг}	<0,001
4.1	Торфяно-криозем	TT (15)	<0,001
4.2		TT (40)	0,31
5		Cr	<0,001
6		CR _{осг}	0,15
7	Дерново-подбур иллювиально-железистый	AY	0,32
8		BF	<0,001
9		BHF	0,25
10	Торфяно-литозем	T	<0,001
11		B	0,14

Таблица 6 - содержание хрома в почвенных горизонтах профиля № 2.

№	Тип почвы	Горизонт	Cr, мг/кг
14	Петрозем	О	<0,001
15		М	0,22
16		О ₁	<0,001
17		М ₁	0,19
18		О ₂	0,12
19		М ₂	<0,001
20		М ₃	<0,001
21		М ₄	<0,001
22	Литозем серогумусовый	АУ	<0,001
23		В	<0,001
24		О ₁	0,33
25.1		ВНF (45)	<0,001
25.2		ВНF (68)	<0,001
26	Подбур грубогумусированный	О _{ао}	0,63
27		ВНF	0,30
28		В	<0,001
29		С ₁	<0,001

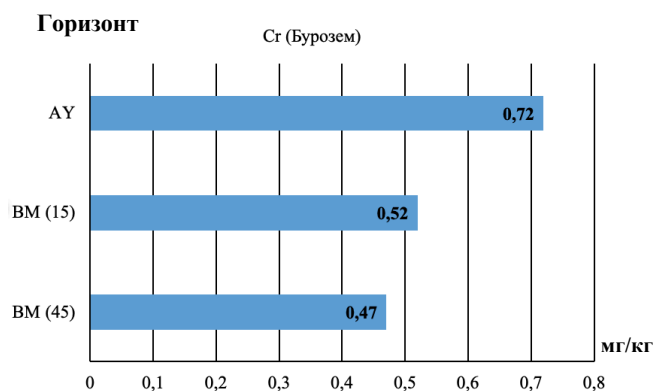


Рисунок 24 - содержание хрома в буроземах (профиль №2)

Барий. В основном в исследованных пробах содержание бария увеличивается к верхним горизонтам почвенных разрезов. В дерново-подбурях резкое увеличение содержание бария с глубиной (от 29,3 до 64,4 мг/кг). Максимальные концентрации в исследуемых пробах были получены в горизонте ТТ в торфяных эутрофных почвах и в торфяно-криоземах, 72,23 и 80,9 мг/кг соответственно.

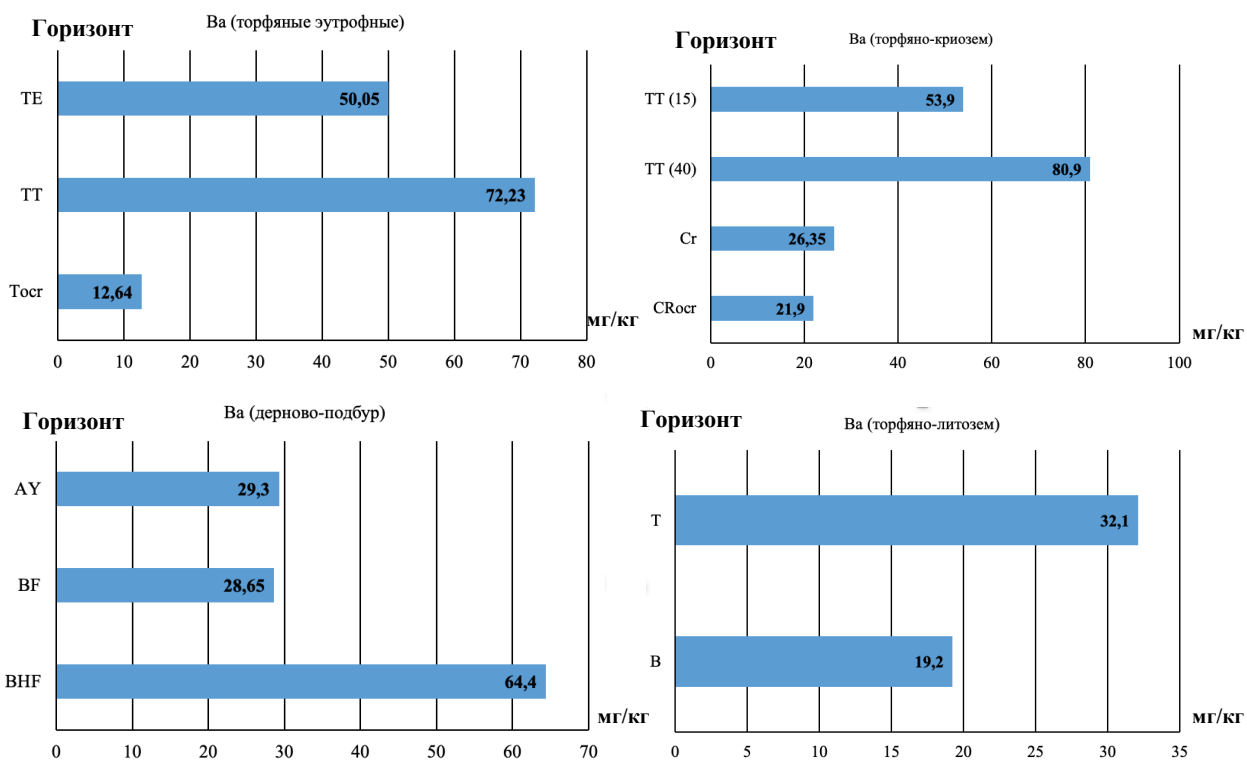
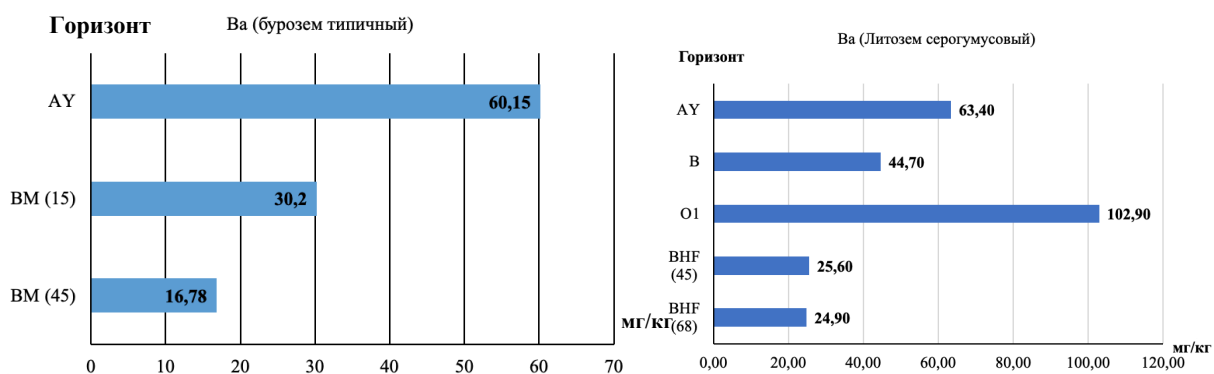


