

Санкт-Петербургский государственный университет

***ГУСЕЛЬНИКОВА Ульяна Валерьевна***

**Выпускная квалификационная работа**

*Экологическая оценка состояния почв Тункинского национального парка*  
*Ecological assessment of the state of soils in the Tunkinsky National Park*

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*

*кандидат географических*  
*наук*

*Елсукова Е.Ю.*

Рецензент: *к.б.н., доцент,*  
*ЛГУ им. Пушкина*

*Лебедева М.Ю.*

Санкт-Петербург  
2023

## Оглавление

Введение	3
ГЛАВА 1. ФИЗИКО-ГЕОГРАФИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ТЕРРИТОРИИ	5
1.1. Географическое описание района исследований	5
1.2. Геологическое строение и рельеф	5
1.3. Климатические особенности	6
1.4. Гидрология	7
1.5. Многолетняя мерзлота	8
1.6. Почвенный покров	9
1.7. Растительный покров	11
1.8. Источники природно-антропогенного воздействия	11
ГЛАВА 2. СТЕПЕНЬ ИЗУЧЕННОСТИ ВОПРОСА	19
ГЛАВА 3. ИССЛЕДОВАНИЯ ПОЧВЕННОГО ПОКРОВА	24
ГЛАВА 4. МЕТОДЫ ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКОГО АНАЛИЗА ПОЧВЫ	26
4.1. Определение кислотности почвы	26
4.2. Определение гумуса и механического состава почвы	26
4.3. Определение тяжелых металлов в почвах Тункинского национального парка	27
ГЛАВА 5. ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА СОСТОЯНИЯ ПОЧВ ТУНКИНСКОГО НАЦИОНАЛЬНОГО ПАРКА	29
5.1. Кислотность, гумус и механический состав почв в Тункинском национальном парке	29
5.2. Подвижные формы тяжелых металлов в Тункинском национальном парке	33
Заключение	48
Список использованной литературы	50
Приложение	54

## ВВЕДЕНИЕ

**Актуальность темы исследования.** Тункинский - один из крупнейших национальных парков России, часть территории которого включена в состав Байкальского участка Всемирного природного наследия и расположена в центральной экологической зоне Байкальской природной территории. 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: Кырен, Жемчуг, Аршан, Тунка, Ниловка, Хойто-Гол, Монды, проживает более 20 тыс. 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.

Резко континентальный климат и горно-котловинные условия способствуют формированию здесь ландшафтов, обладающих сложной пространственной организацией, длительной историей развития и специфическими механизмами взаимодействия. Наиболее репрезентативной территорией для исследования закономерностей пространственного распределения почв в условиях межгорных котловин Байкальского типа является Тункинская котловина. Уникальное многообразие ландшафтов здесь обусловлено сочетанием разнообразных биоклиматических и геолого-геоморфологических факторов. С этой точки зрения особую актуальность приобретают исследования почв, формирующихся в условиях межгорных котловин Байкальского региона.

**Степень разработанности проблемы.** Несмотря на обширные материалы по изучению почвенного покрова прилегающих территорий Бурятии, Монголии и Забайкальского края (Лопатовская, 2009; Волошин, 2007; Мартынова, 2010, Чимитдоржиева, 2022) почвенному покрову Тункинской котловины посвящены лишь отдельные работы (Белозерцева, Черкашина, 2012; Черкашина, 2016, Черноусенко, 2022). Изучены аналитические данные, характеризующие почвы, описание почвенного покрова. Экологический мониторинг почв Тункинского национального парка ранее проводился студентами и преподавателями кафедры геоэкологии СПбГУ. Физико-химические данные по почвенному покрову территории отсутствуют.

**Объекты исследований:** почвенный покров территории Тункинского национального парка.

**Цель работы:** дать экологическую оценку почвенного покрова Тункинского национального парка.

Для достижения поставленной цели решались следующие **задачи**:

1. Изучить морфологическое строение и физико-химические свойства основных компонентов почвенного покрова Тункинского национального парка;
2. Изучить литературные материалы по исследованиям Тункинского национального парка;
3. Выполнить исследования почвенного покрова территории:
  - описать пробные почвенные разрезы, характерные для различных природных территориальных комплексов;
  - определить преобладающие типы почвы по Российской классификации 2004 г.;
4. Определить экологические показатели почв для Тункинского национального парка;
5. Дать оценку экологического состояния почв Тункинского национального парка.

**Благодарности.** Автор выражает благодарность своему научному руководителю – Елсуковой Е.Ю. за помощь и содействие в написании диссертации. В подготовке проб почв на анализы подвижных форм тяжелых металлов, в определении физико-химических свойств почв, выражаю благодарность сотрудникам учебной лаборатории физико-химического анализа СПбГУ: Клубову С.М., Никулиной А.Р., Васильевой П.С. В определении подвижных форм тяжелых металлов в почве, выражаю благодарность сотруднику Научного парка СПбГУ Ресурсного центра по направлению «Методов анализа состава вещества» - Григоряну В.Н.

## **ГЛАВА 1. ФИЗИКО-ГЕОГРАФИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ТЕРРИТОРИИ**

### **1.1. Географическое описание района исследований**

Национальный парк "Тункинский" образован 27 мая 1991 г. на территории Республики Бурятия с целью сохранения природных комплексов бассейна озера Байкал, Тункинской долины, хребтов Восточных Саян и Хамар-Дабана, а также оптимизации природопользования, развития национальной культуры и создания условий для организованного отдыха. Подчиняется непосредственно Федеральной службе лесного хозяйства России. Национальный парк расположен на юго-западе Республики Бурятия, на территории Тункинского района. Общая площадь парка составляет 11836,62 км<sup>2</sup> (Национальный парк «Тункинский»).

### **1.2. Геологическое строение и рельеф**

Территория НП «Тункинский» входит в состав, Тункинский национальный парк входит в Байкало-Хубсугульскую природную территорию представляет собой геосинклинальную область разломов Земной коры— так называемую Байкальскую рифтовую зону, относящуюся к каледонскому Байкало-Саяно-Монгольскому складчатому поясу с наложенной на него кайнозойской структурой, возникшей в конце палеогена. Большое разнообразие и особый характер распределения почвенно-растительного покрова обуславливается и положением региона в зоне контакта трех природно-биогеографических областей — Среднесибирской таежной, Южносибирской гольцово-горно-таежной и Байкало-Джугджурской гольцово-горно-таежной (Мартынова, 2010).

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

В пределах территории парка выделяются: Тункинские гольцы, занимающие северную часть парка; хребет Хамар-Дабан и его отроги, охватывающие южную, центральную и восточную части парковой территории, и расположенная между ними цепочка межгорных котловин: Быстринская, Торская, Тункинская, Туранская и Мондинская. Рельеф сильно изрезан сетью рек и ручьев, водоразделы между ними труднодоступны, довольно много крутых склонов. Максимальная высота над уровнем моря - 3172 м, минимальная - 668 м. Между Тункинскими гольцами на севере и нагорьем Хамар-Дабан на юге лежит межгорная Тункинская впадина протяженностью 200 км и шириной от 20 до 40 км (Зиганшин, 2009).

Горы грядовые островершинные и массивные с широкими слабо волнистыми водоразделами, глубоко и густо расчлененные, приурочены в основном к юго-западному

склону Хамар-Дабана. Абсолютные отметки поверхности изменяются от 1000–1100 м до 1800 м. На горных склонах широко развиты гравитационные процессы, способствующие формированию осыпей. Кроме того, в Хамар-Дабане представлено плоскогорье денудационное высокое крутосклонное с поверхностями выравнивания, глубоко расчлененное, со следами оледенения. Абсолютные отметки достигают 1800–2300 м и более, глубина расчленения – до 800–1100 м (Зиганшин,2009).

Поверхность пролювиально-аллювиальных и аллювиальных равнин нередко заболочена и заторфована. Заболачиванию территории способствует плоский рельеф, близкое залегание к поверхности многолетние мерзлых грунтов, обилие атмосферных осадков. Имеются территории местного скопления озер. Наиболее значительны Койморские болота, поверхность которых изобилует термокарстовыми озерами (Зиганшин,2017).

В основе тектонического строения Тункинских гольцов расположены ядра докембрийского возраста, окруженные структурами древнего байкальского и каледонского тектогенеза. В неогеновое и четвертичное время новейшие тектонические движения вызывали прогибание депрессий котловин и поднятие горных хребтов с возвышенными поверхностями выравнивания. Геология Тункинских Гольцов представлена древнейшими вулканическими породами гранитами и метаморфизированными до кристаллической структуры сланцами, гнейсами и кварцитами, мраморами и амфиболитами (Щетников,2004).

Можем сделать вывод, что территория национального парка представляет собой горную местность с сильно пересеченным рельефом. Равнинные территории встречаются в межгорных котловинах и на широких участках речных долин. Почвы Тункинского района образованы аллювиальным типом, делювиальными и коллювиальными отложениями осадочных пород.

### **1.3. Климатические особенности**

Климат Тункинского района резко континентальный, характеризуется большими суточными и годовыми амплитудами температур, небольшим количеством годовых осадков. Зимой господствует сибирский антициклон — область высокого давления холодных воздушных масс и соответствующая ему ясная, безветренная, морозная погода. Летом наблюдается циклон с пасмурной дождливой погодой. Средняя температура января от -22°С...-24°С в самых низких местах котловины до -19°С...-21°С в горах. Средняя температура июля от +17°С в котловине до +11°С...+14°С в горах. Абсолютный минимум до -50°С, максимум +34°С. Среднегодовое количество осадков 300-350 мм, в горах 500-

600 мм, на склонах Хамар-Дабана — до 1000 мм. Преобладают ветры западного и восточного направления и в соответствии с простираем реки Иркут и самой котловины с запада на восток. 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).

#### **1.4. Гидрология**

На территории Тункинского национального парка расположены два водосборных бассейна двух наиболее крупных рек – Утулик и Иркут. Площади этих водосборных бассейнов составляют 7 % и 93 % от общей площади парка, соответственно. Река Утулик относится к типу горных рек. Ее бассейн с 31 притоком первого, второго и третьего порядка входит составляющей частью в водосборный бассейн озера Байкал (Кичигина, 2019).

Основная гидрологическая сеть национального парка представлена в водосборном бассейне р. Иркут. Река Иркут – главная водная артерия национального парка. Свое начало она берет из озера Ильчир в Окинском районе, на высоте 1963 м., над уровнем моря. Длина р. Иркут 500 км, общая площадь водосбора 15 020 км<sup>2</sup>. Далее впадает в реку Ангару у города Иркутска. По территории парка река Иркут проходит средним течением и имеет здесь протяженность 247 км. Река Иркут относится к горным рекам. Питание этой реки, как и всех ее притоков, идет за счет таяния высокогорных снегов и дождей.

Грунтовые воды находятся на различной глубине в зависимости от структуры подстилающих пород. Как правило, водопроницаемость приурочена к трещиноватым и кристаллическим подстилающим породам. В пределах аллювиальной равнины активно протекают русловые процессы, вызывающие как аккумуляцию свежего минерального субстрата на дневной поверхности, так и его частичный вынос и эрозию почв. Значительное участие в создании неоднородности почвенного покрова аллювиальных равнин принимает влияние грунтовых вод, выражающееся в различной степени засоления и заболачивания почв. Русло р. Иркут создает полосчато-линзовидное строение почвенного покрова, обуславливая формирование русловых эрозионно-аккумулятивных и аккумулятивных структур, осложняющихся в связи с неодинаковыми условиями грунтового увлажнения комплексностью. В прибрежной зоне формируются слоисто-аллювиальные почвы, сменяющиеся в ложбинах дифференцированно-солонцовыми комплексами аллювиальных торфяно-глеевых минерально-торфяных, перегнойно-глеевых

иловатых и аллювиальных темногумусовых солонцеватых. На бровках и в центральной пойме представлены пятнистости аллювиальных дерновых глееватых и аллювиальных дерновых засоленных. Поверхности заболоченных низких террас р. Иркут и его крупных притоков не подвержены влиянию русловых эрозионно- аккумулятивных процессов. В связи с этим почвенный покров таких участков представлен дифференцированно- солонцово-засоленными комплексами и пятнистостями (Черкашина, 2016).

На территории национального парка имеется довольно много небольших озер, в основном ледникового происхождения. Болота на территории парка занимают 6 213 га, что составляет 0,6 % от территории парка. Часть болот (3771 га) относится к типу низинных и переходных. Болота чаще всего расположены в падах и на отлогах вершинах гор на высоте 1000 м и выше, где процессы заболачивания в основном связаны с оттаиванием почвы на протяжении лета (Зиганшин, 2009).

Факторы дифференциации почвенного покрова озерно-болотных низин связаны с различными условиями грунтового увлажнения, обусловленными микро- и нанорельефом. Благодаря влиянию данного фактора значительное участие в почвенном покрове здесь принимают такие классы микрокомбинаций, как комплексы и пятнистости. Ввиду незначительной минерализации грунтовых вод возникают пятнисто-кольцевые подчиненно-гидроморфные дифференцированно-солонцово-засоленные структуры (Черкашина, 2016).

### **1.5. Многолетняя мерзлота**

На территории Тункинской котловины выделяется как островная, так и сплошная многолетняя мерзлота. Мерзлота охватывает отложения Тункинской котловины лишь в ее центральных частях, а ближе к краям исчезает, особенно у хр. Тункинские Гольцы, так как здесь на поверхность выходят горячие подземные источники. Особенностью мерзлотного покрова в Тункинской котловине является то, что он не создает единую толщу, а имеет двуслойный вид. Нижний слой сплошной, местами перемежается талыми породами.

От верхнего он отделен талыми породами мощностью от 40 до 50 м (Лапердин, 2010). Верхний слой перемежается таликами и залегает до глубины в тридцать-сорок метров. Этот слой находится большей частью под болотами, поймами рек и низкими речными террасами. Местами оба слоя мерзлоты сливаются, в мерзлых породах встречаются довольно крупные линзы льда. В пределах озерно-аллювиальной равнины совместно с тектоническим опусканием сокращение верхнего слоя мерзлоты приводит к еще большему заболачиванию и к провалам, вследствие чего образуются озера. Температура верхней границы мерзлых пород составляет  $-0,2^{\circ}\text{C}$ , а на глубине 10 м и

глубже – до  $-2^{\circ}\text{C}$ . В зависимости от процентного содержания в отложениях глинистого и песчаного материала существует разница в мощности сезонного промерзания грунтов, которая в среднем не превышает 1,5 м (Кичигина,2019).

Существенным фактором дифференциации почвенного покрова является близкое к поверхности залегание мерзлоты (40-50см), что создает условия для формирования криогенно- деформированных пятнистостей и комплексов. В состав таких структур входят почвы с различной степенью нарушенности профиля – от ненарушенной системы генетических горизонтов до криотурбированных, без ясно выраженного профиля (Черкашина,2016).

### **1.6. Почвенный покров**

Тункинский национальный парк входит в Байкало-Хубсугульскую природную территорию (БХПТ). В распределении почв наблюдается вертикальная зональность с образованием почвенных поясов специфичных по типам почв в зависимости от высоты над уровнем моря. Очень велика контрастность почвенного покрова северных и южных экспозиций. Степень выветривания и почвообразования всегда меньше на южных и западных склонах по сравнению с восточными и северными. На южных склонах подзолистые почвы, как правило, отсутствуют (Ишигенов,2003).

На высоких водораздельных пространствах национальных парков БХПТ распространены петроземы гумусовые, литоземы перегнойно-темногумусовые. Под редколесьями и мохово-кустарничковыми темнохвойными лесами высоких водоразделов и склонов формируются почвы со слабодифференцированным профилем типа подбуров (дерново-подбуры, торфяно-подбуры глеевые, сухо-торфяно-подбуры и их сочетания). В переувлажненных слабофильтрующихся местоположениях формируются кислые глееземы (торфяно-глееземы, глееземы криометаморфические). На пологих склонах под хвойными или смешанными мохово-разнотравными лесами на кислых отложениях развиваются грубогумусные буроземы (Белозерцева,2013).

Под лиственничной и сосново-лиственничной тайгой в средней и нижней частях теневых склонов на бескарбонатных породах развиваются криоземы (торфяно-криоземы, дерново-криоземы), в которых наблюдаются процессы криотурбации и оглеения. Ландшафты заболоченных лесов на торфяно-криоземах глееватых и дерново-подзолисто-глеевых почвах наблюдаются в бассейне р. Енгарги. Мерзлота выполняет роль водоупора, благодаря чему надмерзлотная часть постоянно находится во влажном состоянии. Выраженное оглеение профиля при этом чаще всего отсутствует, что обусловлено заторможенностью восстановительных процессов при низких температурах и

проникновением воздуха при криотурбационных процессах (см. Приложение 1, разрезы 4,6,7) (Белозерцева,2013; Черкашина, 2016).

