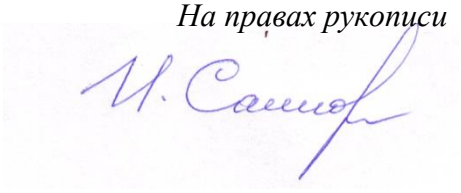
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Пермский государственный аграрно-технологический университет
имени академика Д.Н. Прянишникова»

На правах рукописи



САМОФАЛОВА Ираида Алексеевна

ПРОСТРАНСТВЕННО-СТРУКТУРНАЯ ОРГАНИЗАЦИЯ ПОЧВЕННОГО ПОКРОВА ЗАПАДНОГО МАКРОСКЛОНА СРЕДНЕГО УРАЛА

Специальность 1.5.19 – Почвоведение

Диссертация
на соискание ученой степени
доктора биологических наук

Научный консультант
доктор биологических наук, профессор,
Трифонова Татьяна Анатольевна

Пермь – 2023

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ…… 5
Глава 1. ПОЧВЕННЫЙ ПОКРОВ ГОРНЫХ ТЕРРИТОРИЙ, КАК ГЕОСИСТЕМА, ВЫПОЛНЯЮЩАЯ ГЛОБАЛЬНЫЕ ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ФУНКЦИИ…… 14
1.1 Потребность изучения почвенного покрова горных территорий….. 14
1.2 Место и роль почвенного покрова в современной экологии, обществе, для сохранения биоразнообразия…… 20
1.3 Аналитический обзор степени изученности почвенного покрова горных территорий…….. 27
Глава 2. ПРИНЦИПЫ, ПОДХОДЫ И МЕТОДОЛОГИЯ ИССЛЕДОВАНИЯ…… 35
2.1 Научно-методологические подходы исследования почвенного покрова в горных системах……... 35
2.2 Методы исследования, показатели и параметры…….. 44
Глава 3. ВЫБОР ТЕРРИТОРИИ ИССЛЕДОВАНИЯ И ХАРАКТЕРИСТИКА УСЛОВИЙ ПОЧВООБРАЗОВАНИЯ……. 48
3.1 Регион исследований……... 48
3.2 Изучение почвенного покрова Среднего Урала……... 52
3.3 Объект и методы исследования…….. 56
3.3.1 Объект исследования…….. 56
3.3.2 Методы исследования…… 61
3.4 Природные условия почвообразования на Среднем Урале……. 71
Глава 4. БАССЕЙНОВЫЙ ПОДХОД И ВЛИЯНИЕ БАССЕЙНОВОЙ ОРГАНИЗАЦИИ ТЕРРИТОРИИ НА ФОРМИРОВАНИЕ ВЫСОТНОЙ ПОЯСНОСТИ…… 80
4.1 Морфометрический анализ рельефа…….. 80
4.2 Бассейновая организация территории и морфометрический анализ бассейнов рек…… 83
4.3 Анализ информационных связей и взаимодействие вертикальных и горизонтальных геосистем…… 85
4.4 Типизация геосистем бассейнов рек…….. 91
Глава 5. ВЛИЯНИЕ ЗАКОНОМЕРНОСТЕЙ ОРГАНИЗАЦИИ ВЕРТИКАЛЬНЫХ (БАССЕЙНОВ РЕК) И ГОРИЗОНТАЛЬНЫХ ГЕОСИСТЕМ (ВЫСОТНОЙ ПОЯСНОСТИ) НА ФОРМИРОВАНИЕ ПОЧВ……. 97
5.1 Диагностика профилеобразующих процессов и развитие почв….. 97
5.2 Диагностика генезиса почв по морфологии профиля…….. 103
5.2.1 Распределение щебня……... 103