Рисунок 25 - содержание бария в почвенных разрезах профиля №1



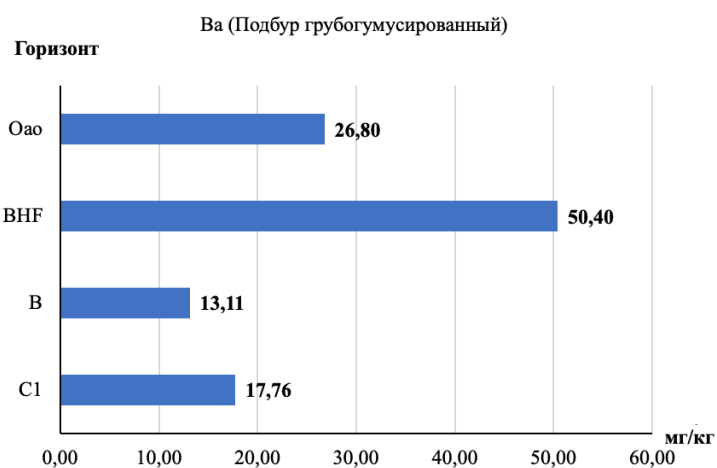
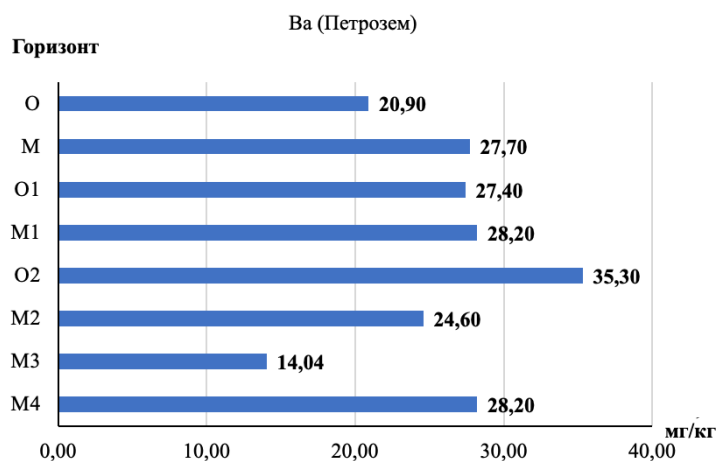
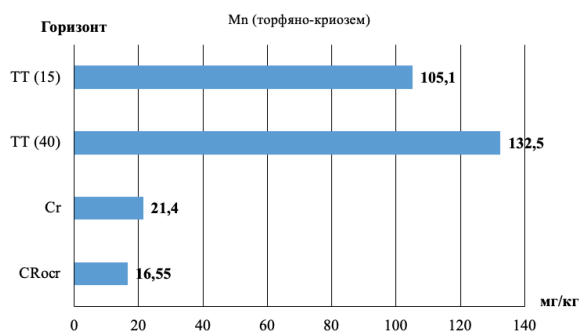
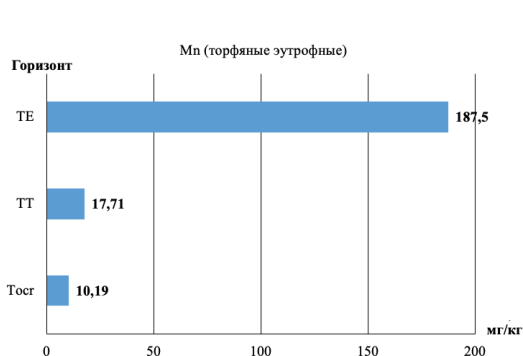


Рисунок 26 - содержание бария в почвенных разрезах профиля № 2

Марганец. Заметно накопление в верхних горизонтах почвенных разрезов по всему первому профилю. Значение концентраций широко варьируется по всей глубине разрезов. В петроземах возрастает содержание марганца в горизонтах O, что связано с продуктами горных пород, которые попадают в почву при схождении селевых потоков.



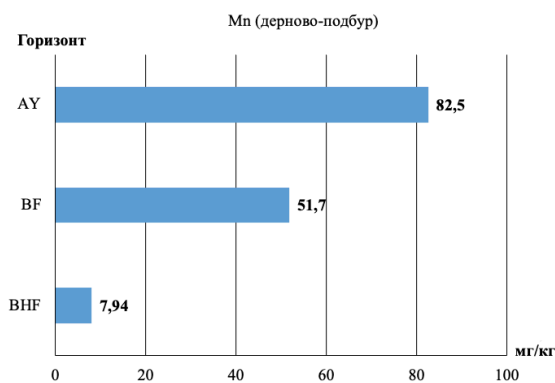


Рисунок 27 - содержание марганца в почвенных разрезах профиля №1

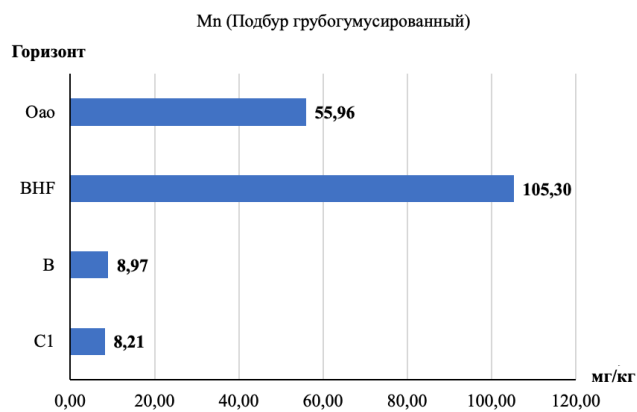
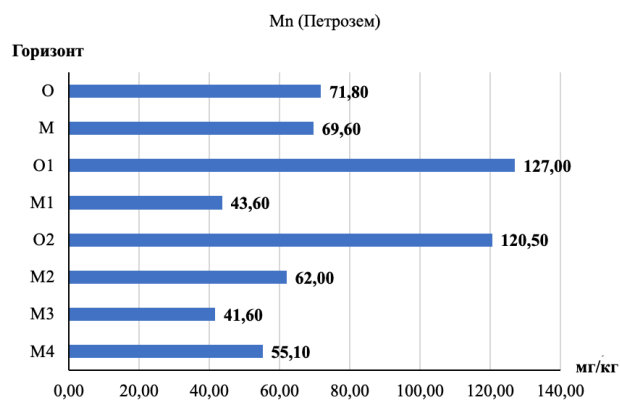
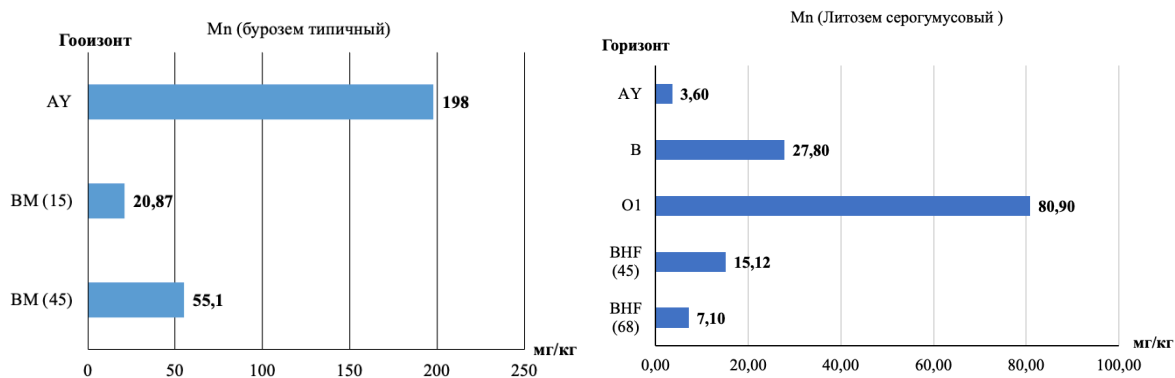


Рисунок 28 - содержание марганца в почвенных разрезах профиля №2

Концентрации кобальта, кадмия, свинца и ванадия в пробах оказались ниже порога определения, данные элементы встретились в очень малых количествах в нескольких пробах. Концентрации подвижных форм тяжелых металлов в основном в исследуемых пробах не превышают установленных нормативов ПДК (ОДК).

Как говорилось ранее, изученные пробы почв имеют слабощелочную или нейтральную среду. Это влияет на миграционные способности ТМ, в данных средах происходит их накопление, а не передвижение из горизонта в горизонт.

В работе была проведена статистическая обработка данных, в частности был вычислен коэффициент корреляции между химическими элементами (рисунок). Существует прямая зависимость: хром-железо, хром-свинец, медь-цинк, свинец-цинк. При увеличении содержания одного элемента, увеличивается содержание второго. Наблюдалась и обратная зависимость: медь-марганец, марганец-цинк. При увеличении концентрации первого элемента, концентрация второго снижается.

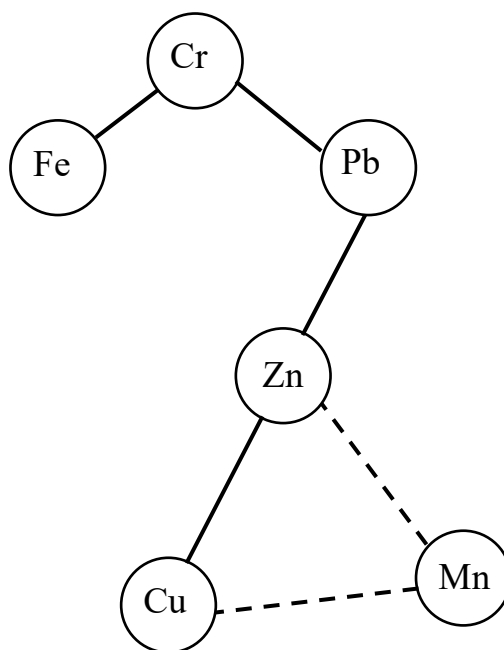


Рисунок 29 – корреляционные связи между элементами

----- обратная связь
————— прямая связь

Был просчитан коэффициент вариации. Средним варьированием (коэффициент вариации 30-60%) характеризуется барий; высоким (коэффициент вариации 60-100%) – медь, железо никель; аномально высоким (коэффициент вариации больше 100%) – хром, марганец, свинец, ванадий.