А между заболоченными низинами Тункинской котловины на 130–150 м над ее дном возвышается песчаная возвышенность Бадар – остаточный массив, окруженный зонами современного опускания и покрытый сосняками на псаммоземах, дерново-элювоземах и слоисто-эоловых почвах с небольшими участками развеивающихся песков (Белозерцева,2013). Под смешанными сосново-лиственничными лесами на щебнисто-песчаных отложениях верхних и средних частей склонов выделяются иллювиально-железистые, иллювиально-гумусовые маломощные подзолы, в нижних частях склонов — дерново-подзолистые почвы.

**Дерново-карбонатные почвы:** образуются в таежно-лесной зоне с развитым травянистым покровом, характеризуются отсутствием признаков оподзоленности. В настоящее время, эти земли используются под пашни с ниже-средней урожайностью. Серые лесные почвы – это самые распространенные на территории парка почвы. Они формируются под ниже-таежно-лесной растительностью с изреженным кустарниково-травяным покровом на водораздельных пространствах и склонах различной экспозиции, в условиях периодически промывного водного режима и характеризуются отсутствием признаков оподзоленности.

В горно-таежной зоне котловины образуются **серые лесные почвы:** приурочены к слабопологим предгорным склонам различной экспозиции. Почвообразующими породами служат делювиальные и делювиальные карбонатные пески, супеси и легкие суглинки. В парке встречаются среднемощные и мощные разновидности. Механический состав темно-серых лесных почв легкосуглинистый и суглинистый. Средняя мощность гумусового горизонта составляет 32 см. С глубины 50 см наблюдается массовое скопление карбонатов.

**Лугово-болотные почвы:** приурочены к пониженным элементам рельефа равнины и к межгорным понижениям. Формируются под лугово-болотной растительностью, в условиях близкого залегания многолетней островной мерзлоты и грунтовых вод. В отличие от луговых почв признаки болотного процесса (ржавость, оглеение, оторфованность) отмечаются с поверхности. Характерным признаком этих почв является наличие с поверхности слегка оторфованного горизонта, сменяющегося перегнойно-гумусовым горизонтом темно-серого цвета. На территории парка встречаются супесчаные, легкосуглинистые, суглинистые и тяжелосуглинистые разновидности этих почв. Почвообразующими породами служат аллювиальные пески и делювиальные супеси. Почти все лугово-болотные почвы засолены в различной степени (Зиганшин,2009).

## 1.7. Растительный покров

Согласно ботанико-географическому районированию растительные сообщества парка принадлежит к Саяно-южнобайкальским формациям. Растительность представлена горно-тундровыми, горно-луговыми, горно-таежными и таежными сообществами в сочетании с горно-степными.

Флора региона отличается исключительным разнообразием. На территории парка произрастает свыше 1000 видов сосудистых растений, среди которых наиболее многочисленны лесные и луговые травянистые растения.

Основной лесообразующей породой является кедр (*Pinus sibirica*). Кедровые леса занимают 51,9 % от площади лесов. Кедровники поднимаются до верхней границы леса, выше в субальпийском поясе встречаются сообщества кедрового стланика (*Pinus pumila*). 25,8 % лесной площади приходится на долю лиственничников (*Larix sibirica*), сосновые насаждения составляют 8,1 % (*Pinus sylvestris*), еловые (*Picea obovata*) - около 1 %, незначительные площади занимает пихта (*Abies sibirica*).

Из мелколиственных лесов (10,3 %) наиболее распространены березняки (*Betula platyphylla*) - 8,5 % и осинники (*Populus tremula*) - 1,6 %. Незначительные площади занимают сообщества из тополя душистого (*Populus suaveolens*), ивы Мияба и корзиночной (*Salix miyabeana*, *S. viminalis*).

Чаще всего встречаются леса с багульником (*Ledum palustre*), занимающие 31,8 % покрытых лесом земель. Сравнительно большие площади занимают лесные сообщества с брусничкой (*Vaccinium vitis-idaea*) – 22 %, с рододендром даурским (*Rhododendron dahuricum*), а также злаково-разнотравные (18,2 %), горно-каменистые (10 %) группы типов леса.

## 1.8. Источники природно-антропогенного воздействия

Пирогенез является одним из ведущих процессов в лесах, влияющим на свойства почв. Пожары приводят к изменениям морфологических и физико-химических свойств, состава органического вещества и механического состава почв. Изменения морфологических свойств почв обусловлены выгоранием органогенных горизонтов, древесного опада, валежа и других растительных остатков и выражаются в формировании пирогенного горизонта, либо в появлении признаков пирогенеза в почвенных горизонтах. Установлено, что морфологические признаки влияния пожара могут прослеживаться до глубины 0.3 м (Dymov et al., 2018). Признаки пирогенеза проявляются в виде углистых включений в нижней части подстилки и минеральных горизонтов, пирогенных морфонов. К признакам пирогенеза относится потемнение

минеральных горизонтов за счет пирогенного органического вещества, способного к активной миграции. Подзолистый горизонт пропитывается потечным органическим веществом, наблюдается гидрофобизация, переуплотнение верхних минеральных горизонтов (Гераськина,2021).

Пожары приводят к снижению кислотности подстилки и, напротив, повышению кислотности минеральных горизонтов почв, увеличению содержания обменного кальция в минеральных горизонтах почв и их обогащению углеродом и азотом, кратковременному повышению доступности элементов питания, снижению биологической активности почв и доли углерода водорастворимых соединений, сужению отношения C/N в подстилке и других горизонтах, испытавших пирогенное влияние. Снижение кислотности подстилки на гарях связывают с влиянием низкомолекулярных органических соединений, присутствующих в почвенных растворах гарей (Иваньо, 2017). Возрастание содержания углерода объясняется поступлением из углистых частиц, увеличение содержания азота, обменного кальция — массовым поступлением большого количества растительных остатков, формирующихся в результате воздействия пожаров на древесные и другие растения (Гераськина,2021; Ludwig, 2018).

В ходе пожаров в таежных биогеоценозах наблюдается изменение и перераспределение пулов органического вещества между компонентами экосистемы: уменьшение запасов углерода и азота в подстилке при их возрастании в верхних минеральных горизонтах (Гераськина,2021). Однако, это возрастание запаса углерода в минеральных горизонтах сопровождается его огромными пирогенными эмиссиями в атмосферу.

Согласно статистическим данным ФГБУ «Национальный парк “Тункинский”», общее число пожаров за 2011–2016 гг. составило 93. Наибольшее количество возгораний зафиксировано в 2011 г. – 28, а минимальное отмечено в 2016 г. – 4. Пройденная огнем площадь за анализируемый период времени составила 2 880,16 га.

Таблица 1

Сводная таблица лесных пожаров по годам на территории парка (Гераськина,2021)

Год	Количество пожаров, случаев	Общая площадь/в т.ч. верховым, га	Средняя площадь, га	Затраты на тушение пожаров, тыс.руб.
2011	28	639,5	22,8	6203,3
2012	25	1637,16/231	65,48	2750,0
2013	12	133,1	11,09	2450,0
2014	7	69,5	9,9	1069,0

2015	17	308,2	18,1	2528,7
2016	4	92,7	23,18	1646,6

Растительные пожары возникают ежегодно в разных масштабах от многих причин, включая умышленный поджог. Природные пожары, связанные с самовозгоранием, носят циклический характер развития. Катастрофические верховые пожары совпадают с циклами климатической засухи и сильных ветров. Локальные и спорадические лесные пожары чаще обуславливаются неосторожным обращением с огнем и поджогами. Повсеместные весенние палы нередко становятся причиной возгорания лесов. В сухую и ветреную погоду огонь распространяется в разы быстрее, и пожары трудно ликвидируются (Александровна,2017).

Апрель и май в Тункинской долине характеризуются как наиболее ветренными (суховеи, пыльные бури, смерчи). Например, в Торской впадине почти весь апрель (25-27 дней), дуют ветры со скоростью более 15 м/сек. Совпадение по времени готовности растительных горючих материалов к самовозгоранию с периодом сильных и частых ветров может стать главным фактором широкомасштабных (повсеместных) лесных пожаров. На вейниковых и других травяных типах вырубок, на склонах южной экспозиции, особенно значительна пожароопасность весной. Весной на поступление прямой солнечной радиации, которая чаще обуславливает самовозгорание леса, оказывает решающее влияние крутизна и экспозиция склонов. Поэтому весенние пожары чаще возникают на склонах Тункинского хребта, чем на Хамар-Дабане. Рекреационные леса в окрестностях Нилова пустынь, Никольского бора и Аршана являются излюбленными местами отдыха в начале весны и осени (Александровна,2017).

Основными деградационными процессами, протекающими в степных почвах Тункинской долины, являются дефляция и пастбищная эрозия. В меньшей степени степные почвы теряют свое плодородие в результате водной эрозии в период выпадения интенсивных ливней и ирригационной эрозии в условиях орошаемого земледелия. Наряду с климатическими, геоморфологическими, геологическими, биологическими и другими экологическими факторами деградации почв важную роль играют и почвенные свойства, во многом определяющие противодефляционную и противозрозионную их стойкость (Владыченский,2002; Исмуканова,2013).

На территории Тункинской котловины выявлено: более 50 % территории котловинной части занято сельскохозяйственными угодьями, из них 36 % представлены пашнями и разновременными залежами. На рисунке 1 представлены сельскохозяйственные угодия Тункинского национального парка. Распашка приводит к

значительному преобразованию структуры почвенного покрова на всех уровнях его организации, и, в первую очередь, это выражается в упрощении почвенного покрова за счет увеличения размеров элементарных почвенных ареалов и снижения педоразнообразия (Черкашина,2016).

Изреживание или полное исчезновение травяного покрова в результате выпаса приводит к широкому развитию эрозионных процессов (Исмуканова,2013). Изменяются и физические свойства почв. Следствием выпаса является уплотнение, происходящее под механическим воздействием копыт животных. Величина уплотнения почв в первую очередь связана с содержанием гумуса – слабо гумусированные почвы уплотняются в большей степени. Кроме изменения физического состояния почвы при пастьбе скота происходит трансформация и химических свойств почв, наиболее существенной является дегумификация – наиболее значимый, как показывают исследования показатель деградации почв (Исмуканова,2013).

Общая численность скота у тункинских, закаменских и окинских бурят в изучаемый период была по породам следующей: крупного рогатого скота — 22 100 голов, лошадей — 14 774 головы, мелкого рогатого скота — 15 091 голова. Следовательно, удельный вес крупного рогатого скота составлял 43% от всего поголовья, лошадей — 28%, мелкого рогатого скота — 29%.

В результатах исследования И.А. Белозерцевой и А.А. Черкашиной объясняется влияние пастбищной нагрузки на почвенный покров. В слабонарушенных ландшафтах (с пастбищной нагрузкой до 2 гол./га) наблюдаются уменьшение продуктивности растительной массы (в 1,5 раза) и небольшое уплотнение почвы. Средняя степень нарушенности (2–4 гол./га) характеризуется изменением роли и соотношений доминирующих видов травостоя. Происходит уплотнение почвы (до 1,2 г/см<sup>3</sup>), уменьшение продуктивности растительных сообществ (до 5 раз). При сильной степени нарушенности ландшафтов (более 4 гол./га) усиливается разреженность травостоя, изменяется флористический состав сообществ, уменьшается продуктивность растительной массы (до 14 раз), происходит уплотнение почвы (до 1,5 г/см<sup>3</sup>). Для восстановления растительности и почв необходим временный запрет на использование таких земель под пастбища (Белозерцева,2013).



Рис. 1 – Сельскохозяйственные угодья Тункинского национального парка (СканЭкс)

Согласно розе ветров Аршана, Кырена, Иркутска трансграничный перенос загрязняющих веществ осуществляется с востока и северо-востока на запад и северо-запад, но расстояние между Тункинской долиной (п. Аршан) и Иркутском 212 км, что исключает трансграничный перенос в Тункинскую долину. Розы ветров представлен на рисунках 2-5. Крупных промышленных предприятий на территории Тункинского национального парка не наблюдается.

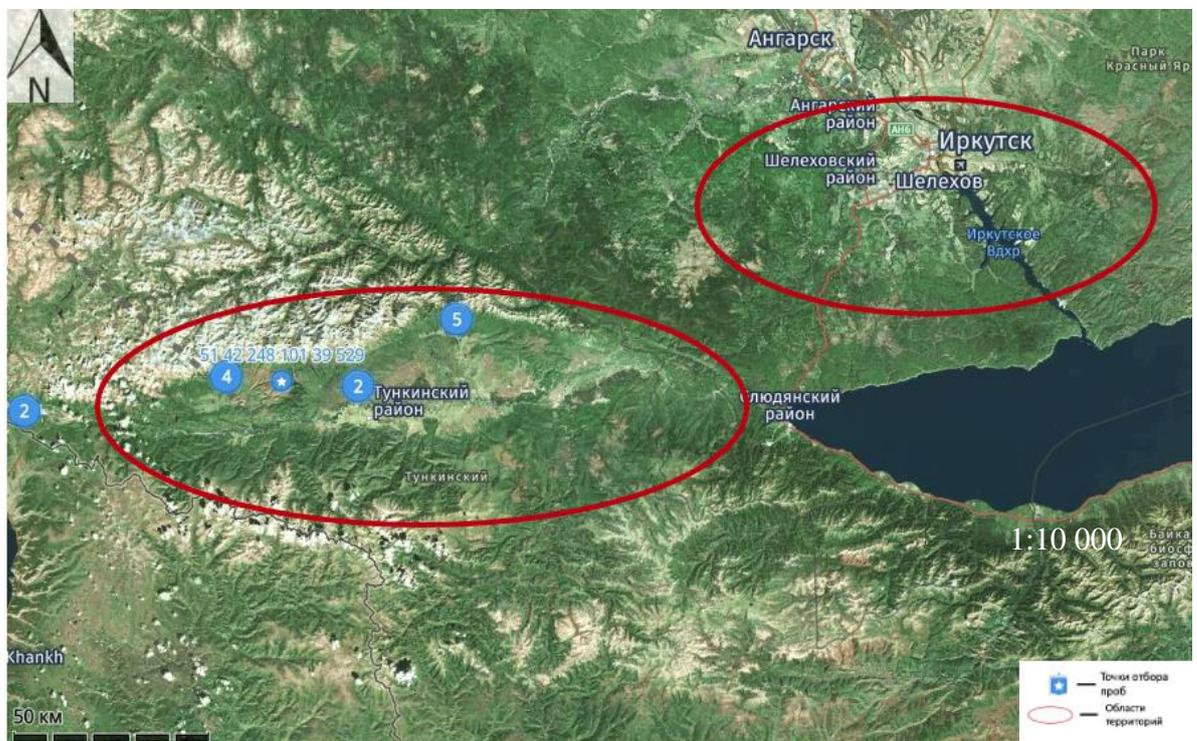


Рис.2- Карта-схема (Guru Maps Pro)

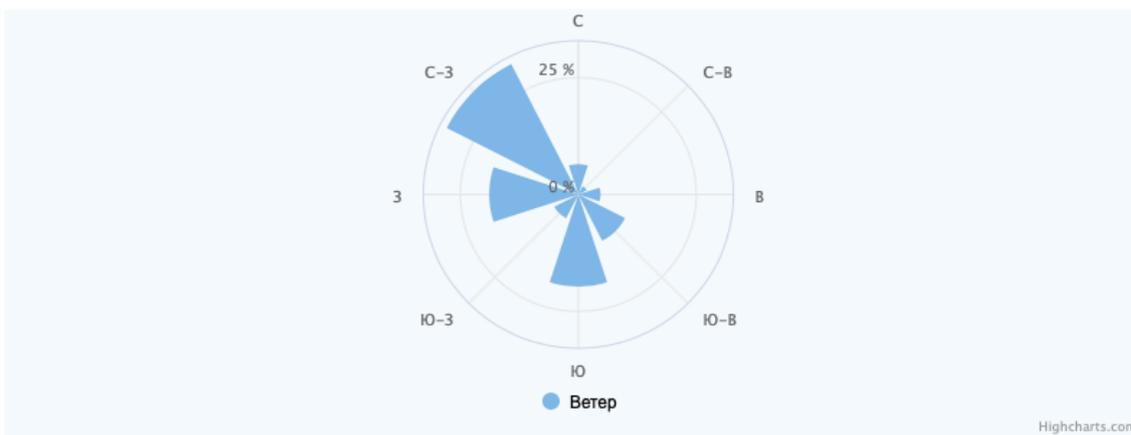


График ветра (направление - откуда дует ветер) в Иркутске, с усредненными значениями согласно нашим данным.