5.2.2 Окраска почв как отражение горизонтообразующих процессов……. 107
5.2.3 Биоморфный анализ почв……. 109
Глава 6. ПОЧВЕННО-ГЕОМОРФОЛОГИЧЕСКИЕ ЗАКОНОМЕРНОСТИ ФОРМИРОВАНИЯ СВОЙСТВ ПОЧВ…. 112
6.1 Гранулометрический состав…… 112
6.2 Магнитная восприимчивость…….. 134
6.3 Химический состав почв…….. 140
6.3.1 Макроэлементный состав почв…… 140
6.3.2 Диагностика почв по групповому составу соединений железа ……. 154
6.3.3 Энтропия – как характеристика информационного разнообразия валового состава горных почв…….. 160
6.3.4 Микроэлементный состав почв…… 165
6.3.5 Подвижные соединения тяжелых металлов в почвах……..... 173
6.3.6 Особенности распределения тяжелых металлов в гранулометрических фракциях……. 174
6.3.7 Геохимическая индикация выветривания и элементарных процессов в горных почвах…… 177
6.3.8 Структурные связи свойств в почвах…….. 196
6.4 Органическая часть почв……. 199
6.5 Кислотно-основные свойства почв……. 215
6.5.1 Катионный состав диагностических горизонтов почв…. 216
6.5.2 Кислотные свойства диагностических горизонтов почв.. 219
6.5.3 Высотная дифференциация кислотно-основных свойств почв…….. 223
6.5.4 Буферность почв…… 226
6.5.5 Кислотный след почв…… 232
6.5.6 Структурные связи кислотно-основных свойств в почвах…… 241
Глава 7. ПОЧВЕННЫЙ ПОКРОВ НА РАЗНЫХ УРОВНЯХ ОРГАНИЗАЦИИ…… 247
7.1 Топографический профиль и характеристика состава почвенного покрова ключевого участка…… 247
7.2 Организация почвенного покрова на уровне элементарного почвенного ареала…… 249
7.2.1 Структурно-метаморфические почвы……... 249
7.2.2 Органо-аккумулятивные почвы……..… 262
7.2.3 Альфегумусовые почвы……..…….. 266

7.2.4 Литозёмы и слаборазвитые почвы…… 276
7.2.5 Почвы полугидромофного ряда (торфяные и глеевые)….. 279
7.2.6 Высотная организация типов почв…… 283
7.3 Организация почвенного покрова на уровне элементарных почвенных структур…… 288
7.3.1 Почвенное разнообразие тундровых и гольцовых ландшафтов…… 289
7.3.2 Почвенный покров подгольцового пояса…….. 301
7.3.3 Почвенный покров горно-лесного пояса……... 314
7.4 Организация почвенного покрова на уровне мезоструктур……... 322
7.4.1 Структурно-организационная иерархия условий почвообразования…….. 322
7.4.2 Почвенный покров, соответствующий элементам структуры водосборных бассейнов рек (вертикальных геосистем) и высотно-растительных поясов (горизонтальных геосистем) в бассейне реки Малый Басег……... 328
Глава 8. МОДЕЛЬ ПРОСТРАНСТВЕННО-СТРУКТУРНОЙ ОРГАНИЗАЦИИ ПОЧВЕННОГО ПОКРОВА В ГОРНЫХ СИСТЕМАХ……. 331
8.1 Влияние взаимодействия вертикальных и горизонтальных геосистем на организацию почвенного покрова…… 331
8.1.1 Модель пространственно-структурной организации почвенного покрова, хребет Басеги, Средний Урал…….. 331
8.1.2 Модель пространственно-структурной организации почвенного покрова в бассейне реки Большая Молебная (Хомги-Нёл, Северный Урал)…….. 337
8.2 Почвенно-ландшафтное районирование как модель пространственно-структурной организации почвенного покрова в горных системах…… 342
8.3 Перспективы использования модели для решения теоретических и практических задач……... 346
ЗАКЛЮЧЕНИЕ……..……... 349
СОКРАЩЕНИЕ ОБОЗНАЧЕНИЙ…… 352
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ…….. 353
ПРИЛОЖЕНИЯ…… 392

ВВЕДЕНИЕ

Актуальность темы диссертационного исследования. Под защитой почв подразумевается в первую очередь охрана земель, используемых в сельском хозяйстве от эрозии и загрязнения, забывая о биосферной роли почвенного покрова (ПП) [Добровольский, Чернова и др., 2003; Добровольский, 2007, Чернова, Бекецкая, 2007]. Почвенный покров является связующим звеном между геосферами Земли. Знание пространственной организации ПП имеет особую значимость для заповедной системы для решения разнообразных задач. Экологическая доктрина России рассматривает развитие заповедных территорий в числе основных направлений государственной политики в области экологии. Назрела потребность в углублении и расширении научных представлений о ПП горных территорий, как геосистем, выполняющих глобальные экологические функции. Структура ПП горных стран остаётся малоизученной. Серьёзной проблемой является разрыв между востребованностью знаний о структурной организации почвенного покрова горных ландшафтов, ненарушенных хозяйственной деятельностью, и существующей научной теорией, объясняющей структуру почвенного покрова сельскохозяйственных угодий равнинных территорий.