Таблица 7 – результаты исследования содержания подвижных форм тяжелых металлов в пробах почв

№	Тип почвы	Горизонт	Содержание химических элементов мг/кг								
			Ba	Cr	Cu	Fe	Mn	Ni	Pb	V	Zn
1	Торфяные эутрофные	TE	50,10	н.ч.	0,31	31,50	187,50	н.ч.	н.ч.	н.ч.	1,69
2		TT	36,30	н.ч.	<0,001	30,10	17,71	н.ч.	н.ч.	н.ч.	1,58
3		T _{огр}	12,59	н.ч.	1,52	21,40	10,19	0,19	н.ч.	н.ч.	1,18
4.1	Торфяно-криозем	TT (15)*	54,00	н.ч.	0,68	48,20	105,10	0,29	н.ч.	н.ч.	1,85
4.2		TT (40)*	81,10	0,31	0,49	46,70	132,50	0,41	н.ч.	н.ч.	1,08
5		Cr	26,40	н.ч.	1,01	8,20	21,40	0,32	н.ч.	0,19	1,44
6		CR _{огр}	21,90	0,15	0,88	9,00	16,55	0,43	0,60	н.ч.	1,34
7	Дерново-подбур иллювиально-же- лезистый	AУ	29,30	0,32	1,18	32,50	82,50	0,26	н.ч.	н.ч.	0,49
8		BF	28,70	н.ч.	1,07	45,10	51,70	0,32	н.ч.	н.ч.	0,85
9		BHF	64,60	0,25	1,21	31,00	7,94	0,10	н.ч.	н.ч.	0,40
10	Торфяно-литозем	T	32,10	н.ч.	0,58	7,10	357,50	н.ч.	н.ч.	н.ч.	0,33
11		B	19,20	0,14	0,83	30,00	16,27	0,08	н.ч.	н.ч.	0,53
12	Бурозем типич- ный	AУ	60,30	0,72	0,83	158,90	198,00	0,28	н.ч.	н.ч.	0,65
13.1		BM (15)*	30,20	0,52	1,45	90,10	20,87	0,13	0,60	н.ч.	1,32
13.2		BM (45)*	16,78	0,47	1,26	57,60	55,10	0,17	н.ч.	н.ч.	0,90
14	Петрозем	O	20,90	н.ч.	0,83	12,30	71,80	0,37	н.ч.	н.ч.	1,56
15		M	27,70	0,22	1,68	108,30	69,60	0,51	н.ч.	н.ч.	0,91
16		O ₁	27,40	н.ч.	0,94	7,20	127,00	н.ч.	н.ч.	н.ч.	0,26
17		M ₁	28,20	0,19	0,91	23,30	43,60	0,21	н.ч.	н.ч.	0,56
18		O ₂	35,30	0,12	1,04	8,40	120,50	н.ч.	н.ч.	н.ч.	0,38
19		M ₂	24,60	н.ч.	1,25	17,28	62,00	н.ч.	н.ч.	н.ч.	1,00
20		M ₃	14,04	н.ч.	1,07	80,20	41,60	0,42	н.ч.	0,34	1,61
21		M ₄	28,20	н.ч.	2,55	81,10	55,10	0,42	н.ч.	н.ч.	2,31
22			AУ	63,40	н.ч.	4,15	20,42	3,60	0,31	0,91	н.ч.

23	Литозем серогу- мусовый	В	44,70	н.ч.	3,89	47,90	27,80	0,23	н.ч.	н.ч.	1,17
24		O ₁	102,90	0,33	4,19	59,10	80,90	0,40	н.ч.	н.ч.	1,86
25.1		BHF (45)*	25,60	н.ч.	4,74	48,80	15,12	н.ч.	н.ч.	н.ч.	2,42
25.2		BHF (68)*	24,90	н.ч.	3,94	25,10	7,10	н.ч.	н.ч.	н.ч.	1,01
26	Подбур грубогу- мусированный	O _{ao}	26,80	0,63	3,83	13,58	55,96	н.ч.	1,26	н.ч.	1,49
27		BHF	50,40	0,30	3,74	20,40	105,30	0,79	н.ч.	н.ч.	1,60
28		В	13,11	н.ч.	4,07	40,40	8,97	н.ч.	н.ч.	н.ч.	1,96
29		C ₁	17,76	н.ч.	3,63	49,61	8,21	0,27	н.ч.	н.ч.	2,08

Примечание: * в скобках указана глубина отбора пробы в см.
Значения н.ч. – ниже порога определения прибора

Таблица 8 – Результаты расчетов статистических характеристик

Статистическая характеристика	Химические элементы								
	Ba	Cr	Cu	Fe	Mn	Ni	Pb	V	Zn
Среднее арифметическое	<u>35,61</u> 12,59-102,9	<u>0,15</u> 0,01-0,72	<u>1,87</u> 0,02-4,74	<u>40,96</u> 7,1-158,9	<u>68,28</u> 3,6-357,5	<u>0,22</u> 0,01-0,79	<u>0,11</u> 0,01-1,26	<u>0,03</u> 0,01-0,34	<u>1,30</u> 0,26-3,69
Ошибка среднего	3,62	0,04	0,25	5,83	12,85	0,03	0,05	0,01	0,13
Среднее квадратическое отклонение	20,45	0,20	1,42	32,96	72,70	0,19	0,29	0,06	0,73
Коэффициент вариации	57,44	130,43	76,00	80,47	106,48	86,32	255,71	248,72	55,94
Медиана	28,20	0,02	1,20	31,25	53,40	0,22	0,01	0,01	1,25

Коэффициент корреляции															
Ba Cd	-0,11	Cr Cu	-0,01	Cu Fe	0,01	Fe Mn	0,06	Mn Ni	-0,05	Ni Pb	-0,06	Pb V	-0,09	V Zn	0,09
Ba Co	0,00	Cr Fe	0,47	Cu Mn	-0,37	Fe Ni	0,28	Mn Pb	-0,19	Ni V	0,22	Pb Zn	0,36		
Ba Cr	0,29	Cr Mn	0,14	Cu Ni	0,08	Fe Pb	-0,14	Mn V	-0,11	Ni Zn	0,24				
Ba Cu	0,10	Cr Ni	0,12	Cu Pb	0,28	Fe V	0,11	Mn Zn	-0,36						
Ba Fe	0,18	Cr Pb	0,37	Cu V	-0,14	Fe Zn	0,05								
Ba Mn	0,27	Cr V	-0,17	Cu Zn	0,56										
Ba Ni	0,26	Cr Zn	-0,25												
Ba Pb	0,01														
Ba V	-0,21														
Ba Zn	0,14														

Результаты, полученные при определении рН проб почв, представлены в таблице

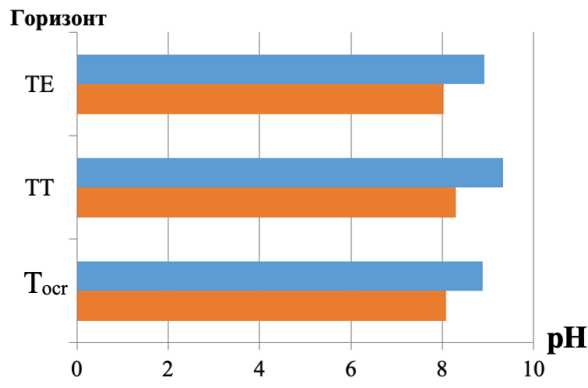
2.