С ▼ Северный	С-В ▲ Северо-Вост...	В ◀ Восточный	Ю-В ▶ Юго-Восточный	Ю ▲ Южный	Ю-З ◀ Юго-Западный	З ▶ Западный	С-З ▲ Северо-Запа...
<b>6.5%</b>	<b>2%</b>	<b>4.7%</b>	<b>11.1%</b>	<b>19.7%</b>	<b>5.7%</b>	<b>18.9%</b>	<b>31.3%</b>

Рис.3 -Роза ветров Иркутск, 2023 (<https://world-weather.ru/archive/russia/arshan/>)

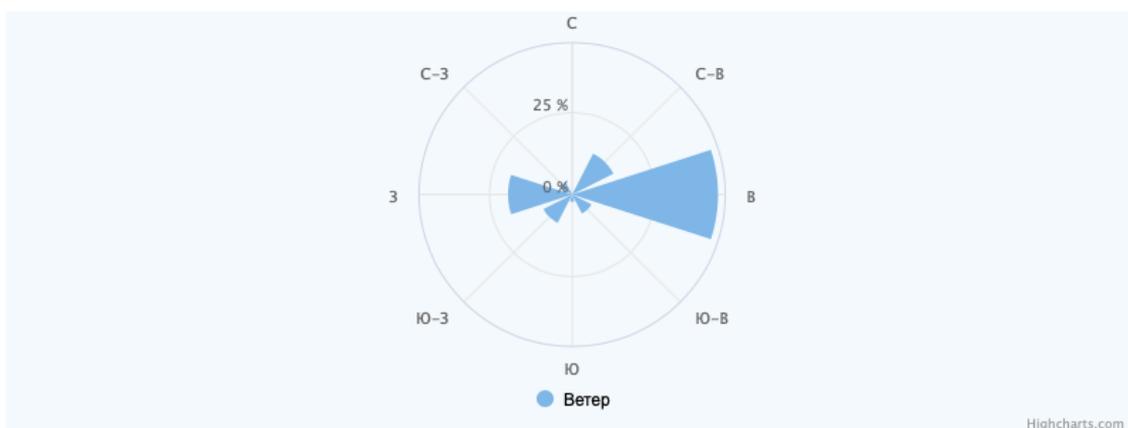


График ветра (направление - откуда дует ветер) в Керене, с усредненными значениями согласно нашим данным.

С ▼ Северный	С-В ▲ Северо-Вост...	В ◀ Восточный	Ю-В ▶ Юго-Восточный	Ю ▲ Южный	Ю-З ◀ Юго-Западный	З ▶ Западный	С-З ▲ Северо-Запа...
<b>0%</b>	<b>14%</b>	<b>44.1%</b>	<b>6.5%</b>	<b>2.2%</b>	<b>9.7%</b>	<b>19.4%</b>	<b>4.3%</b>

Рис.4 – Роза ветров Кырен, 2023 ( <https://world-weather.ru/archive/eritrea/keren/#t2>)

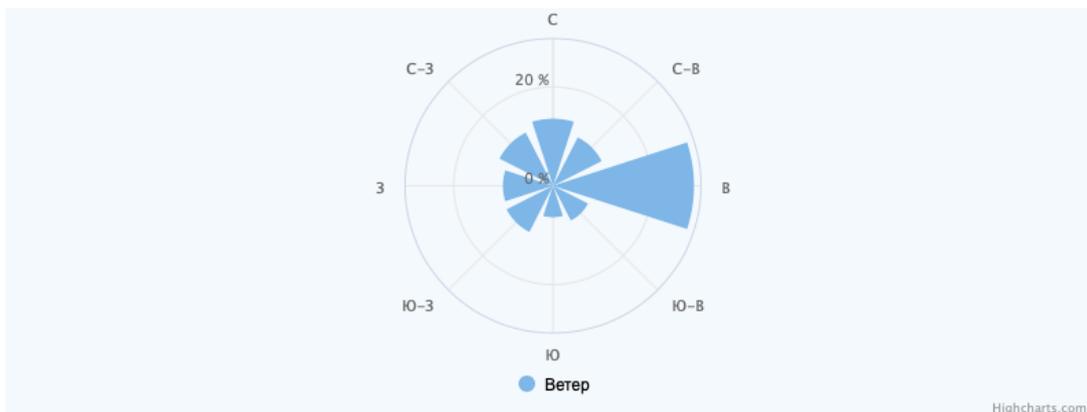


График ветра (направление - откуда дует ветер) в Аршане, с усредненными значениями согласно нашим данным.

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

Рис.5- Роза ветров Аршан, 2023 ( <https://world-weather.ru/archive/russia/arshan/#t2> )

Воздушные массы, двигаясь с востока на запад рассеиваются в пределах 20 км. Так же защитой от загрязняющих веществ, выбрасываемые от производственных предприятий является хребет Тункинские гольцы, который препятствует трансграничному переносу.

Самые ближайшие производственные предприятия, которые могут оказывать негативное воздействие на Тункинскую долину находятся в Иркутской области. Это предприятия 2 класса опасности: Байкальский завод металлоконструкций, Иркутсккабель, Шелеховский асфальто-бетонный завод, Гранит, БайкалПласт.

На территории парка преобладает печное отопление, функционирует цех по производству кирпича.

По официальным данным администрации МО «Тункинский район» в 2021 году Тункинский район посетило более 25 тысяч человек. Экологические тропы, места отдыха и пикников, лесные зоны по данным национального парка посетило около 140 тысяч человек (Тункинская долина... 2022) . Наблюдается ежегодное увеличение количества посетителей в Тункинском районе. Многочисленные минеральные источники в сочетании с сухим солнечным климатом и широко распространенными хвойными лесами сделали этот район популярным как зону курортного отдыха и лечения.

Тункинский национальный парк пользуется спросом в различных направлениях активного отдыха, лечебно-оздоровительного отдыха и также экскурсионно-познавательного туризма.

Тункинский национальный парк делится на несколько зон с различным режимом охраны и использования. Зона заповедного режима - 148,2 тыс. га (13,8 % общей

площади). Зона заказного режима - 103,3 тыс. га (9,6 %). Зона познавательного туризма и рекреационного использования - 594,5 тыс. га (55,5 %). Зона хозяйственного назначения - 225,3 тыс.га (21,0 %) (Особо охраняемые территории... 2022).

Наиболее посещаемыми туристическими местами Тункинского национального парка являются курорт Аршан, расположенный в предгорьях Тункинских Гольцов, санатории и водолечебницы района Нилова Пустынь, курорт Жемчуг. Нилова Пустынь используется как базовый лагерь для организации туристских маршрутов на Шумак, к озеру Тунку-Нур, Ильчир и на Центральное Саянское плоскогорье (Тункинская долина... 2022).

## ГЛАВА 2. СТЕПЕНЬ ИЗУЧЕННОСТИ ВОПРОСА

Черкашина А.А. в своей диссертации выявила высокую пространственную неоднородность климатических, геолого-геоморфологических и фитоценологических условий, что обуславливает формирование на территории Тункинской котловины и ее горного обрамления большого разнообразия почв, принадлежащих к 4 стволам почвообразования, 14 отделам, 56 типам (Черкашина, 2016).

Определяющим фактором дифференциации почвенных профилей на участках песчаных массивов центральной части котловины, являются активные эоловые процессы. Здесь формируются сложные полихронные дефлированно-эолово-аккумулятивные структуры, представленные мозаиками слаборазвитых почв, незакрепленных песков и полноразвитых почв. Возвышающийся над заболоченной центральной частью котловины песчаные массив Бадар имеет выположенную поверхность, относительно однородный литологический состав и в настоящее время отличается слабым проявлением эоловых процессов (Черкашина, 2016).

Черноусенко Г.И. в своей работе посвященной засоленности почв, указывает на то, что тункинская впадина представлена 6 котловинами: Быстринская (восточная), Торская, Тункинская, Туранская, Хойтогольская, Мондинская, в которых в той или иной степени встречаются засоленные почвы. Поверхность впадины имеет полого-всхолмленный рельеф. В центральной части распространены пески (Сосновый бор Бадар), схожие с куйтунами Баргузинской впадины. В верховьях рек Енгарги и Тунки расположены болота (Енгарские и Койморские), образовавшиеся в результате деградации мерзлоты. В Тункинской котловине засоленные почвы встречаются на аллювиальной равнине и в озерно-болотной низине новейшего погружения по окраинам Койморских болот, в других котловинах на выположенных участках долин рек (Черноусенко, 2022).

Также Черноусенко в своем обзоре указывает на то, что в Койморских болотах преобладает перегнойно- торфяно-глеевый мерзлотный солончак. Содержание  $\text{CaCO}_3$  до 18.8%, рН по профилю в пределах 8.1-8.7. Очень сильное засоление (сумма токсичных солей 0.9-2.3%) имеет верхний торфяной горизонт, химизм сульфатно-хлоридный магниевно-натриевый (Черноусенко, 2022). Такие же лугово-болотные солончаки наблюдаются вокруг Мухинских болот в Иволгинской котловине, вокруг оз. Сульфатное в Гусиноозерской котловине, в пойме р. Баргузин и в ряде других мест.

Тем самым Черноусенко в своей работе делает вывод, что химизм засоления сульфатно-хлоридный, с небольшим количеством гипса – 0.3-1.6%, степень засоления до 60 см очень сильная, ниже до 100 см сильная, в нижней части профиля появляется

небольшая токсичная щелочность, обусловленная гидрокарбонатом магния. Содержание карбонатов с максимумом 15% в слое 15-40 см, в остальных горизонтах их значительно меньше – 1-7%, рН в верхней части профиля 7.6, внизу повышается до 8.15-8.3. (Черноусенко, 2022). Обобщая материалы, Черноусенко приходит к заключению, что в Тункинской котловине преобладает засоление солончаков - сульфатное хлоридное магниевое-натриевое, в большой степени обусловленное гидрокарбонатом магния (Черноусенко, 2022).

В своей работе Ишегнев В.В. «Оценка окружающей природной среды по трассе проектируемого нефтепровода «Россия – Китай» на территории национального парка «Тункинский»» утверждает, что четвертичные отложения в межгорных впадинах и на отдельных участках речных долин, а также маломощные слои продуктов выветривания коренных пород и ледниковые и водно-ледниковые образования в горных районах являются основными почвообразующими породами, сформировавшими современный почвенный покров в парке (Ишигенов, 2007).

Щетников А.А. в своей статье «Структура рельефа и новейшая тектоника Тункинского рифта (Юго-Западное Прибайкалье)» указывает на то, что 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).

В статье «Морфологические и физические свойства почвенной массы из криогенных трещин мерзлотных лугово-черноземных почв Забайкалья» Цыбнева Ю.Б. говорится, что криогенные трещины в мерзлотных почвах несут преобразующие профиль функции, сильно усложняя морфологическую организацию почвы. Одним из важнейших базовых показателей почв является его гранулометрический состав, который предопределяет многие почвенные свойства. В почвенной массе трещин большую долю составляет фракция физической глины, что связано с существенно меньшим содержанием здесь песчаных фракций и большим содержанием фракций пыли (Цыбнев и др., 2016).

Для верхних горизонтов почвенной толщи и гумусированной массы характерна реакция среды, близкая к нейтральной (рН 6.5–7.2), а в средней и нижней частях профиля – слабощелочная/щелочная реакция почвенного раствора. Содержание гумуса в почвенной толще резко уменьшается вниз по профилю при переходе от гумусово-аккумулятивного к нижележащим минеральным горизонтам, тогда как по трещине его

снижение происходит значительно медленнее (Цыбнев и др., 2016).

В исследованиях тяжелых металлов в почвах на территории Западного Забайкалья Чимитдоржиева Г.Д. указывает на то, что содержание микроэлементов в органогенном горизонте каштановых почв низкое, кроме свинца (выше ПДК). Металлы в основном связаны с минеральной частью: Cu – 56-66%, Ni – 51-61%, Pb – 61-66% от их валового количества, а Zn почти равномерно распределен в гумусовых веществах и минеральной основе (43-60%). Выявлено, что Zn оказался элементом наибольшего биологического поглощения растительностью в сухих степях Западного Забайкалья. В почвах, как первым, так и завершающим звеном в круговороте химических элементов является гумус, который не только аккумулирует энергию и вещества, но и, разлагаясь, высвобождает новые синтезированные органические соединения для питания микроорганизмов и растений. Поведение металлов в почвах (закрепление, перераспределение, высвобождение) является одной из основных актуальных задач при изучении их трансформации из породы в почву, растения и гумусовые вещества. (Чимитдоржиева, 2022).

Также в своих исследованиях по тяжелым металлам Чимитдоржиева Г.Д. указывает на то, что в породе, подстилающей изученные серые лесные почвы, количество хрома в органогенном горизонте почв значительно и находится в прямой зависимости от его содержания в почвообразующей породе. (Чимитдоржиева, 2018).

В продолжение изучения тяжелых металлов в почвах Западного Забайкалья, Чимитдоржиева Г.Д. приходит к следующему заключению, что изучаемые почвы сухих степей Забайкалья обеднены медью вследствие невысокого их количества в подстилающих почвообразующих породах легкого гранулометрического состава, отсюда ее мало в растительности. Цинка в породах выше кларка, но меньше ПДК, однако его больше накапливается в растительности и отсюда – в гумусовых веществах, где проявляется его биофильность и аналогия с кальцием, когда ощущается в почве его недостаток. Он активен в связи с гумусовыми веществами, в отличие от меди. Такая же реакционная активность наблюдается в захвате гумусовыми веществами никеля и свинца, где, по-видимому, сказываются химические свойства этих элементов, как способность к ионному обмену, комплексообразованию. Отсюда следует, что содержания изучаемых элементов в почвах находятся в связи с их количеством в породах, растениях, а также с захватом их гумусовыми веществами. (Чимитдоржиева и др., 2022).

В исследованиях «Постагрогенная трансформация почв Тункинской котловины» Черкашина А.А. исследовала серогумусовый горизонт естественной дерново-буро-

подзолистой почвы говорит, что данный горизонт отличается накоплением органического вещества в условиях кислой и слабокислой реакции при насыщенности основаниями 45,6 %. Верхняя часть гумусового горизонта, находящаяся непосредственно под лесной подстилкой, содержит значительную часть слаборазложившихся растительных остатков, за счет чего общее количество углерода ( $C_{орг}$ ) в ней составляет 6,9 %. При этом минеральная часть подстилки содержит 9,0 %  $C_{орг}$ . Такая же зависимость обнаружена и в дерново-подбуре, где минеральная часть подстилки содержит 9,78 %  $C_{орг}$  (Черкашина, 2015).

По результатам исследований Белозерцевой И.А. и Черкашиной А.А. «Почвы и их использование в Тункинской котловине» большая часть территории относится к категории слабой и средней степени деградации земель. Такая ситуация во многом объясняется тем, что на изучаемой территории нет промышленных объектов, а максимальное влияние сельского хозяйства проявляется локально. Исторически сложившееся традиционное ведение сельского хозяйства, по результатам исследований на модельных участках Юго-Западного Прибайкалья, поддерживает экосистемы в относительно стабильном состоянии (Белозерцева, 2013).

В проанализированных работах за последние 100 лет по исследованию селитебных территориях Тункинской долины, Силаев А.В. делает вывод, что в большинстве геосистем территории наблюдается переход от преобразовательной динамики к восстановительной. Причиной этого перехода послужили резкое и существенное снижение сельскохозяйственной деятельности, а также образование Тункинского национального парка. Стоит отметить и увеличение площадей с максимальным уровнем антропогенной трансформации в связи с изменившимся типом расселения – переходом от дискретного к локальному, централизованному (Силаев, 2013).

Черкашина А.А. в своей диссертации говорит о том, что почвенный покров Тункинской котловины значительно преобразован антропогенной деятельностью. Около 54% котловинной части, включающей предгорные и аллювиальные равнины, песчаные массивы и озерно-болотную низину занято сельскохозяйственными угодьями. Из них на долю распаханых земель приходится 32%. Доля естественных почв составляет всего 46% площади котловины. Прекращение сельскохозяйственного воздействия на ландшафты инициирует развитие процессов естественного лесовосстановления, в ходе которых происходит восстановление гумусного состояния верхней части профиля бывших пахотных горизонтов. Отмечается физическая и химическая стабилизация органического вещества. При относительно длительном естественном восстановлении (100-150 лет)

структурное состояние гумусовых горизонтов постагрогенных почв, содержание в них общего углерода и азота становится близко к естественным аналогам (Черкашина, 2016).