Вышеизложенные положения обусловливают актуальность темы и необходимость решения научной проблемы – отсутствие знаний пространственной организации почвенного покрова в горных ландшафтных зонах в связи с их недостаточностью и фрагментарностью.

Степень разработанности проблемы. Закономерности неоднородности ПП были выявлены основоположником генетического почвоведения В.В. Докучаевым, его коллегами, учениками и последователями НЛ. Сибирцевым, Г.Н. Высоцким, С.С. Неуструевым, С.А. Захаровым, Л.И. Прасоловым, Е.Н. Ивановой и многими другими учеными. Однако, основы теоретических и методологических подходов к оценке неоднородности ПП, были заложены

В.М. Фридландом, Я.М. Годельманом в 60-70-х г.г. прошлого века. Постоянный интерес к изучению неоднородности ПП, привел к формированию сложившейся методологии изучения структуры почвенного покрова (СПП) для сельскохозяйственных угодий. Разнообразие почв здесь определяет направленность хозяйственного использования земель.

Значительный вклад в развитие теории СПП, методологии СПП внесли: В.П. Белобров, Е.К. Дайнеко, Л.П. Ильина, Л.О. Карпачевский, Ф.И. Козловский, Н.П. Сорокина, М.Н. Строгонова, Н.И. Добротворская и другие. Комплекс методических приемов позволяет применить качественные и количественные характеристики СПП для организации рационального использования почвенных ресурсов, их оценки и картографирования. «Структурный подход» активно использовали в основном на пахотных угодьях. Ф.И. Козловский [1992], анализируя работы В.М. Фридланда, выделил 4 уровня морфологической организации ПП: микрокомбинации; мезокомбинации; бассейны, как фундаментальная единица ПП, так как в его пределах достигается полное единство конкретной локализации и морфологической и функциональной структуры почвенного покрова; совокупность относительно однородных бассейнов образуют ареал 4-го порядка. По мнению ученых [Козловский, 1992; Соколов, 1993, 2004; Козловский, Горячкин, 1993; Апарин, 2007; Горячкин, 2007; Álvarez Arteaga et al., 2008] основное составляющее ядро концепции СПП должно развиваться в трех направлениях: морфоструктурном, функциональном и информационном. Необходимо сохранить и развивать генетико-эволюционный анализ почвенного покрова, который обеспечивает смысловую составляющую современным количественным подходам к его изучению [Соколов, 2004; Апарин, 2007; Грибов, Шторм, 2010; Таргульян, Горячкин, 2011; Грибов, 2012].

Имеется значительное число трудов, посвященных перспективе развития концепции СПП по пути интеграции исследований почвенного покрова и вмещающей геосистемы, а также дальнейшего развития системного подхода – моделирования структурно-функциональной организации и эволюции ПП и

геосистемы местного уровня. В современной науке происходит активный поиск путей моделирования процессов в почвах и ПП. Исследования организации и структуры ПП горных стран – давняя и до сих пор не до конца разработанная тема на стыке почвоведения, ландшафтоведения, геохимии ландшафтов, биогеографии, экологии и т.д. Изучение СПП – важнейшая проблема почвоведения, так как почвенный покров большинства горных стран остается мало изученным. Без познания генетических взаимосвязей почв, составляющих ПП, характера почвенных комбинаций, закономерностей формирования ПП, особенно в сложных природных условиях гор, невозможно его рациональное использование, надежная охрана [Добровольский, 1996; Орлянский, 2010; Чернова, 2012, 2016; Присяжная и др., 2016; Шеломенцев, Петрова, 2017; Самофалова, 2020, 2021].

Исследования ПП горных территорий носят локальный характер и нацелены на выявление индивидуальных особенностей почв высотных ландшафтов. Работ, посвященных географическому, генетическому и экологическому обобщению специфики почвообразования в различных условиях гумидных и субгумидных гор (ледниково-перигляциальный сектор мегаструктуры педосферы) [Соколов, 1993] очень мало. В связи с этим существует необходимость формулировки теоретических положений, которые будут основой для разработки общих методов и подходов к пространственно-структурной организации почвенного покрова в горных условиях.

Цель диссертационного исследования – научное обоснование пространственно-структурной организации почвенного покрова западного макросклона горной ландшафтной зоны Среднего Урала.

Задачи диссертационного исследования:

1. Выявить влияние бассейновой организации территории на формирование высотной поясности западного склона Среднего Урала.
2. Изучить взаимообусловленность организации и функционирования вертикальных (бассейнов рек) и горизонтальных (высотной поясности) геосистем на формирование почвенного покрова.