Таблица 9 – Результаты солевого и водного рН проб почв

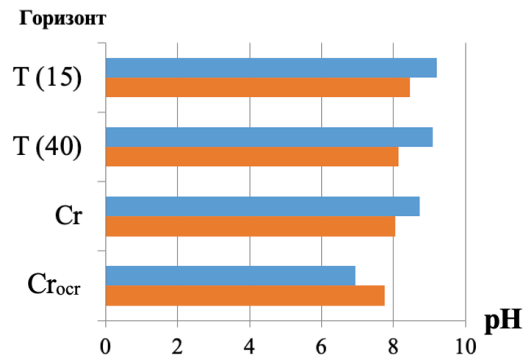
Номер пробы	Название почвы	Горизонт, мощность	рН водный	рН солевой
1	Торфяные эутрофные	TE, 0-37	8,92	8,02
2		TT, 37-70	9,33	8,30
3		T _{оср} , 70-75	8,88	8,08
4.1	Торфяно-криозем	T (15), 0-60	9,20	8,45
4.2		T (40), 0-60	9,09	8,14
5		Cr, 60-74	8,74	8,06
6		Cr _{оср} , 74-79	6,95	7,75
7	Дерново-подбур иллювиально-железистый	AУ, 3-20	8,41	7,73
8		BF, 20-52	9,03	7,93
9		BHF, 57-80	8,87	7,48
10	Торфяно-литозем	T, 0-29	8,22	7,46
11		B, 29-64	8,27	7,36
12	Бурозем типичный	AУ, 2-7	5,84	5,08
13.1		BM (15), 7-64	5,86	4,49
13.2		BM (45), 7-64	7,81	6,60
14	Петрозем	O, 0-4	7,62	7,14
15		M, 4-22	8,70	7,69
16		O ₁ , 22-27	7,44	6,63
17		M ₁ , 27-39	8,32	7,16
18		O ₂ , 39-48	7,88	6,93
19		M ₂ , 48-56	8,45	7,23
20		M ₃ , 56-72	8,87	8,19
21		M ₄ , 72-84	8,65	7,55
22		AУ, 7-12	7,27	6,61
23	Литозем серогумусовый	B, 12-21	6,78	5,30
24		O ₁ , 21-26	7,01	5,61
25.1		BHF (45), 26-77	7,23	5,59
25.2		BHF (68), 26-77	7,42	5,67
26		O _{ао} , 0-16	7,47	6,53
27	Подбур грубогумусированный	BHF, 16-42	8,50	7,19
28		B, 42-65	9,12	7,59
29		C ₁ , 65-73	9,22	8,13

Реакция среды преобладающего числа проанализированных типов почв, близкая к нейтральной в верхней части профиля и слабощелочная – в нижней свидетельствует о преимущественной карбонатности почвообразующих пород региона (Мартынова Н.А., 2011).

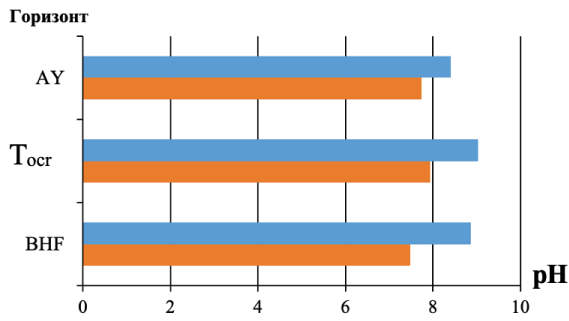
Для наглядности были составлены диаграммы кислотности почв – рисунок 30.



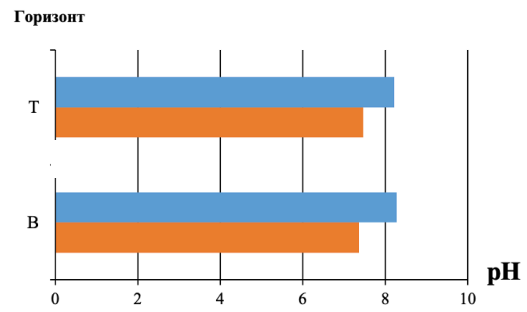
a



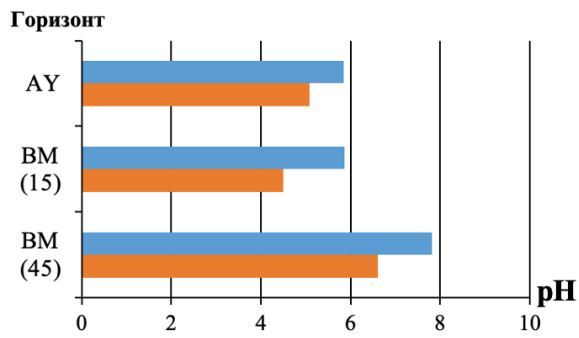
б



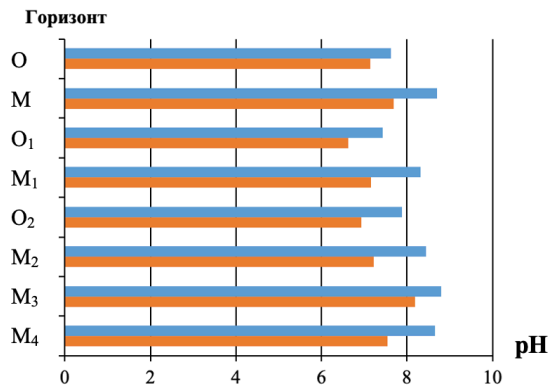
в



г



д



е

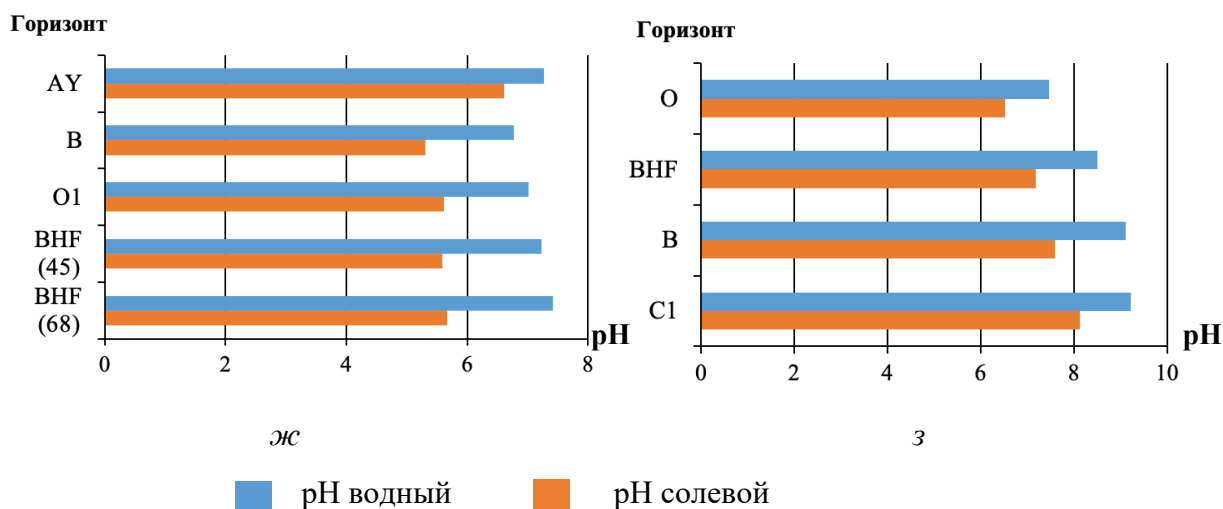


Рисунок 30 – кислотность почв: *а* – торфяные эутрофные, *б* – торфяно-криоземы, *в* – дерново-подбуры, *г* – торфяно-литоземы, *д* – буроземы типичные, *е* – петроземы, *ж* – литоземы серогумусовые, *з* – подбуры грубогумусированные

Как можно заметить из представленных диаграмм и таблиц большинство горизонтов имеет щелочной или нейтральный показатель рН, хотя для данной зоны тайги и лесостепной зоны свойственны кислые почвы. Это можно объяснить наличием подземных минеральных источников, содержащих соединения солей, которые подщелачивают почву (Лопатовская О.Г., 2009). Именно нижние горизонты в основном имеют щелочные значения рН, что доказывает приведенное выше объяснение. Также влияет на щелочность почвы вулканическая активность, происходившая на данной территории много лет назад.

Еще одно объяснение для почв торфяных эутрофных и торфяно-криоземов – это наличие мерзлотного горизонта. Мерзлота долго сохраняется в профиле и служит некоторым водупором, что приводит к насыщению почв основаниями.