### ГЛАВА 3. ИССЛЕДОВАНИЯ ПОЧВЕННОГО ПОКРОВА

#### *Полевые методы исследования*

Пробоотбор почв проводился на характерных участках местности Тункинского национального парка. Карта-схема расположения почвенных разрезов представлена на рисунке 6. Пробоотбор почв осуществлялся в соответствии с ГОСТ 17.4.4.02-2017. 21. На месте пробоотбора фиксировались координаты (географическая широта и долгота), высота над уровнем моря, область, район, землепользование, растительные сообщества, антропогенная нагрузка.

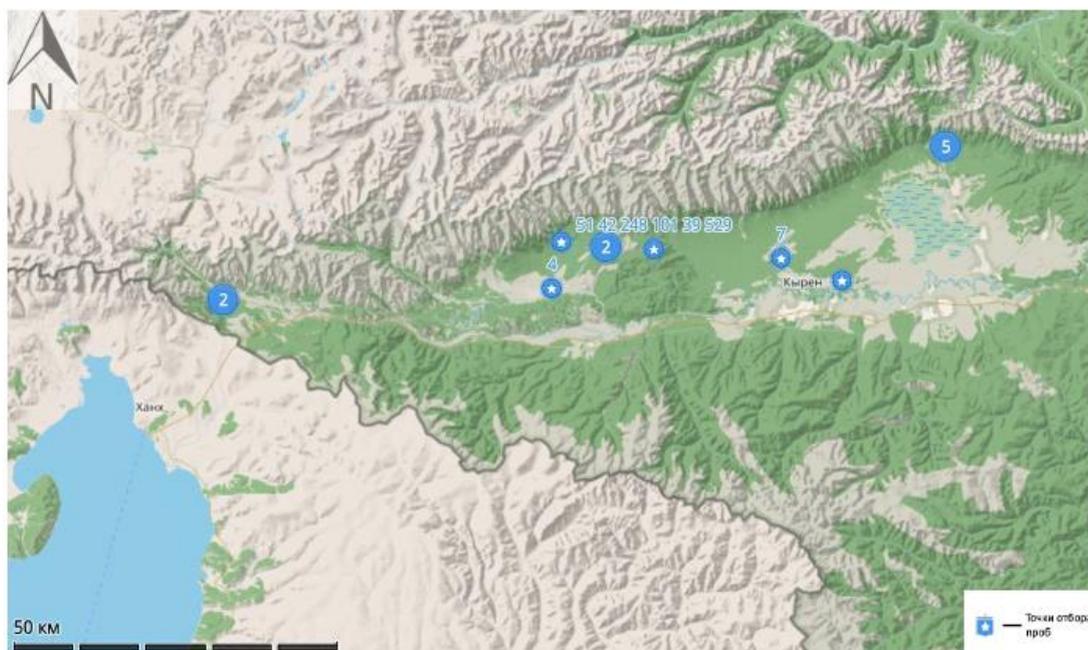


Рис. 6- Карта-схема точек расположения почвенных разрезов (Guru Maps Pro).

Всего было отобрано 52 пробы почв, сделано 14 почвенных разрезов (см. Приложение1).

Почвы были названы в соответствии с классификацией почв России 2004-2008. Названия и описание почв представлены в Приложении 1.

На пространствах национального парка распространены литоземы перегнойно-темногумусовые. Под редколесьями и мохово-кустарничковыми темнохвойными лесами высоких водоразделов и склонов формируются следующие почвы: дерново-подбуры (см. Приложение 1, разрез 2), торфяно-подбуры глеевые. На пологих склонах под хвойными или смешанными мохово-разнотравными лесами на кислых отложениях развиваются грубогумусные буроземы. Под лиственничной и сосново-лиственничной тайгой в средней и нижней частях теневых склонов на бескарбонатных породах развиваются криоземы: торфяно-криоземы (см. Приложение 1, разрезы: 1,5,6,7), дерново-криоземы (см. Приложение 1, разрез 4), в которых наблюдаются процессы криотурбации и оглеения.

Ландшафты заболоченных лесов на торфяно-криоземах глееватых и дерново-подзолисто-глеевых почвах наблюдаются в бассейне р. Енгарги.

Почвы на многолетней мерзлоте имели мощность от 41 см до 52 см, такие как торфяно-перегнойные-железисто глеевые криоземы мощностью 52 см, находящиеся в 150 м от озера Ерганкинское (см. Приложение 1, разрез 7).

Вблизи Окинского озера в березово-сфагновом сообществе были определены торфянно-олиготрофные криоземы, мощностью 41 см, лежащие на многолетней мерзлоте (см. Приложение 1, разрез 6). рН составляет 5,56, что относится к слабокислым почвам.

На сельге в поселке Аршан были определены синлитогенные (стратоземы) почвы, мощностью 84 см (см. Приложение 1, разрез 12). рН данных горизонтов варьирует от 6,45 до 7,83, что показывает на слабощелочную реакцию среды.

На потухшем вулкане Уляборский в берёзово-вейниковом сообществе были определены структурно-метаморфические буроземы грубогумусовые типичные почвы мощностью 65 см (см. Приложение 1, разрез 11).

#### 4. МЕТОДЫ ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКОГО АНАЛИЗА ПОЧВ

Для определения физико-химических свойств почвы были использованы методы из пособия «Методы физико-химического анализа почв и растений» (Опекунова, и др., 2015).

##### 4.1. Определение кислотности почвы

Кислотность почв бывает двух видов – активная (актуальная) и потенциальная. Активная кислотность обусловлена ионами  $H^+$  или  $Al^{3+}$ , находящимися в почвенном растворе. Потенциальная кислотность определяется поглощенными катионами  $H^+$  и  $Al^{3+}$  и проявляется при взаимодействиях почв с растворами солей. Потенциальную кислотность делят на обменную и гидролитическую.

В данной работе была определена активная и обменная кислотность почв. Для этого из 52 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 потенциометра, полученные при анализе водных вытяжек, будут соответствовать активной кислотности, а при анализе солевых суспензий – обменной части потенциальной кислотности.

##### 4.2. Определение механического состава почвы

Механическим составом называют относительное содержание в почве механических элементов различного диаметра. Для экологических исследований механический состав почвы имеет огромное значение, так как он во многом определяет условия накопления и миграции химических элементов, а также устойчивость почвы к антропогенному воздействию. Глинистые почвы накапливают больше микроэлементов, чем песчаные. Наиболее устойчивыми к антропогенным воздействиям являются суглинистые почвы, наименее устойчивы пески. Супеси занимают промежуточное положение.

Для характеристики почв по механическому (гранулометрическому) составу предложено несколько классификаций (В.Р. Вильямс, П.М. Сибирцев, С.А. Захаров и др.). В настоящее время у нас в стране широко применяют классификацию Н.А. Качинского, основанную на соотношении физического песка и физической глины в почве.

Гранулометрический состав оказывает существенное влияние на водно-физические и физико-механические свойства почвы, ее водный и воздушный режим, окислительно-

восстановительные условия, поглотительную способность, накопление в почве гумуса и зольных элементов. Наибольшее влияние на эти качества оказывает содержание в почве фракции <0,01мм – физической глины– наиболее легкой составляющей почвенной массы, ответственной за связывание воды, прохождение окислительно-восстановительных реакций, образование почвенных коллоидов. В связи с этим, классификация почв по гранулометрическому составу строится на определении процентного содержания в них физической глины.

Определение механического состава проводилось по следующему методу. На технических весах брали навеску 20 г. Прибавляли 4% раствор пиррофосфата натрия из расчета на каждые 10 г почвы: для засоленных и загипсованных почв – 20 мл, для карбонатных – 10 мл, для незасоленных – 5 мл. Почву смачивали по каплям до тестообразного состояния и растирали ее в течение 10 минут резиновым пестиком, затем добавляли остаток пиррофосфата натрия и оставляли стоять на 30 минут.

По истечению 30 минут добавляли воду, перемешивали пестиком и сливали пробу через сито с отверстиями 0,25 мм в литровый цилиндр. Тщательно промывали на сите фракцию крупного и среднего песка. Суспензию в литровом цилиндре доводили до метки. Фракцию крупного и среднего песка перенесли во взвешенный бюкс, выпаривали на плитке, высушили в сушильном шкафу при температуре 105°C, после того как навеска остынет до комнатной температуры, взвешивали на аналитических весах.

#### **4.3. Определение тяжелых металлов в почвах Тункинского национального парка**

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, и. др.,2015).

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.

## 5. ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА СОСТОЯНИЯ ПОЧВ ТУНКИНСКОГО НАЦИОНАЛЬНОГО ПАРКА

### 5.1. Кислотность, гумус и механический состав почв Тункинского национального парка

Для определения гумуса и механического состава на изучаемой нами территории были выбраны следующие участки: разрез 9, 11, 14 – находящиеся в поселке Аршан. Карта-схема точек отбора проб в поселке Аршан представлена на рисунке 7. Разрез 9 находится на территории дацана, расположен на территории подвергающейся антропогенной нагрузке. 11 разрез расположен на потухшем вулкане «Уляборский», который также подвергается антропогенной нагрузке. 14 разрез расположен на возвышенности горы «Пик Любви». Данные представлены в таблицах 2-3.

Таблица 2

Показатели рН почв Тункинского национального парка

№ разреза/ название	№п/ п	рН вод- ный	рН соле -вой	№ разреза	№п/ п	рН водны й	рН солево й
1.Типичные торфяно олиготрофные криоземы	1	7,18	6,10	9.Дерново-подзолистые среднемощные	27	8,35	7,72
2.Гумусовые маломощные неглубокоосветленные дерново-подбуры	2	5,12	3,79	10.Агроземы текстурно-дифференцированные палево-темногумусовые среднемощные	28	7,65	7,21
	3	4,78	3,59		29	7,78	6,93
	4	5,05	4,10		30	8,05	7,36
3.Альфегумусовые маломощные дерново-подзолы	5	7,48	6,69	11.Структурно-метаморфические буроземы грубогумусовые типичные	31	8,02	7,21
	6	7,88	6,57		32	5,89	5,29
	7	7,21	6,49		33	6,37	5,08
4.Криоземы железисто-метаморфические	8	7,84	6,87	12.Синлитогенные (стратоземы) почвы	34	7,96	6,57
	9	6,63	5,68		35	8,80	7,17
	10	6,38	5,42		36	7,95	6,63
	11	6,97	5,86		37	7,93	6,84
5.Дерново-подзолистые	12	7,28	5,46	38	8,02	7,47	
	13	6,32	4,53	39	7,37	6,43	
	14	7,59	7,23	40	6,75	7,83	
	15	7,21	7,08	41	8,08	6,81	
6.Криоземы торфянно-олиготрофные	16	6,22	5,49	42	7,91	6,68	
	17	6,29	5,56	43	8,02	7,08	
7.Аллювиально торфянно-перегнойные -	18	6,33	6,17	44	8,03	6,67	
	19	7,44	6,73	45	8,04	6,45	
	20	8,00	6,93	46	8,15	6,59	

железисто глеевые криоземы							
8.Дерново- железисто-солоди маломощные	21	6,57	5,57	13.Дерново- подбуры среднемощные	47	6,11	5,87
	22	5,59	4,04		48	5,98	4,77
	23	5,83	5,23		49	6,98	5,38
	24	6,84	5,97	14.Подбуры оподзоленные маломощные	50	7,45	6,56
9	25	5,80	4,88	51	8,35	7,72	
	26	6,08	4,75				

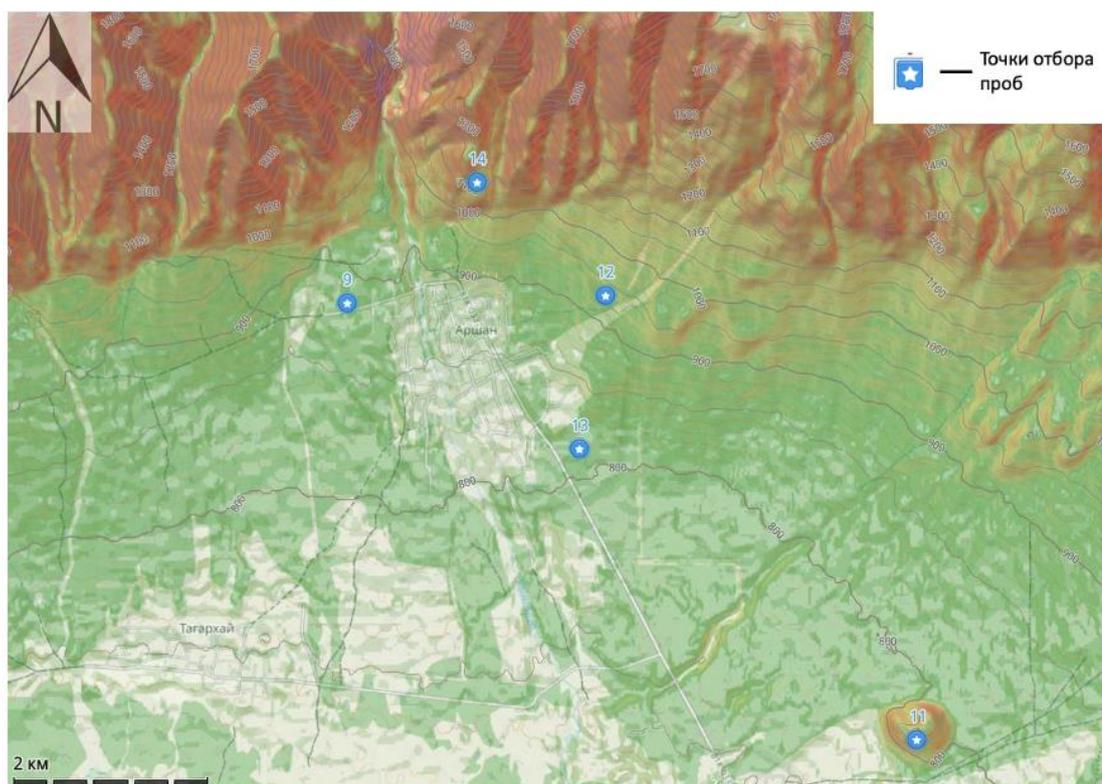


Рис.7 – Карта-схема точек отбора проб в поселке Аршан (Guru Maps Pro)

Реакция среды всех отобранных почв (за исключением разрезов №2, 12, 13 (см. Приложение 1)), близка к нейтральной в верхней части профиля и слабощелочная к нижней, что свидетельствует о преимущественной карбонатности почвообразующих пород региона (Белозерцева, 2013). Показатели pH почв Тункинского национального парка представлены в таблице 2. В то же время снижение вниз по профилю поглощенных оснований обусловлено значительно более легким гранулометрическим составом нижней части профиля (фракции мелкого песка и крупной пыли составляют 60–90 % от всей почвы) из которой мобильная форма щелочноземельных элементов выносятся с внутрипочвенными потоками. Данные физико-химических характеристик почвенного покрова Тункинской долины, поселка Аршан представлены в таблице 3.

Физико-химические характеристики почвенного покрова Тункинской долины,  
поселок Аршан (составлено автором)

Название почвы	N разреза, генетический горизонт, глубина, см	pH <sub>H2O</sub>	Гумус, %
Структурно-метаморфические буроземы грубогумусовые типичные на вулканических отложениях	№11 O (0-3)	5,9	10,03
	№11 ВНF (3-31)	6,4	9,61
	№11 ВНF (31-41)	7,9	3,12
	№ 11 В (41-65)	8,8	4,11
Дерново-подзолистые среднетощие на моренных отложениях	№9 O (0-3)	5,8	8,10
	№9 АУ (3-13)	6,1	3,03
	№9 В (13-35)	8,3	3,87
Подбуры оподзоленные маломощные на делювиальных отложениях	№14 АВF (2-12)	7,4	7,71
	№14 В <sub>2</sub> (15-30)	8,3	7,29

Верхние горизонты некоторых почв обладают нейтральной реакцией, что говорит о выщелачивании карбонатов, т. е. о промывном режиме почв. С глубиной резко снижается количество гумуса и повышается щелочность. (Белозерцева, 2013). Так в дерново-подзолистых почвах (см Приложение 1, разрез 9) в верхних горизонтах 8% гумуса (см. таблица 3), то на глубине от 40см происходит резкое снижение гумуса до 3%. Это можно объяснить наличием подземных минеральных источников, содержащих соединения солей, которые подщелачивают почву (Лопатовская, 2009).

В подбурах оподзоленных на подножье «Пика любви» (см. Приложение 1, разрез 14) наблюдается повышение реакции от слабощелочной до щелочной и с содержанием гумуса от 7% в верхнем горизонте, нижнем – 8%.