3. Исследовать морфологические, физико-химические, геохимические характеристики почв для определения природного разнообразия почв региона исследований.

4. Выявить закономерности формирования почвенного покрова горных геосистем на разных уровнях организации.

5. Разработать модель пространственно-структурной организации почвенного покрова горного массива западного макросклона Среднего Урала.

Научная новизна диссертационного исследования. Получены новые данные и выявлены особенности формирования пространственно-структурной организации почвенного покрова гор западного макросклона Среднего Урала с учетом взаимодействия процессов бассейнообразования и высотной поясности: анализируются как отдельные таксоны, так и их естественные топографические цепи по характеру заполнения единиц высоты. Установлены ряды вертикальной поясности почвенного покрова гор западного макросклона Среднего Урала, критерии оценки и факторы идентификации горных геосистем. Показана эффективность бассейнового подхода к изучению почвенного покрова горных регионов и подтверждена универсальность методологии бассейнового подхода при почвенных исследованиях. Установлена граница изменения взаимодействия вертикальных и горизонтальных геосистем низких гор западного склона Среднего Урала с гумидным типом поясности на высоте 600-700 м н.у.м. (в зависимости от экспозиции склона). Впервые систематизированы данные по составу и физико-химическим свойствам почв высотных поясов хребта Басеги и выявлены особенности структуры почвенного покрова вертикальных и горизонтальных геосистем. На основе вовлечения в научный оборот нового фактического и цифрового материала (данные автора за 2009-2020 г.г.) определены закономерности формирования типов почв, кислотный след почвообразования в зависимости от высотных условий.

Впервые предложена картографическая модель пространственно-структурной организации почвенного покрова для низких гор западного мак-

росклона Среднего Урала, отличающаяся единой унифицированной системой с применением классификации почв России (2004, 2008), выполненной в системе ГИС с применением ДЗЗ.

Теоретическая и практическая значимость диссертационного исследования. Разработана система методов и подходов (методология) исследования почвенного покрова горных ландшафтных зон, включающая факторы идентификации горных геосистем, бассейно-ландшафтную концепцию формирования почв, основные критерии оценки. Установлены структура и ряды вертикальной поясности почвенного покрова горных геосистем. Изучены закономерности организации вертикальных (бассейнов рек) и горизонтальных геосистем (высотной поясности) на формирование почв. Доказана перспективность использования бассейно-ландшафтной концепции формирования почв в горных ландшафтах. Полученные знания вносят вклад в развитие теории структуры почвенного покрова горных территорий.

Раскрыты особенности и механизмы зональной специфики почвообразования в горных ландшафтах и почвенно-геоморфологические закономерности формирования состава и свойств почв.

Разработанная методология может стать основой для проектирования программ регионального развития горных территорий, организации и проведения экологического мониторинга естественных экосистем, создания тематических карт с использованием моделей почвенно-ландшафтных связей.

При использовании интернета картографическая модель пространственно-структурной организации почвенного покрова горной территории будет доступна широкому кругу пользователей и может быть использована при освоении региона, организации заповедных территорий, проектирования туристических маршрутов и объектов инфраструктуры, мероприятий по охране окружающей среды, зонирования ООПТ, создания и ведения экологических баз данных, моделирования и прогнозирования экологических ситуаций. Модель пространственно-структурной организации почвенного покрова может быть использована для формирования научной основы для принятия решений,

способствующей охране естественного разнообразия почв, рациональному использованию территории и цивилизованного развития туризма.

Теоретические положения и практические выводы опубликованы в монографиях, учебных пособиях, научных статьях и используются в учебном процессе по дисциплинам «Генезис и эволюция почв», «География почв», «История и методология почвоведения», «Структура почвенного покрова», «Статистические методы в почвоведении» в Пермском ГАТУ.

Методология и методы исследования. Сформулированы принципы, положенные в основу системы разрабатываемых представлений о почвах горных ландшафтов, которые помогают классифицировать инструменты исследования на уровне подходов. Разные уровни организации ПП (микрокомбинации, мезокомбинации, бассейны, совокупность однотипных бассейнов) [Фридланд, 1972; Сочава, 1978; Важенин, 1982; Корытный, 1991, 2001, 2017; Гринберг и др., 1994; Козловский, 1992; Козловский, Горячкин, 1993; Трифонова, 1994, 1999; Трифонова, Шутов, 2019; Самофалова и др., 2020] требуют применения различных традиционных и современных методов исследования и подходов: макроморфологический, ландшафтный, сравнительно-географический, профильный, геостатистический, бассейновый, интерполяции и моделирования, цифровой картографии, информации.