Кислую среду показали анализы проб бурозема, кислотность изменяется сверху вниз от более кислых горизонтов к почти нейтральным.

Заключение

В ходе проведенных исследований было установлено, что ландшафты Тункинской долины имеют большое разнообразие и мозаичное распределение. Район сложен породами архейского, третичного и четвертичного возрастов. В большей части впадин почвообразующие породы представлены четвертичными отложениями. Рельеф - эрозионно-денудационный, характеризуется сменой повышений и понижений, представлен равнинами, озерно-болотными низинами, аллювиальной террасированной равниной Иркуты и горными хребтами Тункинских гольцов.

На территории исследования были выделены следующие растительные сообщества: на террасе реки Тунка – осоковое и осоково-вейниковое, на склонах Тункинских гольцов – сосновое разнотравно-купыревое, сосново-кедровое майниково-вейниковое, березово-еловое бруснично-хвощевое, березово-лиственничное луговиково-папоротниковое.

Нами были исследованы почвы, которые относятся к трем разным стволам (ограогенные, постлитогенные и первичного почвообразования). На террасе реки Тунка нами были изучены почвы, содержащие многолетнемерзлые горизонты (торфяные эутрофные и торфяно-криоземы). В зоне влияния селевых потоков были описаны петроземы, описано влияние селей на процессы почвообразования. В лесных сообществах были определены следующие почвы: дерново-подбур, бурозем типичный, подбур грубогумусированный.

Был произведен анализ кислотности почв и коры. Значение рН почв близки к нейтральным и слабощелочным, что связано с наличием карбонатных пород на территории Тункинской долины, выходом подземных минеральных источников и развитием сельского хозяйства.

Значения рН в пробах корки сосны относятся к кислым, что свидетельствует о поступлении оксида серы и других подкисляющих веществ в атмосферный воздух, что связано с использованием печного отопления в населенных пунктах Тункинской долины. Также в 2021 году поступление оксида серы можно связать с природными пожарами на территории Сибирского федерального округа и Дальнего Востока в период отбора проб.

Были получены концентрации подвижных форм ТМ в пробах почв, их значения находятся в следующих диапазонах: Cu 0,02-4,74 мг/кг; Zn 0,26-3,69 мг/кг; Ni 0,02-0,79 мг/кг; Fe 7,1-158,9 мг/кг; Cr 0,02-0,72 мг/кг; Ba 12,59-102,9 мг/кг, Mn 3,60-357,5 мг/кг.

Концентрации кобальта, кадмия в пробах оказались ниже порога определения, содержания свинца и ванадия встретились в очень малых количествах в нескольких пробах в диапазонах 0,6-1,26 мг/кг (Pb) и 0,19-0,34 мг/кг (V). Превышения концентраций относительно нормативов ПДК встретились только по меди в подбурах грубогумусированных и литоземах серогумусовых.

Концентрации подвижных форм ТМ в корке сосны были превышены по элементам Fe, Cu, Zn относительно их кларков в растениях.

Таким образом, на территории Тункинского национального парка рекомендуется проводить экологический мониторинг с целью получения достоверных сведений об изменении эталонных природных комплексов.

Список использованных источников

1. Александрова Т.Д. Ландшафты малых котловин горной тайги / Т.Д. Александрова, В.С. Преображенский – М.: Наука, 1964. – 89 с.
2. Ангахаева Н.А. Гидрологические условия водопользования в Тункинском национальном парке (Бурятия) / Н.А. Ангахаева // Проблемы геологии и освоения недр. – Томск, 2016. – С. 515-517.
3. Атлас Забайкалья. (Бурятская АССР и Читинская область) / ред. Коллегия: Сочава В.Б. и др. – Москва, Иркутск, ГУГК, 1967. – 176 с.
4. Атутова Ж.В. Современные ландшафты Тункинской котловины / Атутова Ж.В. // География и природные ресурсы. – Иркутск, 2018. – С. 103-114.
5. Ахаржанова Т.В. Хозяйственное освоение ландшафтов Тункинской котловины / Т.В. Ахаржанова // Вестник Бурятского государственного университета. – Бурятия, 2004. – С. 117-125.
6. Безгодова О.В. Природные и антропогенные факторы формирования русел малых рек Тункинской котловины (республика Бурятия) / О.В. Безгодова // Геосферные исследования. – Томск, 2019. – С. 6-14.
7. Белозерцева И.А. Почвы и их использование в Тункинской долине / И.А. Белозерцева, А.А. Черкашина // Науки о Земле и смежные экологические науки. – Вестник ТГУ, 2013. – С. 945-949.
8. Биличенко И.Н. Тункинский национальный парк: природные условия и проблемы природопользования / И.Н. Биличенко // Вестник ИрГТУ №7. – Иркутск, 2012. – 5 с.
9. Василенко О.В. Особенности формирования климата котловин юго-западного Прибайкалья / О.В. Василенко, Н.Н. Воропай // Региональные географические проблемы. – Известия РАН, 2015. – С. 104-111.
10. Водяницкий Ю.Н. Нормативы содержания тяжелых металлов и металлоидов в почвах / Ю.Н. Водяницкий // Деградация, восстановление и охрана почв. – Почвоведение, 2021. – С. 368-375
11. Выркин В.Б. Географические исследования Сибири. Ландшафтообразующие процессы / В.Б. Выркин и др. – Изд. Гео, Новосибирск, 2007 – 315 с.
12. 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.
13. Добровольский В.В. Основы биогеохимии / В.В. Добровольский // Учеб. пособие для геогр., биол., геолог., с.-х. спец. вузов. - М.: Высш. шк., 1998 - 413-с.:

14. Иметхенов О.А. Экологическая оценка антропогенного воздействия на ландшафты Байкальского региона / О.А. Иметхенов, С.Ж. Гулгенов // Инновационные подходы к решению проблем «Сендайской рамочной программы по снижению риска бедствий на 2015-2030 годы». – Казань, 2018. – С. 271-275.
15. Касимов Н.С. Кларки химических элементов как эталоны сравнения в экогеохимии / Н.С. Касимов, Д.В. Власов // Вестник Московского государственного университета сер. 5, География. – Москва, 2015. – С. 7-17.
16. Кичигина Н.В. Организация гидрометеорологического мониторинга на селеопасных водотоках в окрестностях п. Аршан / Н.В. Кичигина // Селевые потоки: катастрофы, риск, прогноз, защита. – Иркутск, 2016. – С. 94-97.
17. Койморские озера [Электронный ресурс]: Национальный парк «Тункинский». – URL: <https://tunkapark.ru/business/turizm/pamyatniki-prirody/136-koymorskije-ozera.html> (Дата обращения: 28.10.2021).
18. Копосов, Г.Ф. Генезис почв гор Прибайкалья / Г.Ф. Копосов – Новосибирск: Наука, 1983. – 256 с.
19. Лопатовская О.Г. Почвы зоны влияния минеральных источников предгорий Восточного Саяна / О.Г. Лопатовская // Почвоведение № 8. – Иркутск, 2009. – С. 911-916.
20. Макаров С.А. Катастрофические селевые потоки, произошедшие в поселке Аршан Тункинского района Республики Бурятия 28 июня 2014 г. / С.А. Макаров, А.А. Черкашина, Ж.В. Атутова, и др. – Иркутск: изд-во ИГ СО РАН им.В.Б. Сочавы, 2014. – 111с.
21. Макеев О.В. Почвенная карта Тункинского аймака Бурятской АССР и района долины р. Иркут в Иркутской области / О.В. Макеев, М.А. Корзун // ИГУ им. А.А. Жданова, Бурятский комплексный научно-исследовательский институт, 1962.
22. Мартынова Н.А. Почвы лугово-степной зоны Тункинской впадины и их рациональное использование / Н.А. Мартынова, Е.Л. Попова // Известия иркутской государственной экономической академии. – Иркутск, 2011. – 6 с.
23. Мовсесова В.В. Экологическая оценка содержания сульфатов в воздушной среде г. Ставрополя методами биоиндикации / В.В. Мовсесова, А.С. Блужина, И.А. Бакуменко // Наука. Инновации. Технология. – Ставрополь, 2020. – 141-149.
24. Налетов П.И. Стратиграфия центральной части Бурятской АССР / П.И. Налетов – Государственное научно-техническое издательство литературы по геологии и охране недр, Москва, 1961 – 280 с.