Таблица 3 (продолжение)

Физико-химические характеристики почвенного покрова Тункинской долины, поселок Аршан (составлено автором)

NN п/п	Название почвы	N разреза, генетический горизонт, глубина, см	Количество фракций, в % к сухой почве								Механический состав
			1-0,25 мм	0,25-0,05 мм	0,05-0,01 мм	0,01-0,005 мм	0,005-0,001 мм	<0,001 мм	Физическая глина <0,01 мм	Физический песок >0,01 мм	
1	Дерново-подзолистые среднемощные на моренных отложениях	№11 О (0-3)	6,20	44,26	21,23	1,75	12,57	13,97	28,30	71,70	Суглинок легкий пылевато-песчаный
3		№11 ВНФ (31-41)	6,16	24,32	36,47	5,87	11,06	16,09	33,02	66,98	Суглинок средний иловато-пылеватый
4		№ 11 В (41-65)	3,30	95,02	1,16	0,14	0,21	0,17	0,52	99,48	Песок рыхлый легкий мелкозем
6	Структурно-метаморфические буроземы грубогумусовые типичные на вулканических отложениях	№9 АУ (3-13)	15,45	46,09	20,28	2,27	2,27	13,64	18,18	81,82	Супесь пелевато-песчаная
7		№9 В (13-35)	25,63	53,58	5,80	1,84	2,02	11,13	14,99	85,01	Супесь иловато-песчаная
8	Подбуры оподзоленные маломощные на делювиальных отложениях	№14 АВФ (2-12)	15,77	54,54	21,44	0,72	7,54	9,99	18,25	81,75	Супесь иловато-песчаная
9		№14 В <sub>2</sub> (15-30)	24,47	27,7	16,96	7,37	7,76	15,74	30,87	69,13	Суглинок средний иловато-песчаный

Также на щелочность почвы влияет вулканическая активность, происходившая на данной территории много лет назад. Тому доказательством является разрез №11 - дерново-подзолистые почвы на потухшем вулкане Уляборский, с показателями pH в нижнем горизонте на глубине от 30см - 8,80 (см. таблица 2) и содержание гумуса соответственно снижается от 10 до 3% (см. таблица 3).

Наибольшей щелочностью выделяется разрез 12 - синлитогенные (стратоземы) почвы расположенный на сельге. Из-за спешшего селя образовались насыпные горизонты, в которых не происходит выщелачивания карбонатов.

Исходя из представленных данных в таблице 3 (продолжение) – почвы поселка Аршан – высокий процент физического песка, и определяются как супесь и суглинистые. Исходя из вышесказанного подтверждает, что почвообразующими породами служат делювиальные и делювиальные карбонатные пески, супеси и легкие суглинки. По результатам анализа встречаются суглинки средние легкие, а также супеси и пески-разного механического состава почвы.

## 5.2 Подвижные формы тяжелых металлов в Тункинском национальном парке

Почва – основной источник тяжелых металлов (ТМ), поступающих в пищевые цепи, поэтому важно было провести анализ для экологической оценки ландшафтов Тункинского национального парка.

Токсичное действие тяжелых металлов также связано с формой их нахождения в почве. Растения способны поглощать из почвы только те соединения, которые находятся в почвенном растворе. Большинство тяжелых металлов относятся к микроэлементам - малые дозы этих элементов необходимы растениям и животным для нормальной жизнедеятельности, однако повышение их концентрации приводит к угнетению живых организмов.

По степени опасности тяжелые металлы подразделяются на три класса 1-й — высокоопасные (**Pb, Zn, Cd, As, Se, F, Hg**), 2-й — умеренно опасные (**B, Co, Ni, Cu, Cr**), 3-й — малоопасные (**Ba, V, W, Mn, Sr**). В ходе наших исследований были рассмотрены следующие элементы: **Pb, Zn, Cd, Ni, Cu, Cr, Ba, V, Mn, Sr** и **Fe**.

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. Содержание тяжелых металлов (Mn (379 мг/кг), Zn (45,5 мг/кг), Cu (21,4 мг/кг), Co (4,8 мг/кг), Ni (41,2 мг/кг), Pb (12,5 мг/кг), Cr (20,8 мг/кг), Cd) в исследуемых почвах и растительности не превышает их кларковых значений и

имеющихся ПДК (Нимбуевой, 2007). 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 ванадия и марганца в качестве норматива были взяты кларки этих металлов по Виноградову (1962).

Анализ почвенных образцов был направлен на выявления подвижных форм тяжелых металлов в Тункинском национальном парке: Cd (ОДК – 2,0 мг/кг), Co (ПДК – 5,0 мг/кг), Cr (ПДК – 6,0 мг/кг), Cu (ПДК – 3,0 мг/кг), Ni (ПДК – 4,0 мг/кг), Pb (ПДК – 6,0 мг/кг), Zn (ПДК – 23,0 мг/кг), V (ПДК – 90 мг/кг), Mn (ПДК- 1000 мг/кг).

Проведя статистическую обработку данных, можно выделить некоторые закономерности, отражающие особенности миграции подвижных форм тяжелых металлов в Тункинской долине. Средние значения рассчитывались с помощью стандартных функций Microsoft Excel, таких как СРЗНАЧ – для вычисления среднего значения для каждой территории; МЕДИАНА – для определения значения медианы; СЧЁТЗ – для вычисления количества проб для каждой территории; МИН и МАКС – для нахождения минимального и максимального значения содержания элемента в пробах. Коэффициент вариации - КОВАРИАЦИЯ.В – для средних произведений отклонений для каждой пары точек в двух наборах данных проб. Статистические характеристики подвижных форм ТМ в почвах органогенного горизонта Тункинского национального парка (мг/кг) представлены в таблице 4.

Таблица 4

Статистические характеристики подвижных форм ТМ в почвах органогенного горизонта Тункинского национального парка (мг/кг)

Элемент	Органогенный горизонт (О)					
	Min	Max	Медиана	Среднее арифметическое	Среднее квадратическое отклонение	Коэффициент вариации, %
Fe	16,4	516	44,6	123,5	153,4	<b>124</b>
Mn	15,4	224,2	81,4	94,6	67,5	71
Ni	0,4	1,8	0,9	0,9	0,5	52
Ba	17,5	156,4	72,3	74,9	44,6	59
Cd	0,1	0,5	0,3	0,3	0,2	50
Cr	0,2	1,2	0,5	0,5	0,3	60
Cu	0,3	9,8	2,7	2,9	2,3	78
Pb	0,2	6	0,8	1,1	1,5	<b>126</b>

Sr	8	91	29	34,7	23,9	69
Zn	0,7	24,2	8	7,9	5,8	74
V	0,05	0,3	0,1	1,6	0,1	45

При подсчете коэффициента вариации можно сделать следующие выводы: средним варьированием (коэффициент вариации 30-60%) характеризуется никель, барий, кобальт, ванадий, хром; высоким (коэффициент вариации 60-100%) – марганец, медь, цинк; аномально высоким (коэффициент вариации больше 100%) – железо, свинец. Аномально высокий коэффициент вариации свинца предположительно можно отнести к природным условиям. При высоких значениях рН закрепляется в почве химически в виде гидроксида, фосфата, карбоната и Рb-органических комплексов. Высокий коэффициент вариации железа также обуславливается щелочностью почв. Железо относится к трудно растворимому металлу, из-за этого он плохо поглощается растениями, тем самым происходит большее накопление.

Для сравнения данных по значениям подвижной формы тяжелых металлов на территории Тункинского Национального парка была взята магистратская диссертация Щербаковой Ирины «Оценка экологического состояния ландшафтов Тункинской долины» 2021 года. Исследования подвижных форм тяжелых металлов были проведены на территории поселка Аршан, для остальных почвенных разрезов были взяты значения ПДК/ОДК.

Среднее значение подвижных форм железа в органогенном горизонте (О) на территории Тункинского национального парка составляет 123,5 мг/кг. Максимальное содержание – 516 мг/кг – вблизи озера Ергангинское, на торфяно-перегнойных криоземах. Минимальное содержание – 16,4 мг/кг - дерново-железистых. Аномальных превышений железа в сравнении с 2021г. – не наблюдается.

Среднее значение подвижных форм марганца в органогенном горизонте (О) на территории Тункинского национального парка составляет 94,6 мг/кг. Максимальное содержание – 224,2 мг/кг - вблизи озера Ергангинское, на торфяно-перегнойных криоземах. Минимальное содержание – 15,4 мг/кг - дерново-железистых. Аномальных явлений не наблюдается, наоборот в исследованиях за 2021 было выявлено 357мг/кг в торфяных литоземах. Данное явление можно объяснить тем, что марганец поглощается растениями. Также наблюдается взаимосвязь железа и марганца. Марганец образуется в почвах богатых железом и в верхних горизонтах вследствие его фиксации органическим веществом.

Среднее значение подвижных форм никеля в органогенном горизонте (О) на территории Тункинского национального парка составляет 0,9 мг/кг. Максимальное содержание – 1,8 мг/кг – стратоземы. Минимальное содержание – 0,4 мг/кг – железистые криоземы. Превышений не наблюдается.

Среднее значение подвижных форм бария в органогенном горизонте (О) на территории Тункинского национального парка составляет 74,9 мг/кг. Максимальное содержание – 156,4 мг/кг – на потухшем вулкане «Уляборский» в буроземах. Минимальное содержание – 17,5 мг/кг. Имеются аномальные превышения бария в 1,5 раза в сравнении с 2021 года анализами, возможно это связано с местом отбора проб – на вулканических горных породах барий сохраняется.

Среднее значение подвижных форм кадмия в органогенном горизонте (О) на территории Тункинского национального парка составляет 0,3 мг/кг. Максимальное содержание – 0,5 мг/кг. Минимальное содержание – 0,1 мг/кг. (самый подвижный элемент)

Среднее значение подвижных форм хрома в органогенном горизонте (О) на территории Тункинского национального парка составляет 0,5 мг/кг. Максимальное содержание – 1,2 мг/кг. Минимальное содержание – 0,2 мг/кг.

Среднее значение подвижных форм меди в органогенном горизонте (О) на территории Тункинского национального парка составляет 2,9 мг/кг. Максимальное содержание – 9,8 мг/кг - стратоземы. Минимальное содержание – 0,3 мг/кг. В сравнении с работой «Оценка экологического состояния ландшафтов Тункинской долины» Щербаковой Ирины за 2021 год – наблюдается превышение меди в 1,5 раза в исследованиях за 2022 год. Скорее всего это связано с природными процессами. Подвижные формы тяжелых металлов достаточно неустойчивы в супесчаных и легких суглинках. Также на наличие подвижных форм тяжелых металлов влияет выпадение осадков, чем больше выпадает осадков, тем меньше содержание подвижных форм ТМ в почве.

Среднее значение подвижных форм свинца в органогенном горизонте (О) на территории Тункинского национального парка составляет 1,1 мг/кг. Максимальное содержание – 6 мг/кг. Минимальное содержание – 0,2 мг/кг.

Среднее значение подвижных форм стронция в органогенном горизонте (О) на территории Тункинского национального парка составляет 34,7 мг/кг. Максимальное содержание – 91 мг/кг. Минимальное содержание – 8 мг/кг.

Среднее значение подвижных форм цинка в органогенном горизонте (О) на территории Тункинского национального парка составляет 7,9 мг/кг. Максимальное

содержание – 24,2 мг/кг. Минимальное содержание – 0,7 мг/кг. Превышение цинка наблюдается в 20 раз в сравнении за период исследований 2021г.

Среднее значение подвижных форм ванадия в органогенном горизонте (О) на территории Тункинского национального парка составляет 1,6 мг/кг. Максимальное содержание – 0,3 мг/кг. Минимальное содержание – 0,05 мг/кг.

Распределение подвижных форм тяжелых металлов в органогенном горизонте в Тункинском национальном парке показано на диаграммах, на следующих рисунках 8-18.

Относительно содержания других элементов, концентрации **железа** достаточно высокие в пробах. Наибольшее содержание железа наблюдается в разрезе №7 – вблизи озера Ергангинское, на торфяно-перегнойных криоземах, в разрезе №2 – дерново-подбурых почвах 502 мг/кг который находится в Ниловой Пустыне. В дерново-подзолистых (см. Приложение 1, разрез 9) наблюдается 367 мг/кг, который находится в поселке Аршан у Хойморского дацана «Бодхидхарма». Распределение железа в органогенном горизонте почв Тункинского национального парка представлено на рисунке 8.



Рис.8- Распределение Fe в органогенном горизонте в Тункинском национальном парке

Содержание **марганца** не превышает кларка по Виноградову (1962г.). Распределение марганца в органогенном горизонте почв Тункинского национального парка представлено на рисунке 9. Наибольшее содержание марганца наблюдается в разрезе №7 – вблизи озера Ергангинское на торфяно-перегнойных криоземах. Накопление марганца в почвах является процессом почвенно-растительного антогонизма. В разрезе №7 присутствовало 70% не перегнившей органики.

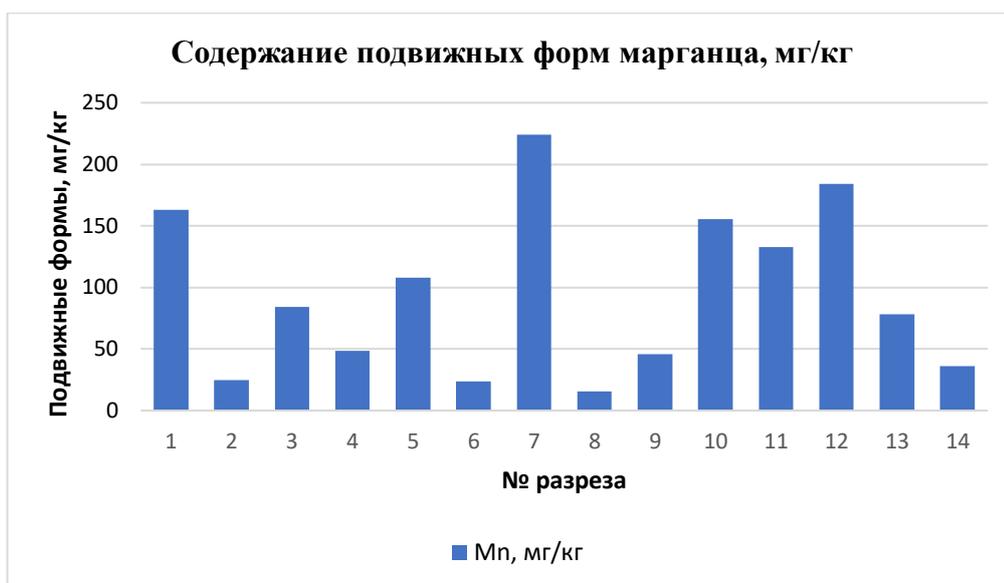


Рис. 9- Распределение Mn в органогенном горизонте в Тункинском национальном парке

**Никель.** Ni (ПДК – 4,0 мг/кг). Содержание никеля не превышает ПДК. Распределение никеля в органогенном горизонте почв Тункинского национального парка представлено на рисунке 10. Однако наблюдается наибольшая миграция никеля в поселке Хурай-Хобок на потухшем вулкане Уляборский и поселке Аршан на склоне сельге - разрезах 11 и 12 в березово вейниковых сообществах соответственно. Накопление никеля происходит в верхних горизонтах, что говорит о биогенной аккумуляции.



Рис. 10- Распределение Ni в органогенном горизонте в Тункинском национальном парке

**Барий.** Наибольшее содержание бария наблюдается на разрезе 11 в буроземах, на потухшем вулкане Уляборский – 156 мг/кг. Распределение бария в органогенном горизонте почв Тункинского национального парка представлено на рисунке 11. В разрезе №5 на дерново-подзолистых почвах – 147 мг/кг. В основном в тункинском национальном парке содержание бария варьирует от 17 мг/кг до 156мг/кг. Источником бария являются карбонатиты, которые сформировались в позднем мезозое на Юго-Западе Забайкалья

(Аршанское) (Бурцева, 2012). В почвах барий легко мобилизуется в различных условиях, поэтому его концентрации в почвенных растворах обнаруживают значительные вариации. В почве возможно проявление антагонистического взаимодействия бария с Mg и Sr.