Основные положения, выносимые на защиту:

1. Бассейно-ландшафтная концепция формирования почвенного покрова профессора Т.А. Трифоновой, разработанная для условий аридных гор Малого Кавказа, применима для определения пространственно-структурной организации почвенного покрова и для гумидных гор, что подтверждено на примере низких гор западного макросклона Среднего Урала.

2. Почвенный покров представлен сложным сочетанием разновозрастных почв: структурно-метаморфическими, альфегумусовыми, органо-аккумулятивными, литозёмами, глеевыми, аллювиальными, торфяными, слаборазвитыми. Развитие профиля почв зависит от местоположения на определенном структурном элементе водосборного бассейна и высотного пояса.

3. Взаимодействие вертикальных и горизонтальных геосистем для низких гор с гумидным типом поясности происходит до высоты 600-700 м н.у.м. (в зависимости от экспозиции склонов), выше развитие почв контролируется климатическим высотным фактором. Максимальное разнообразие растительности и почв характерно для этой высоты, которая является условной границей склоновых поверхностей и водораздельного пространства.

4. В условиях гумидных гор Среднего Урала определены ряды вертикальной поясности (сверху вниз): зональных почв (*альфегумусовые → органо-аккумулятивные → структурно-метаморфические*); азональных (*глеевые → торфяные → аллювиальные*); интразональных почв (*литозёмы, петрозёмы*). Внутри высотных рядов существуют естественные топографические цепи почв по характеру заполнения почвами единицы высоты.

5. Структурная организация почвенного покрова в пределах совокупности литоводосборных бассейнов горных ландшафтных зон имеет сходные черты, заключающиеся в чередовании аналогичных комбинаций от водоразделов (ташеты, пятнистости, комплексы) к долинным базисам эрозии (вариации, сочетания). В зонах водосборных воронок структура почвенного покрова представлена пятнистостями, мозаиками, вариациями.

Степень достоверности результатов. Оценка степени достоверности научных результатов определяется использованием комплекса общепринятых и современных методов изучения СПП и определения свойств и состава почв, большим объёмом полученного фактического материала, применением в исследованиях апробированного научно-методического аппарата. Достоверность подтверждается верификацией. Обоснованность выводов подтверждается использованием статистических методов анализа данных.

Соответствие диссертационного исследования паспорту специальности. Тема диссертационной работы соответствует паспорту 1.5.19 – Почвоведение, так как в ней отражены вопросы генезиса и географии почв, исследованы их физико-химические свойства, диагностика, систематика и классификация почв, структура почвенного покрова.

Апробация результатов диссертационного исследования. Результаты диссертационного исследования были представлены и опубликованы на международных и всероссийских научно-практических конференциях:

- международные: Пущино, 2010; Иркутск, 2011; Igdir, Izmir (Turkey), Баку (Азербайджжан), Сухум (Абхазия), Алма-Ата (Казахстан), 2012; Майкоп, Адыгея, Side-Antalya (Turkey), 2014; Tbilisi-Batumi (Georgia), Новосибирск, Ставрополь, Сочи, Сыктывкар, Улан-Удэ, 2015; Новосибирск-Алтайский край, Белгород, Иркутск, Москва, 2016; Суздаль, 2016, 2018; Гомель, Минск Нальчик, Ставрополь, 2017; Пермь, 2017, 2018, 2019, 2021 (ПГНИУ); Moscow, 2017, 2019; Новосибирск-Алтайский край, 2017, 2018; Новосибирск, Podgorica (Montenegro), 2018; Ташкент (Узбекистан), Москва, 2019; Томск, Самарканд, 2020; Пермь, 2019 (ПГАТУ), 2020 (ПГНИУ); Иркутск, Суздаль, 2021; Ташкент-Самарканд, 2022; Барнаул, 2022; Москва, 2022; Ижевск, 2022; Москва, 2022; Самсун (Турция), 2022;
- всероссийские: Владивосток, 2010; Петрозаводск-Москва, Москва, 2012; Киров, 2014; Ялта, 2015, 2019; Барнаул, 2016; Белгород, Петрозаводск, 2016; Пущино, 2016, 2020; Пермь, 2016, 2017, 2018, 2019, 2020 (ПГАТУ); Казань, 2018; Москва, 2019; Кпасноярск 2022; Новосибирск, 2022; Пермь, 2022, 2023;
- региональные: Пермь, 2015, 2016 (ПГНИУ); 2018, 2019, 2022 (ПГАТУ); Красноярск, 2021.