25. Нимбуевой А.З. Тяжелые металлы в органическом веществе лугово-черноземных мерзлотных и серых лесных почв Забайкалья: диссертация ... кандидата биологических наук / А.З. Нимбуева; ин-т общ. и эксперим. Биологии СО РАН, Улан-Удэ, 2007 – 125 с.
26. Обручев С. В. Орография и геоморфология восточной половины Восточного Саяна / С.В. Обручев // Известия Всесоюзного географического общества СССР, 1946 – С. 479-498.
27. Опекунова М.Г. Методы физико-химического анализа почв и растений / М.Г. Опекунова, И.Ю. Арестова, Е.Ю. Елсукова // методические указания. – СПб, 2002 – 70 с.
28. Семенов Ю.М. Геосистемы Тункинской котловины / Ю.М. Семенов, А.В. Силаев // Т.21. Серия «Науки о Земле». – Иркутск, 2017. – С. 114-122.
29. Сенькин О.В. Ландшафтно-экологическое картографирование и экологическая оценка нарушенных территорий с применением методов биоиндикации / О.В. Сенькин, М.Г. Опекунова, В.М. Щербаков // Учебно-методическое пособие. – СПб.: Изд. Санкт-Петербургского университета, 2000. – 68 с.
30. Силаев А.В. Картографический анализ состояния геосистем с длительной историей хозяйственного освоения на примере Тункинской долины: дис. ... канд. геогр. наук / А.В. Силаев; Институт Географии им. В.Б. Сочавы СО РАН. – Иркутск, 2016. – 165 с.
31. Синдыхеева Н.Г. Гигиеническая характеристика и определение терапевтической эффективности природных факторов водолечебницы «Жемчуг» Республики Бурятия: автореферат дис. ... канд. мед. наук / Н.Г. Черкашина; ИГМУ. – Иркутск, 2014. – 25 с.
32. Ташак В.И. Исследование неолита в Торской котловине Тункинской рифтовой долины / В.И. Ташак, Ю.Е. Антонова, Д.В. Кобылкин. – Иркутск, 2017 – С. 82 – 102
33. Цибжитов Ц.Х. Почвы бассейна озера Байкал / Ц.Х. Цибжитов, Ц.Ц. Цыбикдоржиев, Б-М.Н. Гончиков // Т.5. Почвы Прибайкалья и их ресурсы. – Улан-Удэ: издательство Бурятского госуниверситета, 2007. – 234 с.
34. Черкашина А.А. Почвенный покров Тункинской котловины и его агрогенная трансформация: дис. ... канд. геогр. наук / А.А. Черкашина; Институт Географии им. В.Б. Сочавы СО РАН. – Иркутск, 2016. – 275 с.
35. Черкашина А.А. Структура почвенного покрова Тункинской котловины / А.А. Черкашина, В.А. Голубцов // География и природные ресурсы. – Иркутск, 2016. – С. 130-140.

36. Щетников А.А. Структура рельефа и новейшая тектоника Тункинского рифта (Юго-Западное Прибайкалье) / А.А. Щетников, Г.Ф. Уфимцев - М.: Научный мир, 2004. – 154 с.
37. Berdnikova N.E. New archaeological sites in Tunka basin (Baikal rift zone) / N.E. Berdnikova, I.M. Berdnikov, E.O. Rogovskoi, and others // Eurasia in the Cenozoic. Stratigraphy, paleoecology, cultures, 2014 – pp. 19-41.
38. Chebotarev A. Long-term throw rates and landscape response to tectonic activity of the Tunka Fault (Baikal Rift) based on morphometry / A. Chebotarev, A. Arzhannikova, S. Arzhannikov // Tectonophysics, 2021 – 17p.
39. Matasova G.G. Sedimentation and environmental dynamics of the Tunka rift valley (Baikal region) in the Late Pleistocene-Holocene based on the analysis of lithological and rock magnetic properties of the deposits from Upper Paleolithic sites / G.G. Matasova, A.Y. Kazansky, A.A. Shchetnikov, I.A. Filinov, N.E. Berdnikova, I.M. Berdnikov // Archaeological Research in Asia, 2021 – 19 p.
40. Mats V.D. A new perspective on evolution of the Baikal Rift / V.D. Mats, T.I. Perepelova // Geosci.Front, 2 (3), 2011 – pp. 349.
41. Shchetnikov A.A. Morphotectonic inversion in the Tunka rift basin (southwestern Baikal region) / A.A. Shchetnikov // Russ. Geol. Geophys. 2017 – pp. 778-786

Примеры бланков описания фаций

Дата 8.08.21 Исполнитель Щербакова И.В.
 № профиля 1 № пробной площадки 2
 Координаты 51°45'08,12"; 102°26'39,61" Высота 720 м
 Обустроенность территории (размещение транспортных коммуникаций, электрических сетей, других элементов инфраструктуры, мелиорация и т.д.)
Дорога, выпас скота
 Замусоренность территории (общая характеристика, площадь и степень загрязнения, характер распространения и т.д.)
 -
 Характеристика жилой застройки, производственных объектов, культовых построек и т.п.
 -
 Эстетическая ценность территории (типичное разнообразие обзораемых морфологических форм, пластика рельефа и т.д.) 5
 Положение в мезорельефе Тункинская долина, терраса Тунки, равнина
Микрорельеф кочки, холмик
 Нарушенность естественного покрова полевая дорога
 Условия увлажнения (атмосферный тип, грунтовый, смешанный и пр.)
Тип миграционных потоков (элювиальный, трансэлювиальный, иллювиальный, субаквальный, аквальный)
 Характеристика почвы (характер почвенной подстилки, ее мощность, преобладающие растительные остатки, механический состав почвы, мощность гумусового горизонта)
Подстилка отсутствует, почва сложена хорошо разложившимися остатками травянистых растений, бесструктурная
Название природно-территориального комплекса (фации)
Терраса Иркутка в Тункинской долине с осоково-вейниковым сообществом на торфяно-криоземах

Общая характеристика растительности

Состав древостоя - _____ Сомкнутость - _____

Характеристика древесного яруса

Древесная порода	Высота, м	Диаметр, см	Возраст	Бонитет	Высота прикрепления кроны	Высота отторгнутой корки, м
-	-	-	-	-	-	-

Возраст хвой сосны - _____ Состояние хвой - _____

Суховершинность - _____ Сухостой - _____

Фаут - _____ Пни - _____

Характеристика подроста

Состав - _____ Сомкнутость - _____

Общий характер кустарникового яруса (степень однородности, состояние, характер распределения)

Проективное покрытие (%) - _____ Состав - _____

Растение	Сомкнутость	Высота, см	Обилие по Друде	Состояние
-	-	-	-	-

Общая характеристика травяно-кустарничкового яруса
Осоково-вейниковое сообщество

Общее проективное покрытие 90

Характеристика видового состава травяно-кустарничкового яруса

Растение	Подъ- ярус	Высота, см	Обилие по Друде	Проек- тивное покрытие, %	Жизнен- ность
- <i>Cárex sp</i>	1	60	cop2	60	1
- <i>Equisetum arvense</i> <i>L.</i>	1	50	sp	<5	2
- <i>Geranium</i> <i>pratense L.</i>	1	50	sp	<5	2
- <i>Inula salicina L.</i>	2	30	sp	<5	2
- <i>Alopecurus</i> <i>pratensis L.</i>	1	150	sp	<5	2
- <i>Vicia cracca L.</i>	1	50	sol	<5	2
- <i>Lagularia sibirica</i> <i>L.</i>	1	60	sol	<1	2
- <i>Valeriana offici-</i> <i>nalis L.</i>	1	60	sol	<1	2
- <i>Calamagrostis</i> <i>epigejos L.</i>	1	150	cop1	5	2
- <i>Festuca arundi-</i> <i>nacea L.</i>	1	70	sp	<5	2
- <i>Odontites vulgaris</i> <i>Moeh</i>	2	30	sp	<5	2
- <i>Agrostis capillaris</i> <i>L.</i>	1	70	sp	<5	2
- <i>Achillea mille-fo-</i> <i>lium L.</i>	1	70	sol	<1	2

Количество видов 14

Индикаторные виды

Equisetum arvense L.