Рис. 11- Распределение Ba в органогенном горизонте в Тункинском национальном парке

Содержание Cd (ОДК – 2,0 мг/кг) – не превышает допустимых значений ПДК. Распределение кадмия в органогенном горизонте почв Тункинского национального парка представлено на рисунке 12. Наибольшее содержание **кадмия** наблюдается в разрезе №9 – дерново-подзолистых почвах в поселке Аршан у Хойморского дацана «Бодхидхарма». Адсорбция кадмия глинами имеет существенное значение в кислом диапазоне pH. При pH выше 7,5 сорбированный почвой кадмий перестает быть легкоподвижным. Такие разрезы как 14 с pH 7,9. В торфяно-олиготрофных (разрез 6) значения pH 6,26 и подвижность кадмия 0,12 мг/кг. В любой почве активность кадмий определяется величиной pH. Только в кислых почвах органическое вещество и полуторные окислы в значительной степени могут контролировать подвижность соединений кадмия.



Рис. 12- Распределение Cd в органогенном горизонте в Тункинском национальном парке

Распространение **хрома** на всей территории Тункинского национального парка практически отсутствует. Тункинский национальный парк считается достаточно чистой территорией, не имеющей промышленных предприятий. Наличие хрома в почве обусловлено почвенно-растительным антогонизмом. Наибольшее содержание подвижных форм хрома наблюдается в разрезе №9 вблизи с Дацаном. Распределение хрома в органогенном горизонте почв Тункинского национального парка представлено на рисунке 13.

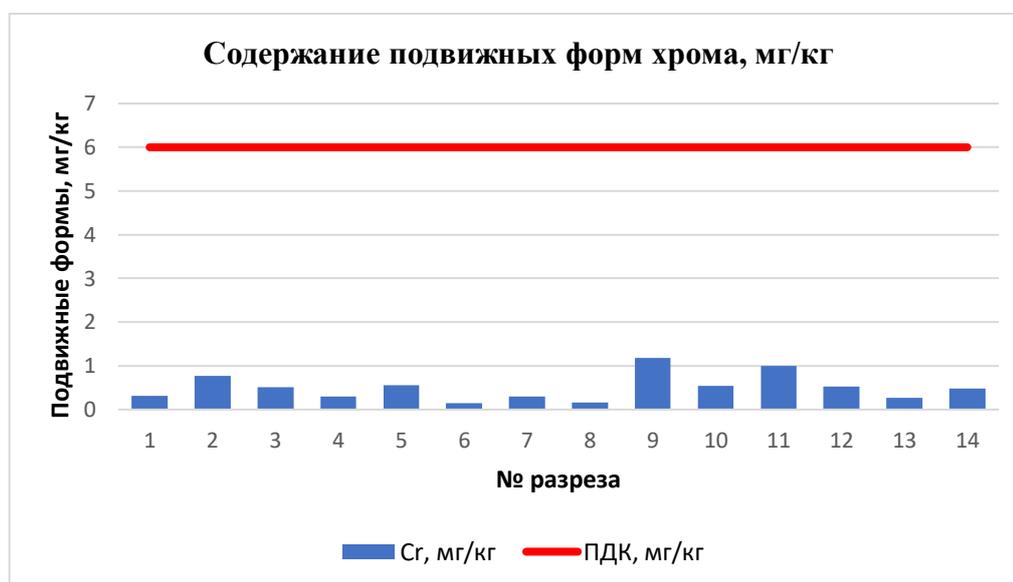


Рис. 13- Распределение Cr в органогенном горизонте в Тункинском национальном парке.

**Свинец Pb** (ПДК – 6,0 мг/кг). Наибольшее содержание свинца (6,02 мг/кг) наблюдается в Ниловой пустыне на торфяно-олиготрофных криоземах. Распределение свинца представлено на рисунке 14. Накопление свинца в торфяных почвах обусловлено

биогенным накоплением данного элемента в растениях (Третьяков, 1990). Разрез №9 подвергается антропогенному воздействию, так как он находится вблизи автомобильной дороги. Свинец ассоциируется главным образом с поверхностью глинистых минералов, оксидами Mn, гидроксидами Fe и Al и органическими соединениями. В некоторых почвах свинец может концентрироваться в частицах карбоната кальция или в фосфатных конкрециях.

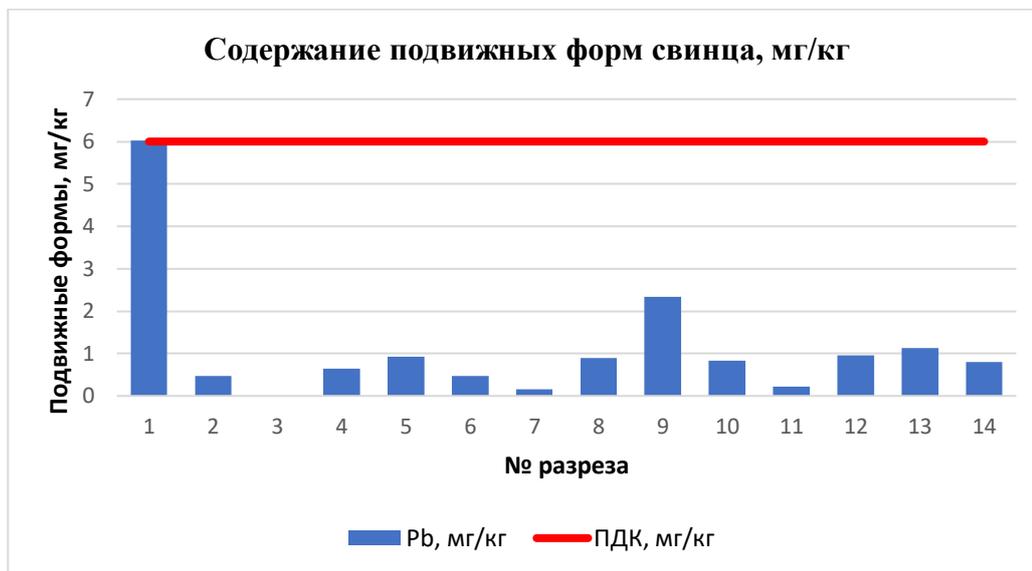


Рис. 14- Распределение Pb в органогенном горизонте в Тункинском национальном парке.

**Медь.** Cu (ПДК – 3,0 мг/кг). Превышение меди по ПДК присутствует практически на всех отобранных площадках. Распределение меди представлено на рисунке 15. Наибольшее содержание меди было зафиксировано на разрезе №12- 9,7 мг/кг с щелочной средой реакции pH - 8 (Третьяков, 1990). В криоземах, как упоминалось ранее, миграция ТМ затруднена. pH в олиготрофных криоземах (разрезы 6,7) варьируется от нейтральной до слабощелочной. Разрез №4 имеет среду pH – 6 и содержание подвижных форм меди 5 мг/кг. Разрез №7- имеет среду pH-7 и 1,2 мг/кг соответственно. Медь является одним из элементов мигрирующем в атмосферу при пожарах. Исходя из вышеприведенных данных можно сделать вывод, что существенное влияние на подвижность металлов оказывает pH почвы. В кислом интервале pH подвижность многих ТМ повышена и уменьшается по мере нейтрализации кислотности среды (Третьяков, 1990). Так же катионы взаимодействуют с органическими и минеральными соединениями и могут осаждаться такими анионами как сульфид, карбонат и гидроксид.

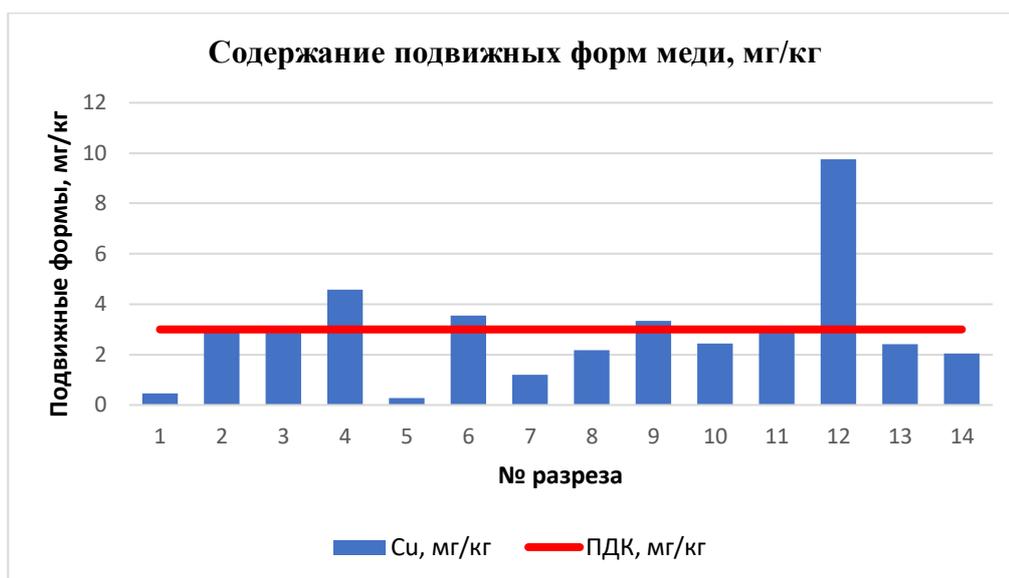


Рис. 15- Распределение Cu в органогенном горизонте в Тункинском национальном парке

Наибольшее содержание **стронция** наблюдается в разрезе №10 – агроземы, вблизи озера Асанур. Данная территория подвергалась антропогенному воздействию и использовалась под сельскохозяйственные угодья. Накопление стронция на данном участке произошло из-за внесения органоминеральных удобрений. Тем не менее ПДК (150 мг/кг) подвижных форм стронция на территории Тункинского национального парка не превышено. В криоземах (разрезы №4,6,7) просматривается малое содержание стронция. Наличие стронция можно также обосновать наличием на данной территории сформировавшимися карбонатами, в которых содержатся в повышенных количествах стронций, барий, уран и торий. Распределение стронция в органогенном горизонте почв Тункинского национального парка представлено на рисунке 16.

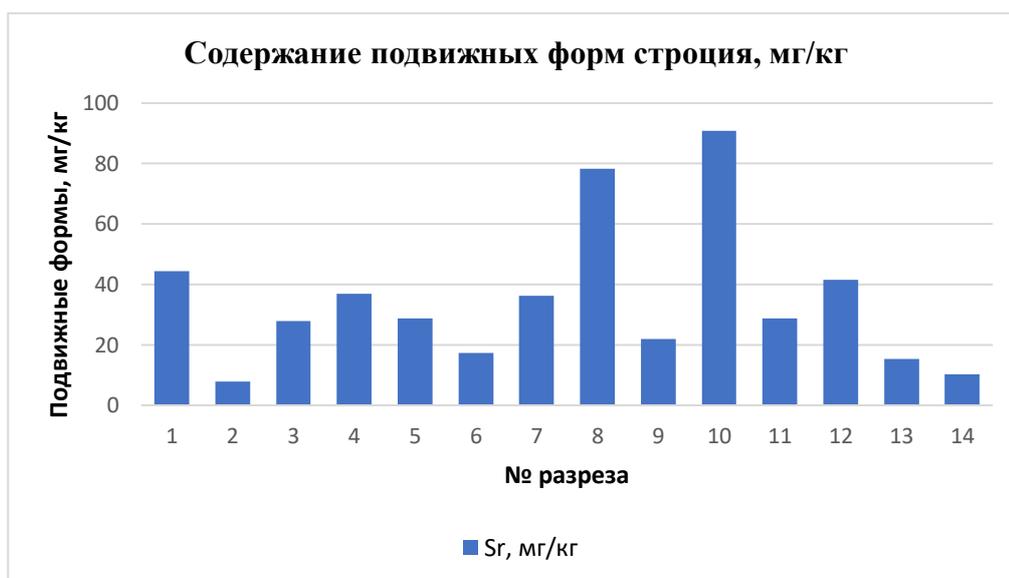


Рис. 16- Распределение Sr в органогенном горизонте в Тункинском национальном парке

Содержание **цинка** (ПДК – 23,0 мг/кг) превышает по ПДК в разрезе №1 (24 мг/кг), в Ниловой пустыне на торфяно-олиготрофных криоземах, что обуславливается наличием многолетней мерзлоты, которая является барьером для миграции. Распределение цинка в органогенном горизонте почв Тункинского национального парка представлено на рисунке 17. Наличие цинка в почве обусловлено почвенно-растительным антогонизмом (Уткин, 2009). В кислой среде Zn адсорбируется по катионно-обменному механизму, в щелочной среде - в результате хемосорбции. При низких значениях pH (<6) подвижность  $Zn^{2+}$  возрастает, что приводит к его выщелачиванию в водной среде (см. Приложение 1, разрез 1). При возрастании концентрации органических веществ в почве повышается ее pH, что влияет на связывание цинка и переход его в органические комплексы. Также накопление цинка происходит в почвах с высоким содержанием гумуса и торфа (см. Приложение 1, разрезы 1,5,8).



Рис. 17- Распределение Zn в органогенном горизонте в Тункинском национальном парке

Миграция **ванадия** в Тункинском национальном парке практически не наблюдается, значения не превышают 0,3 мг/кг. Распределение ванадия в органогенном горизонте почв Тункинского национального парка представлено на рисунке 18. Наибольшее содержание ванадия наблюдается в разрезе №8 - дерново-железисто-солодях мощностью 61 см, находящемся на склоне вблизи минерального источника Папий. На разрезе №10 в агроземах наличие ванадия обуславливается внесением органоминеральных удобрений.

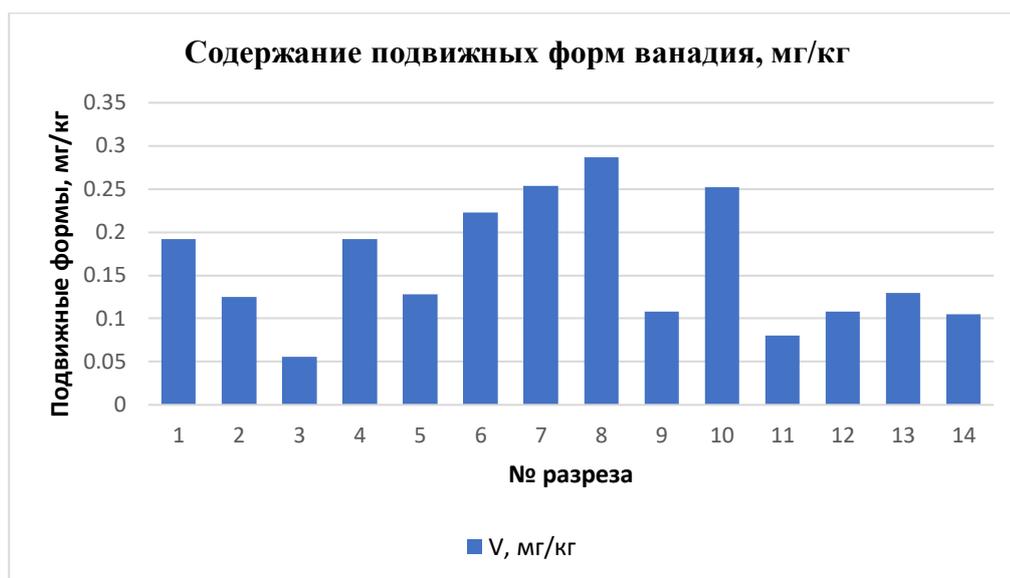


Рис. 18- Распределение V в органогенном горизонте в Тункинском национальном парке

В некоторых профилях (см. Приложение 1, разрезы 1,8,9,13,14) выявлено повышение содержания элементов именно в верхней части почвенного профиля. С одной стороны, это может быть связано рН средой почв. Но также это может быть обусловлено наличием антропогенных источников поступления кадмия в окружающую среду в результате прилегающих разрезов вблизи поселка Аршан и трассы (см. Приложение 1, разрезы 8,9,13,14). Наибольшее накопление подвижных форм тяжелых металлов можно наблюдать в торфяных криоземах. Подвижность ТМ зависит от рН среды - чем кислее почвы, тем подвижнее элементы тяжелых металлов.

Накопление подвижных форм тяжелых металлов в Тункинском национальном парке несет природный характер, связанный с почвообразующими породами - аллювиальные пески и делювиальные супеси.

Для лучшего понимания взаимосвязи между различными микроэлементами, был проведен корреляционный анализ для подвижных форм химических элементов.

Была установлена корреляционная зависимость для вычисления тесноты связей между различными видами тяжелых металлов. Связь устанавливалась для подвижной формы тяжелых металлов. Рассматривались как прямые, так и обратные зависимости. Анализ проводился в программе Microsoft Excel 2019 с помощью функции КОРРЕЛ.

Корреляционный анализ решает следующие задачи:

1. установление направления и формы связи,
2. оценка тесноты связи,
3. оценка репрезентативности статистических оценок взаимосвязи,
4. определение величины детерминации (доли взаимовлияния) коррелируемых факторов (Чертко, Карпиченко, 2009).