Виды, занесенные в «Красную книгу»

-

Характеристика мохово-лишайникового яруса

Общая характеристика мохово-лишайникового яруса, %

Об- щее покр.	Мхи				Лишайники			
	Зел.	По- литр.	Сфагн.	Печ.	Куст	Лис т	Бо- кал.	Накип.
-	-	-	-	-	-	-	-	-

Проективное покрытие эпифитных лишайников, %

1	2	3	4	5	Среднее
-	-	-	-	-	-

Нарушенность растительного покрова

Незначительная вытоптанность

Пригодность к использованию в качестве фонового эталона при монито-
 ринге пригоден (Койморские озера – водно-болотные угодья)

Бланк описания фации

Дата 8.08.21 Исполнитель Щербакова И.В.
 № профиля 1 № пробной площадки 4
 Координаты 51°45'35,43"; 102°26'11,32" Высота 721 м

Обустроенность территории (размещение транспортных коммуникаций, электрических сетей, других элементов инфраструктуры, мелиорация и т.д.)

Дорога в 60 м от площадки

Замусоренность территории (общая характеристика, площадь и степень загрязнения, характер распространения и т.д.)

Единичный мусор

Характеристика жилой застройки, производственных объектов, культовых построек и т.п.

-

Эстетическая ценность территории (типичное разнообразие обзораемых морфологических форм, пластика рельефа и т.д.) 4

Положение в мезорельефе Тункинской долине, понижение

Микрорельеф приствольные кочки, кочки

Нарушенность естественного покрова -

Условия увлажнения (атмосферный тип, грунтовый, смешанный и пр.)

Тип миграционных потоков (элювиальный, трансэлювиальный, иллювиальный, субаквальный, аквальный)

Характеристика почвы (характер почвенной подстилки, ее мощность, преобладающие растительные остатки, механический состав почвы, мощность гумусового горизонта)

Подстилка отсутствует, почва сложен разложившимися травянистыми растениями, бесструктурная

Название природно-территориального комплекса (фации)

Березово-словое осоково-бруснично-хвощевое сообщество на понижении Тункинской долины на торфяно-литоземах

Общая характеристика растительности

Состав древостоя 7Е2Б1С Сомкнутость 50%

Характеристика древесного яруса

Древесная порода	Высота, м	Диаметр, см	Возраст	Бонитет	Высота прикреплёния кроны	Высота отторгнутой корки, м
<i>Picea abies</i> L.	13	20	50			
<i>Betula pubescens</i> L.	15	15	50			
<i>Pinus sylvestris</i> L.	15	30	60	3	8	5

Возраст хвой сосны 5 Состояние хвой 2

Суховершинность - Сухостой -

Фаунт - Пни 2

Характеристика подроста

ярко выражен, однороден

Состав 6Б4Е Сомкнутость 30%

Общий характер кустарникового яруса (степень однородности, состояние, характер распределения)

неярко выражен, однороден

Проективное покрытие (%) 5 Состав 10Ш

Растение	Сомкнутость	Высота, см	Обилие по Друде	Состояние
<i>Rosa canina</i> L.	<5	60	sp	2

Общая характеристика травяно-кустарничкового яруса
Осоково-бруснично-хвощевое сообщество

Общее проективное покрытие 80

Характеристика видового состава травяно-кустарничкового яруса

Растение	Подъ-ярус	Высота, см	Обилие по Друде	Проективное покрытие, %	Жизненность
- <i>Equisetum sylvaticum</i> L.	2	20	cop1	20	1
- <i>Vaccinium vitis-idaea</i> L.	3	5	cop1	25	3
- <i>Rubus saxatilis</i> L.	3	10	sp	<5	3
- <i>Vicia cracca</i> L.	2	15	sp	<5	2
- <i>Chamerion angustifolium</i> (L.) Holub.	1	50	sp	<5	1
- <i>Calamagrostis epigeios</i> L.	2	30	sp	<5	1
- <i>Anthriscus sylvestris</i> (L.) Hoffm.	1	60	sp	<5	1
- <i>Inula helenium</i> L.	1	50	sp	<5	2
- <i>Pyrola rotundifolia</i> L.	3	5	sp	<5	2
- <i>Galium verum</i> L.	2	15	sp	<5	2
- <i>Avenella flexuosa</i> L.	3	10	sp	<5	1
- <i>Sanguisorba officinalis</i> L.	1	70	sol	<1	2
- <i>Campanula glomerata</i> L.	1	50	sol	<1	2
- <i>Carex</i> sp	2	30	cop1	20	1
- <i>Thalictrum aquilegifolium</i> L.	1	50	sp	<5	2
- <i>Fragaria vesca</i> L.	3	10	sp	<5	1

Количество видов 16

Индикаторные виды

Chamerion angustifolium (L.) Holub., *Carex* sp

Виды, занесенные в «Красную книгу»

-

Характеристика мохово-лишайникового яруса

неярко выражен, однороден

Общая характеристика мохово-лишайникового яруса, %

Общее покр.	Мхи				Лишайники			
	Зел.	По-литр.	Сфагн.	Печ.	Куст	Лист	Бо-кал.	Накип.
30	10	-	20	-	-	-	-	-

Проективное покрытие эпифитных лишайников, %

1	2	3	4	5	Среднее
-	-	-	-	-	-

Нарушенность растительного покрова

-

Пригодность к использованию в качестве фонового эталона при мониторинге нет

Бланк описания фации

Дата 9.08.21 Исполнитель Щербакова И.В.
 № профиля 2 № пробной площадки 5
 Координаты 51°54'52,03"; 102°24'49,78" Высота 890 м
 Обустроенность территории (размещение транспортных коммуникаций, электрических сетей, других элементов инфраструктуры, мелиорация и т.д.)
300 м до Дацана

Замусоренность территории (общая характеристика, площадь и степень загрязнения, характер распространения и т.д.)
-

Характеристика жилой застройки, производственных объектов, культовых построек и т.п.
Дацан

Эстетическая ценность территории (типичное разнообразие обозреваемых морфологических форм, пластика рельефа и т.д.) 4

Положение в мезорельефе нижняя часть склона Саян

Микрорельеф кочки

Нарушенность естественного покрова -

Условия увлажнения (атмосферный тип, грунтовый, смешанный и пр.)

Тип миграционных потоков (элювиальный, трансэлювиальный, иллювиальный, субаквальный, акваальный)

Характеристика почвы (характер почвенной подстилки, ее мощность, преобладающие растительные остатки, механический состав почвы, мощность гумусового горизонта)

Подстилка рыхлая, сложена слабо разложившимися остатками хвои и травянистых растений, мощность 2 см, почва суглинистая, мощность гумусового горизонта 5 см

Название природно-территориального комплекса (фации)

Сосново-кедровое майнико-вейниковое сообщество на нижней части склона Саян на буроземах.

Общая характеристика растительности

Состав древостоя 6КЗС1Б Сомкнутость 60%

Характеристика древесного яруса

Древесная порода	Высота, м	Диаметр, см	Возраст	Бонитет	Высота прикрепления кроны	Высота отторгнутой корки, м
<i>Pinus sibirica</i> L.	16	43	50			
<i>Pinus sylvestris</i> L.	14	58	50	2	18	10
<i>Betula pubescens</i> L.	14	35	30			

Возраст хвой сосны 3 Состояние хвой 4

Суховершинность - Сухостой 2

Фаунт - Пни 9

Характеристика подроста

ярко выражен, однороден

Состав 5К5 Сомкнутость <5

Общий характер кустарникового яруса (степень однородности, состояние, характер распределения)

неярко выражен, однороден

Проективное покрытие (%) <5 Состав 10Р

Растение	Сомкнутость	Высота, см	Обилие по Друде	Состояние
<i>Sorbus aucuparia</i> L.	<5	150	sp	3

Общая характеристика травяно-кустарничкового яруса
 Майнико-вейниковое сообщество

Общее проективное покрытие 80

Характеристика видового состава травяно-кустарничкового яруса

Растение	Подъярус	Высота, см	Обилие по Друде	Проективное покрытие, %	Жизненность
- <i>Maianthemum bifolium</i> L.	3	5	cop1	20	1
- <i>Calamagrostis epigeios</i> L.	2	20	cop1	50	1
- <i>Avenella flexuosa</i> L.	3	10	sp	10	1
- <i>Thalictrum aquilegifolium</i> L.	1	50	sp	<5	1
- <i>Poa pratensis</i> L.	1	50	sp	<5	1
- <i>Neottianthe curcullata</i> L.	3	10	sol	<1	2
- <i>Rubus saxatilis</i> L.	3	10	sp	<5	1
- <i>Galium verum</i> L.	2	15	sp	<5	1
- <i>Pteridium aquilinum</i> L.	2	30	sp	<5	1
- <i>Vicia cracca</i> L.	2	15	sp	<5	1
- <i>Geranium sylvaticum</i> L.	3	10	sp	<5	1
- <i>Trientalis europaea</i> L.	3	10	sp	<5	1

Количество видов 12

Индикаторные виды

Trientalis europaea L., *Calamagrostis epigeios* L.