Для вычисления корреляционной зависимости использовался коэффициент корреляции Спирмена. Критические значения коэффициента корреляции находились для подвижных форм тяжелых металлов отдельно в зависимости от размера выборки. Полученное положительное значение означает прямую зависимость между элементами и чем это значение выше, тем сильнее связь. Если же полученное значение отрицательное, то это говорит об обратной связи между элементами.

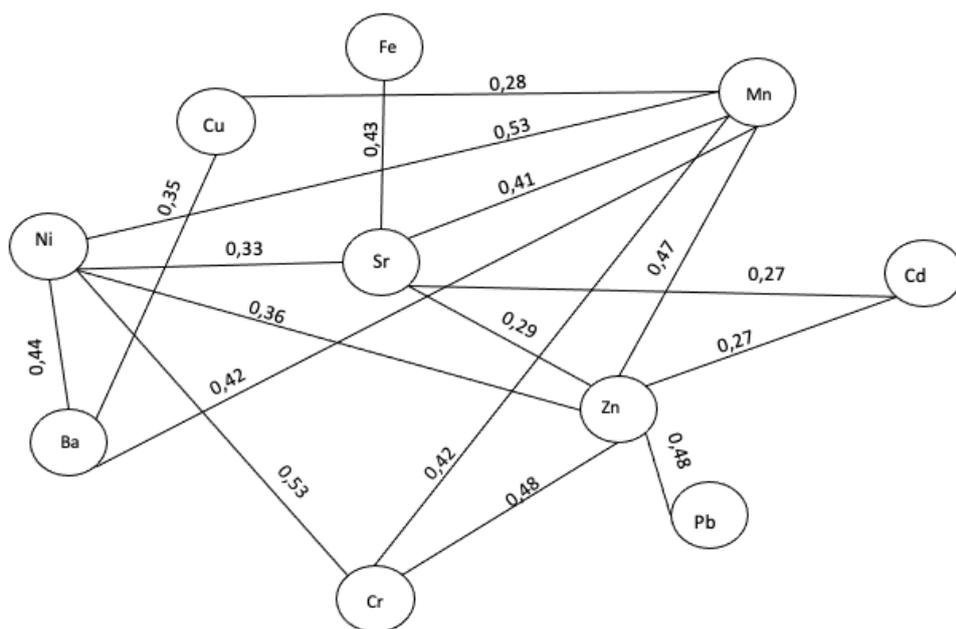
Всего в исследуемой выборке для подвижных форм микроэлементов было 52 точки. Критическое значение для коэффициента корреляции Спирмена в этом случае составляет 0,27 (при  $p = 0,05$ ). Это значит, что все полученные значения выше данного результата обозначают наличие зависимости между показателями. Результаты ниже этого значения не являются статистически значимыми и были удалены из таблицы, отрицательные значения при расчетах получали, но они были ниже значения коэффициента – 0,27. Значения коэффициента корреляции между концентрацией подвижных форм микроэлементов в почвах представлены в таблице 5.

Таблица 5

Значения коэффициента корреляции между концентрацией подвижных форм микроэлементов в почвах

	Fe	Mn	Ni	Ba	Cd	Cr	Cu	Pb	Sr	Zn	V
Fe	1	*	*	*	*	*	*	*	0,43	*	*
Mn		1	0,53	0,42	*	0,42	0,28	*	0,41	0,47	*
Ni			1	0,44	*	0,53	*	*	0,33	0,36	*
Ba				1	*	*	0,35	*	*	*	*
Cd					1	*	*	*	0,27	0,31	*
Cr						1	*	*	*	0,48	*
Cu							1	*	*	*	*
Pb								1	*	0,48	*
Sr									1	0,29	*
Zn										1	0,35
V											1

\*Коэффициент корреляции ниже значимого



Прямая связь —————

Рис.19 - Корреляционная плеяда для подвижных форм тяжелых металлов

Как видим из таблицы 6 и рисунка 19 все элементы имеют друг с другом прямую связь. Марганец имеет связь с практически со всеми элементами за исключением кобальта, свинца и ванадия. Наименьшая связь у кобальта с стронцием - 0,27. Стронций взаимосвязан с железом, марганцем и никелем. Цинк имеет прямую связь с марганцем, никелем, кобальтом, хромом свинцом и стронцием. Можно предположить, что данные элементы имеют один источник распространения, превышения данных элементов по ПДК не наблюдается, поэтому можно предположить, что данные взаимосвязи относятся природным особенностям территории.

Среди всех ТМ свинец наименее подвижен, что подтверждается относительно низким содержанием свинца в природных почвенных растворах.

В верхних горизонтах почв никель присутствует в связанных с органическим веществом формах, часть которых находится в виде легкорастворимых хелатов. Однако, наиболее доступны растениям окислы железа и марганца, а вместе с ними и никель.

Согласно «Критериям экологической оценки состояния почв» (утверждены Министерством охраны окружающей среды и природных ресурсов 30 ноября 1992 г.) - для экологической оценки почв брались следующие показатели - площадь выведенных территорий из сельскохозяйственных угодий, уничтожение гумусового горизонта, превышение ПДК тяжелых металлов.

Зона хозяйственного назначения на 2022 год составляет- 225 км<sup>2</sup> (21,0 % от общей площади). Начиная с 1960 года площадь сельскохозяйственных земель составляет порядка

273 км<sup>2</sup>, что составляет 21% и является допустимым показателем для удовлетворительного экологического состояния почв.

Согласно исследованиям Белозерцевой, уплотнение почвенного покрова до 1,2г/см<sup>3</sup> (Белозерцева, 2013). Что является допустимым показателем.

Превышений по ПДК тяжелых металлов на исследуемой территории не наблюдается. Небольшие превышения меди, свинца и цинка связаны с особенностями территории – карбонатными породами и засоленными почвами.

Экологическое состояния почв на территории Тункинского национального парка – удовлетворительным.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Определяющим фактором дифференциации почвенных профилей на участках песчаных массивов центральной части котловины, являются активные эоловые процессы. 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.

На территории национального парка распространены следующие почвы: дерново-подбуры; торфяно-подбуры глеевые, торфяно-криоземы, в которых наблюдаются процессы криотурбации и оглеения; иллювиально-железистые, иллювиально-гумусовые, дерново-подзолистые почвы. На пологих склонах под хвойными или смешанными мохово-разнотравными лесами на кислых отложениях развиваются грубогумусные буроземы. Под смешанными сосново-лиственничными лесами на щебнисто-песчаных отложениях верхних и средних частей склонов выделяются иллювиально-железистые, иллювиально-гумусовые маломощные подзолы, в нижних частях склонов — дерново-подзолистые почвы.

По кислотности преобладают почвы близкие к нейтральным и слабощелочные с показателями от 6,3 до 7,9, что связано с подстилающими породами. По механическому составу почвы в Тункинском национальном парке - преобладают супеси и суглинки. Превышения подвижных форм тяжелых металлов в исследованиях за 2021 год наблюдаются только по барии, марганцу и цинку. Данное явление можно отнести к природным условиям и почвообразующей породе. Барий и марганец относится к легкомигрирующим элементам.

Аномально высокий коэффициент вариации свинца относится к природным условиям. При высоких значениях рН закрепляется в почве химически в виде гидроксида, фосфата, карбоната и Рb-органических комплексов. Высокий коэффициент вариации железа также обуславливается щелочностью почв. Железо относится к трудно растворимому металлу, из-за этого он плохо поглощается растениями, тем самым происходит большее накопление.

Слабощелочная реакция среды проанализированных почв свидетельствует о преимущественной карбонатности почвообразующих пород региона и засоленности самих почв. Наличие подземных минеральных источников повышает среду кислотности до щелочности в нижних горизонтах. Верхние горизонты таких почв обладают нейтральной реакцией, что говорит о промывном режиме почв в верхних горизонтах.

При проведении корреляционного анализа подвижных форм тяжелых металлов было установлено, что наиболее плотную группу между собой создали элементы, имеющие природный источник распространения – особенность ландшафта территории: медь, свинец, кадмий и цинк, железо и марганец. Накопление подвижных форм тяжелых металлов в Тункинском национальном парке несет природный характер, связанный с почвообразующими породами - аллювиальные пески и делювиальные супеси.

Территория Тункинского национального парка не подвергается сильному антропогенному загрязнению. Промышленные предприятия на территории отсутствуют. Накопление тяжелых металлов происходит в следствии естественного обмена элементами из-за особенностей материнской горной породы.

Согласно «Критериям экологической оценки состояния почв» (утверждены Министерством охраны окружающей среды и природных ресурсов 30 ноября 1992 г.) – на исследуемой территории наблюдается удовлетворительная ситуация. Для наиболее достоверных сведений рекомендуется проводить детальный мониторинг в Тункинском национальном парке.

## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Александровна Н.А. Экологический мониторинг водно-земельно-имущественных отношений в Тункинском национальном парке (Республика Бурятия)// Национальный исследовательский Томский политехнический университет, Томск – 2017, - 149с
2. Атлас Забайкалья. (Бурятская АССР и Читинская область) / ред. Коллегия: Сочава В.Б. и др. – Москва, Иркутск, ГУГК, 1967. – 176 с.
3. Белозерцева И.А., Черкашина А.А. // Почвы и их использование в Тункинской котловине// Вестник ТГУ №3, 2013.- С.945-949.
4. Биличенко И.Н. Тункинский национальный парк: природные условия и проблемы природопользования. Институт географии им. В.Б. Сочавы СО РАН, г. Иркутск, 2012. – 5 с.
5. Бурцева М.В., Рипп Г.С., Дорошкевич А.Г. Гидротермальные процессы в карбонатах Западного Забайкалья//Геологический институт СО РАН// Улан-Удэ. 2012. – 22-32с.
6. Виноградов А.П. Полное собрание трудов в 18 т. / А. П. Виноградов; под ред. академика Ю. А. Костицына; Ин-т геохимии и аналитической химии им. В. И. Вернадского. ISBN 978–5–907366–20–6
7. Виноградов, Александр Павлович. Геохимия редких и рассеянных химических элементов в почвах / Акад. наук СССР. Ин-т геохимии и аналит. химии им. В. И. Вернадского. - 2-е изд., доп. - Москва: Изд-во Акад. наук СССР, 1957. - 238с.
8. Владыченский, А.С. Нарушение почв и почвенного покрова под влиянием выпаса // Деградация и охрана почв. – М.: Изд-во МГУ, 2002. – С. 143-159.
9. Водяницкий Ю.Н. Нормативы содержания тяжелых металлов и металлоидов в почвах / Ю.Н. Водяницкий // Деградация, восстановление и охрана почв. – Почвоведение, 2021. – С. 368-375
10. Волошин Е.И. Никель в почвах средней Сибири // Вестник КрасГАУ №2, 2007.- 71-81с.
11. Гераськина А. П., Тебенькова Д. Н., Ершов Д. В, Ручинская Е. В., Сибирцева Н. В., Лукина Н. В. Пожары как фактор утраты биоразнообразия и функции лесных систем // Вопросы лесной науки// Статья №82. – 2021. – 76с
12. Заповедное Прибайкалье [Электронный ресурс] Климат Прибайкальского национального парка. URL: <https://baikal-1.ru/specialists/pribaikalsky/climate/>. Дата обращения – 22.10.2022.
13. Зиганшин Р. А. Жемчужина Сибири / Р. А. Зиганшин, И. В. Попов, Ю. М. Карбаинов // Лесная таксация и лесоустройство. – 2009. – № 1(41). – С. 74-80.
14. Зиганшин Р.А. Попов И.В. Жемчужина Сибири// Сибирский лесной журнал. – 2017- №3 – С.47-59.

15. Иваньо Я.М., Лазарева А.А., Столопова Ю.В. Моделирование изменчивости характеристик пожаров на территории национального парка «Тункинский» / Технические науки // Вестник КрасГАУ №7 – 2017.- 44-50с.
16. Ильин, В.Б. Буферные свойства почвы и допустимый уровень ее загрязнения тяжелыми металлами / В.Б. Ильин // Агрохимия. - 1997.- № 11.- С. 73-92.
17. Исмуканова, Г.Ж. Влияние интенсивного земледелия на деградиционные изменения почв Северного Казахстана / Г.Ж. Исмуканова, О.Э. Мерзляков // Вестник Томского государственного университета. – 2013. – № 377. – С. 187-191.
18. Ишигинов В. В., Зиганшин Р. А., Карбаинов Ю. А. и др. Оценка окружающей природной среды по трассе проектируемого нефтепровода «Россия – Китай» на территории национального парка «Тункинский». – Красноярск: Сибирский международный институт леса, 2003. – 180 с.
19. Ишигинов В. В., Зиганшин Р. А., Карбаинов Ю. А. и др. Оценка окружающей природной среды по трассе проектируемого нефтепровода «Россия – Китай» на территории национального парка «Тункинский». – Красноярск: Сибирский международный институт леса, 2003. – 180 с.
20. Кабата-Пендиас А., Пендиас Х. Микроэлементы в почвах и растениях// Москва «Мир» 1989.- Пер. с англ. - М.: Мир, 1989. - 439 с, ил
21. Кичигина Н. В. Гидрологические объекты экологически ориентированных видов туризма юго-западного побережья озера Байкал // Современные проблемы сервиса и туризма. – 2019. – №1 (13). – С. 131-140.
22. Лапердин В.К., Кустов Ю.И., Качура Р.А. Факторы природной нестабильности и техногенных рисков на территории курорта Аршан (бассейн р. Кынгарга, Республика Бурятия) // Защита окружающей среды в нефтегазовом комплексе. 2010. № 4. – С. 37-45.
23. Лопатовская О.Г. Почвы зоны влияния минеральных источников предгорий Восточного Саяна // Почвоведение № 8. – Иркутск, 2009. – С. 911- 916.
24. Мартынова Н.А. Почвенный покров национальных парков Байкало-Хубсугульской природной территории и его мониторинг как необходимый элемент устойчивого развития// Экология и природопользование// Иркутск- 2010. – С.360-367
25. Минприроды России. Деятельность: [Электронный ресурс] особо охраняемые природные территории (ООПТ). URL: [https://www.mnr.gov.ru/activity/oopt/tunkinskiy\\_natsionalnyy\\_park/](https://www.mnr.gov.ru/activity/oopt/tunkinskiy_natsionalnyy_park/). Дата обращения - - 22.10.2022.

26. Нимбуевой А.З. Тяжелые металлы в органическом веществе лугово-черно-земных 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.
27. Опекунова М.Г., Арестова И.Ю., Елсукова Е.Ю., Шейнерман Н.А. Методы физико-химического анализа почв и растений//Методические указания, СПб – 2014, - 106с.
28. Особо охраняемые территории Российской Федерации. Информационно-справочная система [Электронный ресурс]. URL: <https://oopt.info/index.php?oopt=360>. Дата обращения - 25.09.2022.
29. Прибайкальский национальный парк [Электронный ресурс]. URL: [http://irkipedia.ru/content/pribykalskiy\\_nacionalnyy\\_park](http://irkipedia.ru/content/pribykalskiy_nacionalnyy_park). Дата обращения - 24.09.2022.
30. Саэт Ю. Е.,Ревич Б. А., Янин Е. П. и др. Геохимия окружающей среды / - М.: Недра, 1990. - 333,[2] с. : ил.; 21 см.; ISBN 5-247-01127-9
31. Силаев А.В. Картографический анализ состояния селитебных и распаханых территорий Тункинской котловины за последнее столетие// Вестник ИрГТУ №2 (73).- 2013. -80-84с.: ил.
32. Третьяков Н.Н, Карнаухова Т.В., Паничкин Л.А.-М.: Агропромиздат. Практикум по физиологии растений — ISBN 5-10-001653-1. С.- 1990. – 271 с.
33. Тункинская долина [Электронный ресурс]. URL: <https://www.baikaltur.com/articles/tunka>. Дата обращения - 22.10.2022.
34. Уткин А.А. Цинк, свинец и кадмий в системе торфяная низинная почва – растение при полиэлементном загрязнении// Плодородие №3 //Санкт-Петербургский ГАУ- 2009. -С. 48-50.
35. Цинк и кадмий в окружающей среде/ Современные проблемы биосферы// Наука, 1992. – 197с
36. Цыбнев Ю.Б., Чимитдоржиева Г.Д.,Чимитдоржиева Э.О.,Егорова Р.А, и др. Морфологические и физические свойства почвенной массы из криогенных трещин мерзлотных лугово-черноземных почв Забайкалья// Почвоведение №8.// Улан-Удэ.- 2016.- С. 975–981
37. 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.
38. Черкашина А.А., Голубцов В.А., Силаев А.В. Постагрогенная трансформация почвТункинской котловины (Юго-Западное Прибайкалье)// Известия Иркутского государственного университета// Науки о земле. – 2015.- С. 128-140

39. Чертко Н.К., Карпиченко А.А. Математические методы в географии: учеб.-метод. пособие. – Минск : БГУ, 2009. – 199 с.
40. Черноусенко Г.И. Засоленные почвы котловин юга Восточной Сибири.: Монография. — Москва: МАКС Пресс, 2022. —480 с.: ил.
41. Чимитдоржиева Г.Д., Бодеева Е.А., Чимитдоржиева Э.О. Тяжелые металлы в почвах степных экосистем Западного Забайкалья// Аридные экосистемы, том 28, № 2 (91)// Улан-Удэ.- 2022.- С. 62-70
42. Чимитдоржиева Г.Д., Нимбуев А.З., Чимитдоржиева Э.О. Кобальт и хром в системе: порода–почва–растение–гумус (на примере Западного Забайкалья)// Агрохимия №8// Улан-Удэ.- 2018.- С. 81-85
43. 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.
44. *Dymov A. A., Abakumov E. V., Bezkorovaynaya I. N., Prokushkin A. S., Kuzyakov Y. V., Milanovsky E. Y.* Impact of forest fire on soil properties // Theoretical and applied ecology. 2018. No. 4. P. 13–23.
45. *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.
46. *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.
47. *Ludwig S. M., Alexander H. D., Kielland K., Mann P. J., Natali S. M., Ruess R.W.* Fire severity effects on soil carbon and nutrients and microbial processes in a Siberian larch forest// Global change biology. 2018. Vol. 24. No. 12. P. 5841–5852.

## Приложение 1

### Разрез № 1

Координаты: N51 42 431

E 101 39 115

Местонахождение: Республика Бурятия, Тункинский район, Тункинский национальный парк, Нилова пустынь

Местообитание: Лиственнично хвощовое сообщество.

таблица 1

Индекс	Мощность, см	Описание	Фото
О	0- 2	серо- коричневый, уплотненный, влажный, наличие корней, высокая степень разложения растительности (65%), граница волнистая, переход заметен по цвету	
Т	2- 20	Темно-коричневый цвет, плотный, влажный, наличие корней, средне-комковатый, тяжелый суглинок, быстро течет вода по стенкам	

Типичные торфяно олиготрофные криоземы на озерных отложениях

## Разрез №2

Координаты: N51°42,431''

E 101°39,115''

Местонахождение: Республика Бурятия, Тункинский национальный парк. Нилова пустошь, около базы 150м

Местообитание: Березово-вейниковое сообщество

таблица 2

Индекс	Мощность, см	Описание	Фото
О	0-1	Уплотненный, представлен опадом листьев, ветошь	
AY	1-21	Легкий суглинок, коричнево-серый, уплотненный, мелкокомковатый, увлажненный; переход плавный, наличие корней, трещин. граница ровная	
BF	21-58	Серо-коричневый, свежий, средний суглинок, мелкокомковатый, уплотненный; вкл окатистых камней.	

Гумусовые маломощные неглубокоосветленные дерново-подбуры на моренных отложениях

### Разрез №3

Координаты: N51°43,712''

E 101°37,124''

Местонахождение: Республика Бурятия, Тункинский национальный парк. Пойма правого берега Сухого ручья.

Местообитание: березово-вейниковое сообщество

таблица 3

Индекс	Мощность, см	Описание	Фото
О	0-10	Представлен опадом листьев, рыхлая, черно-коричневый; переход заметен по цвету, четкий, граница ровная	
АУ	10-32	Светло-коричневый, легкий суглинок, рыхлый, свежий, мелкокомковатый, присутствуют дерновые прослойки; переход четкий, заметен по цвету, граница волнистая	
ВН	32-57	Серо-коричневый, средний суглинок, свежий, среднекомковатый, рыхлый; вкл корней растений; переход неясный, граница волнистая	
ВФ	57-297	Коричневый, средний суглинок, уплотненный (к низу становится плотнее), мелкокомковатый, свежий, наличие железистых пятен	
Альфегумусовые маломощные дерново-подзолы на моренных отложениях			

#### Разрез № 4

Координаты: N 51°43,708''

E 101°37,121''

Местонахождение: Республика Бурятия, Тункинский национальный парк. Окраина поселка Хойто-Гол участок въезда

Местообитание: луговое разнотравное сообщество с примесью березы

таблица 4

Индекс	Мощность, см	Описание	Фото
О	0-5	Темно-коричневый, уплотненный, разложение ветоши на 50%, влажный; переход ясный, заметен по цвету; граница ровная	
АК	5-22	Черный, средний суглинок, мелкокомковатый, плотный, влажный; включение корней, наличие криотурбации, присутствует уголь; переход заметен по цвету, четкий; граница волнистая	
ВFM	22-43	Серо-бежевый, плотный, легкий суглинок, мелкокомковатый, увлажненный; переход четкий заметен по цвету, граница ровная	
ВF	43-61	Светло-коричневый, легкий суглинок, плотный, плитчатый, влажный, включение железистых пятен.	
Криоземы железисто-метаморфические на моренных отложениях			

### Разрез №5

Координаты: N51°42,199''

E 100°41,898''

Местонахождение: Республика Бурятия, Тункинский национальный парк. Пойма оз. Сусер.

Местообитание: рододендровое разнотравное сообщество

таблица 5

Индекс	Мощность, см	Описание	Фото
О	0-11	Представлен ветошью, корнями растений, серый; переход неясный, заметен по цвету; граница волнистая	
AY	11-39	Серо-зелено-коричневый, крупно-комковатый, средний суглинок, слитый, свежий; наличие пятен криотурбации; переход неясный, граница волнистая	
B	39-46	Серо-коричневый, средний суглинок, уплотненный, комковатый, свежий, наличие камней от 2см до 17см.	
Дерново-подзолистые на озерных отложениях			

### Разрез № 6

Координаты: N51°40,470''

E 100°41,514''

Местонахождение: Республика Бурятия, Тункинский национальный парк.

До Окинского озера 900м, до трассы 300м

Местообитание: березово-сфагновое сообщество

таблица 6

Индекс	Мощность Ь, см	Описание	Фото
ТО	0-4	Представлен ветошью, корнями; разложение на 20%, влажная; переход неясный, граница ровная	
Т	4-41	Черный, влажный, к низу сырой, просачивается вода; неразложившаяся органика 70%; комковато- плитчатый, очень плотный; резкий переход в многолетнюю мерзлоту	

Криоземы торфянно- олиготрофные на озерных отложениях с многолетней мерзлотой

**Разрез № 7**

Координаты: N51°46,487''

E 102°05,511''

Местонахождение: Республика Бурятия, Тункинский национальный парк. От Берега Ергангинского озера 150м, в лесу

Местообитание: Лиственнично-вейниковое сообщество

таблица 7

Индекс	Мощность, см	Описание	Фото
T	0-3	Рыхлый, свежий; степень разложения 40%, светло-коричневый; граница ровная, переход ясный, заметен по цвету	
G <sub>1</sub> F	3-28	Темно-коричневый, плотный, средний суглинок, свежий, глыбисто-комковатый; включение корней, неразложившаяся органика 70%, наличие пятен железа; переход ясный, граница волнистая	
G <sub>2</sub>	28-52	Черно-серый, плотный, средний суглинок, свежий, неразложившаяся органика 60%, плитчатый; переход ясный в многолетнюю мерзлоту	
Аллювиально торфянно-перегнойные -железисто глеевые на озерных отложениях с многолетней мерзлотой			

### Разрез № 8

Координаты: N 51.88879°

E 102.30461°

Местонахождение: Республика Бурятия, Тункинский национальный парк. 150м вверх по склону от источника Папий

Местообитание: Березово -злаковое сообщество.

таблица 8

Индекс	Мощность, см	Описание	Фото
О	0-8	Рыхлый, свежий, наличие корней; степень разложения 20%, коричневый; граница волнистая, переход ясный	
АУ	8-16	Бурый, легкий суглинок, плитчатый, уплотненный, свежий; наличие средних пор и трещин, камней, червей; граница волнистая, переход ясный заметный по цвету	
ВТ	16-32	Темно-рыжий, средний суглинок, глыбисто-плитчатый, плотный, увлажненный; наличие корней, глинистых кутан, железистые пятна, уголь; граница волнистая, переход ясный заметен по цвету	
ВФ	32-61	Темно-рыжий, тяжелый суглинок, плитчатый, уплотненный, увлажненный; включение дерн, железистые пятна на камнях	
Дерново-железисто-солоди маломощные на моренных отложениях			

### Разрез № 9

Координаты: N 51.912867

E 102.416564

Местонахождение: Республика Бурятия, Тункинский район, Тункинский национальный парк, поселок Аршан, у Хойморского дацана «Бодхидхарма»

Местообитание: Сосновое брусничное зеленомошное сообщество

таблица 9

Индекс	Мощность, см	Описание	Фото
О	0- 3	Темно-коричневый, рыхлый, увлажненный; наличие корней, опад мхов, листьев, низкая степень разложения растительности (5%), граница волнистая, переход заметен по цвету.	 A photograph showing a soil profile of the O horizon. A measuring tape is placed vertically in the soil to indicate depth. The soil is dark brown, moist, and contains roots and plant debris. The tape shows centimeter markings from 5 to 64.
АУ	3- 13	Темно-серый цвет, уплотненный, увлажненный, мелко комковатый, легкий суглинок, наличие пор и трещин, включения камней, валунов (10 -35 см), граница волнистая, переход заметен по цвету.	

BT	13- 35	Ярко- коричневый цвет, плотный, увлажненный, мелко комковатый, супесчаный, наличие пор и трещин, гальки, включения угольков.	
Дерново-подзолистые среднемошчные на моренных отложениях			

### Разрез № 10

Координаты N 51°43,274''

E 102°42,934''

Местонахождение: Республика Бурятия, Тункинский район, Тункинский национальный парк, озеро Асанур

Местообитание: луговое вейниковое сообщество с примесью ивы

таблица 10

Индекс	Мощность, см	Описание	Фото
Р	0- 2	Темно-коричневый, рыхлый, свежий; представлен опадом листьев; слабая степень разложения растительности; граница волнистая, переход ясный, заметен по цвету	
ВТ	2- 37	Серо- коричневый цвет, плотный, свежий, мелко-средне-комковатый, супесь, наличие пор и трещин, слабая структурированность, граница ровная, переход ясный, заметен по цвету	
В	37- 50	Светло коричневый цвет, плотный, свежий, бесструктурный песок, наличие пор и трещин, включения корней, новообразований нет, граница волнистая, переход ясный, заметен по цвету и влажности	
ВС	50-96	Коричневый цвет, плотный, увлажненный, бесструктурный песок, наличие корней	
Агрозоемы текстурно-дифференцированные палевые темногумусовые среднемощные на озерных отложениях			

### Разрез № 11

Координаты: N 51°87,200''

E 102°50,226''

Местонахождение: Республика Бурятия, Тункинский район, Тункинский национальный парк, потухшие вулканы «Уляборский»

Местообитание: Березово-вейниковое сообщество

таблица 11

Индекс	Мощность, см	Описание	Фото
АО	0- 3	Темно-коричневый, рыхлый, свежий; представлен опадом мха, листьев; степень разложения растительности 30%, граница волнистая, переход заметен по цвету	
ВНФ	3- 31	Светло-коричневый, очень плотная, свежая, плитчатая структура, суглинок, наличие корней растений, пор и трещин, кутаны глинистые, включения угольков, граница волнистая, переход постепенный, заметен по цвету	
ВФ	31- 41	Ярко-коричневый цвет, плотная, свежая, плитчатая комковатая структура, тяжелый суглинок, наличие пор и трещин, включения угольков, корней, камней (3-10 см), новообразований нет, граница волнистая, переход	

		постепенный, заметен по цвету	
В	41-65	Серый цвет, плотный, свежий, плитчатая структура, тяжелый суглинок, включения угольков, камней (0,5-3 см)	
Структурно- метаморфические буроземы грубогумусовые типичные на вулканических отложениях			

### Разрез № 12

Координаты: N 51°91,356''

E 102°45,543''

Местонахождение: Республика Бурятия, Тункинский район, Тункинский национальный парк, поселок Аршан, территория санатория Саяны и спорт школы

Местообитание: березовое разнотравно-вейниковое зеленомошное сообщество

таблица 12

Индекс	Мощность, см	Описание	Фото
O <sub>1</sub>	0- 4	Серо- черный, рыхлый, свежий; представлен опадом листьев, мха; слабая степень разложения растительности 15%, граница волнистая, переход ясный, заметен по цвету	
B <sub>1</sub>	4- 10	Серый цвет, уплотненный, свежий; глыбистая структура, супесь, наличие корней растений, пор и трещин, граница волнистая, переход постепенный, заметен по цвету	
O <sub>2</sub>	10- 14	Темно-коричневый, рыхлый, свежий, включения корней, камне; граница волнистая, переход постепенный, заметен по цвету	
B <sub>2</sub>	14-23	Серо- коричневый цвет, уплотненная, свежий, плитчатая структура, супесь; включения корней растений, граница волнистая, переход постепенный, заметен по цвету	

О <sub>3</sub>	23-34	Черный цвет, плотный, увлажненный, средняя степень разложения растительности 15%; граница волнистая, переход ясный, заметен по цвету	
В <sub>3</sub>	34- 48	Светло-коричневый цвет, плотный, свежий, супесь; наличие корней растений, пор и трещин, включения корней растений, камней (0,5 см); граница волнистая, переход постепенный, заметен по цвету супесь	
О <sub>4</sub>	48- 54	Черный цвет (минеральный г-т, оглиение), уплотненный, свежий, мелкокомковатый, средний суглинок; включения корней, камней, граница волнистая, переход ясный, заметен по цвету	
В <sub>4</sub>	54- 67	Светло-коричневый, плотный, увлажненный, глыбистая структура, супесь; граница волнистая, переход ясный, заметен по цвету	
О <sub>5</sub>	67- 72	Черно-коричневый, уплотненный, увлажненный, мелкокомковатый, супесь; включения корней растений, камней до 1 см, граница волнистая, переход ясный, заметен по цвету	

B <sub>5</sub>	72- 76	Светло- серый, уплотненный, увлажненный, бесструктурный, легкий суглинок; включения корней растений; граница волнистая, переход ясный, заметен по цвету	
B <sub>6</sub>	76- 84	Коричневый, плотный, влажный, мелкокомковатый; легкий суглинок, включения корней растений, камней	
Синлитогенные (стратоземы) почвы на делювиальных отложениях			

### Разрез № 13

Координаты: N 51°53,927''

E 102°26,945''

Местонахождение: Республика Бурятия, Тункинский район, Тункинский национальный парк, лес перед поселком Аршан, до дороги 150 м

Местообитание: Сосново- кедровое костянично- вейниковое зеленомошное сообщество

таблица 13

Инд екс	Мощ ность , см	Описание	Фото
О	0- 7	Коричневый, рыхлый, влажный; представлен опадом мхов, листьев; степень разложения растительности 20%, граница ровная, переход резкий, заметен по цвету и корням	
AУ	7- 26	Темно-коричневый (бурый) цвет, очень плотный, увлажненный, комковатая структура, легкий суглинок; степень разложения растительности 80%, граница карманная, переход постепенный, заметен по цвету	
В	26- 80	Светло- коричневый цвет, очень плотный, увлажненный, плитчатая структура, супесь; включения корней, затеки гумуса, к низу увеличенное оглиение	

Дерново-подбуры среднемощные на делювиальных отложениях

### Разрез № 14

Координаты: N 51°89,922''

E 102°45,152''

Местонахождение: Республика Бурятия, Тункинский район, Тункинский национальный парк, поселок Аршан, склон горы Пик Любви, 200 м от подножья

Местообитание: Сосново-зеленомошное сообщество

таблица 14

Индекс	Мощность, см	Описание	Фото
О	0- 2	Темно-коричневый, рыхлый, увлажненный; представлен опадом листьев; степень разложения растительности 30%, граница волнистая, переход ясный, заметен по цвету	
BF	2- 15	Коричневый цвет, плотный, влажный, глыбисто- ореховатая структура, легкий суглинок; включения корней, камней 2- 30 см, граница языковатая, переход постепенный, заметен по цвету	
B2	15- 30	Светло- коричневый цвет, очень плотный, свежий, ореховатая структура; легкий суглинок, включения корней, камней 5-30 см, затеки гумуса, к низу увеличенное оглеение	
Подбуры оподзоленные маломощные на делювиальных отложениях			