Виды, занесенные в «Красную книгу»

Neottianthe curcullata L.

Характеристика мохово-лишайникового яруса

-

Общая характеристика мохово-лишайникового яруса, %

Общее покр.	Мхи				Лишайники			
	Зел.	По-литр.	Сфагн.	Печ.	Куст	Лист	Бо-кал.	Накип.
-	-	-	-	-	-	-	-	-

Проективное покрытие эпифитных лишайников, %

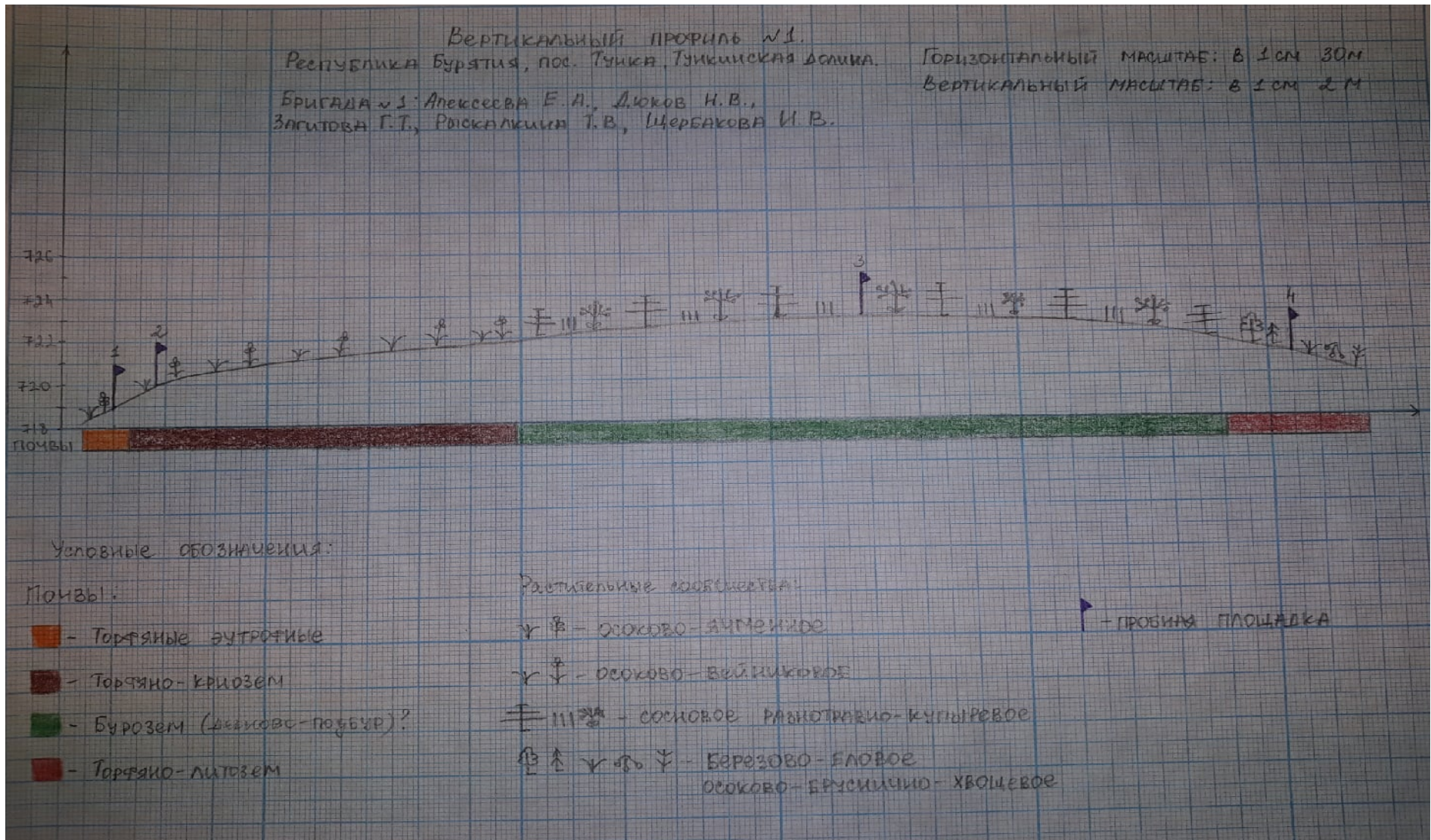
1	2	3	4	5	Среднее
5	15	5	20	20	13

Нарушенность растительного покрова

Вытоптанность

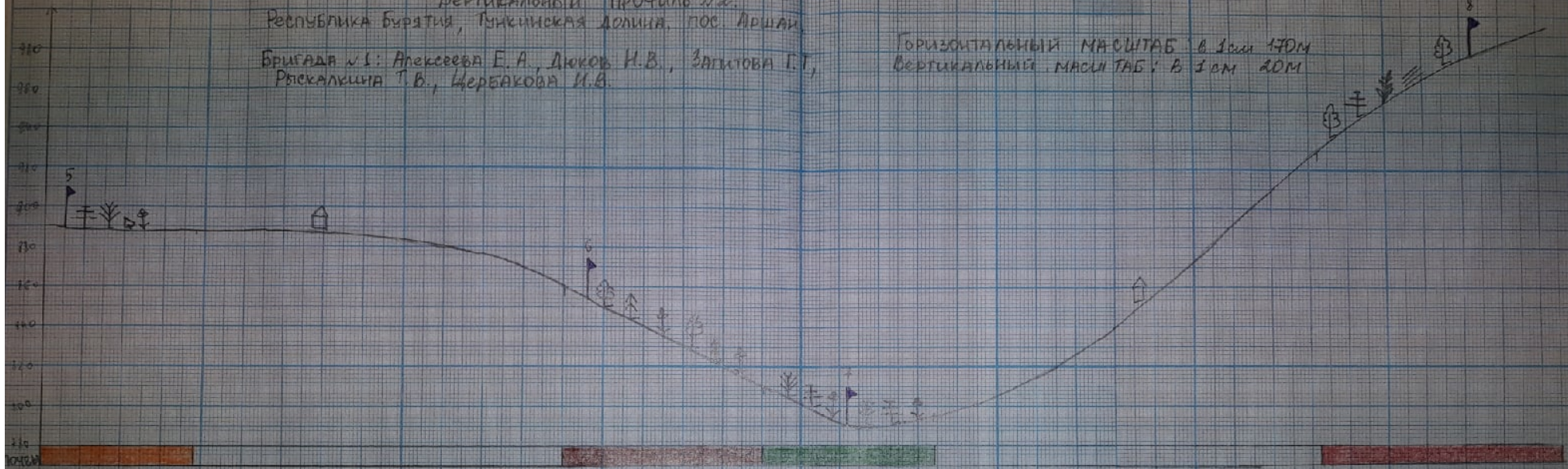
Пригодность к использованию в качестве фонового эталона при мониторинге для мониторинга атмосферного воздуха

Вертикальные профили



Вертикальный профиль №1.
 Республика Бурятия, Гунжийская долина, пос. Аршан.
 Бригада №1: Алексеева Е.А., Диков Н.В., Запотова Г.Т.,
 Рыскалкина Т.В., Щербанова И.В.

Горизонтальный масштаб: в 1 см 170 м
 Вертикальный масштаб: в 1 см 20 м



Условные обозначения:

Почвы:

- бурозем глинистый
- петрозем
- литозем серогумусовый
- подбур грубогумусированный

Растительность:

- сосново-кедровое мшисто-вейниковое
- березово-лиственничное вейниковое
- кедрово-сосновое вейниковое
- березово-сосновое луговое папоротниковое

- пробная площадка
- застройка