Связь работы с плановыми исследованиями и научными программами. Диссертационное исследование является результатом участия автора в экспедициях и лабораторных исследованиях с 2009 по 2020 г.г., проводимых в ходе НИР кафедры почвоведения Пермского ГАТУ (2011-2015г.г. – 01201151674; 2016-2020 – АААА-А16-116021210271-4; 2021-2025 – 121041500109-8). Исследования поддержаны и софинансированы грантами MEVLANA (Конья, Турция, 2015), ERASMUS+ (Самсун, Турция, 2018).

Публикации. Результаты исследования отражены в более 160 печатных и электронных работах, в т.ч. 3 монографии и 8 учебных пособий, 14 статей в журналах RSCI, WoS, Scopus, 23 статьи в изданиях, соответствующих списку ВАК, 2 свидетельства регистрации.

Структура и объем диссертационного исследования. Диссертация состоит из введения, 8 глав, заключения, изложена на 392 страницах, включает список литературы из 588 наименований, в том числе 99 на иностранных языках, 74 таблицы, 89 рисунков, 23 приложения.

Благодарности. Автор выражает глубочайшую признательность доктору биологических наук, профессору Татьяне Анатольевне Трифоновой за многолетнее содействие при проведении исследований и внимание к работе, научные консультации. Автор благодарен коллегам кафедры, особенно доцентам, кандидатам биологических наук, Евгении Сергеевне Лобановой и Алексею Николаевичу Чащину; соавторам публикаций, магистрам выпускникам, в частности, О.А. Лузяниной, Н.В. Соколовой, М.Г. Шиловой, П.С. Шутову, Н.В. Хмелевой, М.С. Щаньгину, В.В. Хмелевой, З.Р. Сармановой, А.А. Кучевой, К.С. Соромотиной, А.Г. Фоминой, П.Ш. Сайрановой, участвующих в сборе и обработке данных, которые при совместных исследованиях, способствовали выполнению диссертационного исследования.

Автор искренне благодарен сотрудникам ФГБУ «Государственный заповедник «Басеги»: Надежде Михайловне Лоскутовой, Елене Михайловне Ульяновой, Дмитрию Владимировичу Наумкину, Лидии Владимировне Кульковой, Наталье Александровне Зенковой за помощь в организации и осуществлении экспедиционных работ на территории заповедника.

Выражаю особую признательность сотрудникам из научных учреждений: Почвенного института им. В.В. Докучаева, зав. отделом химии и физико-химии почв, к.с.-х.н., Ольге Борисовне Роговой; института географии РАН, ведущему научному сотруднику отдела географии и эволюции почв, д.г.н., Александре Амуриевне Гольевой; Казанского федерального университета, профессору, д.г.-м.н., Рафаэлю Харисовичу Сунгатуллину за помощь, поддержку, возможность всестороннего обсуждения результатов исследования, ценные советы и конструктивные замечания.

Глубокая благодарность моим друзьям и родным за эмоциональную и психологическую поддержку.

Особая и глубокая признательность безвременно ушедшим моим родителям Алексею Евгеньевичу Самофалову и Любови Филипповне Самофаловой, а также другу семьи Галине Васильевне Поповой. Светлой их памяти посвящается.

Глава 1. ПОЧВЕННЫЙ ПОКРОВ ГОРНЫХ ТЕРРИТОРИЙ, КАК ГЕОСИСТЕМА, ВЫПОЛНЯЮЩАЯ ГЛОБАЛЬНЫЕ ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ФУНКЦИИ

1.1 Потребность изучения почвенного покрова горных территорий

Деятельность человека в современных условиях является мощным глобальным фактором трансформации окружающей среды. Экологические последствия техногенеза выходят за региональные и государственные границы. Глобальные проблемы современного общества – это продовольственная безопасность и сохранение окружающей среды.

Наиболее чувствительными к любым внешним воздействиям являются горные ландшафты [Докучаев, 1898; Герасимов, 1948; Захаров, 1914, 1924, 1926, 1934, 1937, 1948; Глазовская, 1972; Владыченский, 1998; Трифонова, 1999; Добровольский, 2005; Карпачевский, 2012; Забураева, 2019].

Горы влияют на морфотектонику и морфогенез на равнинах, что способствовало формулированию представления о периорогенных зонах [Золотарев, 1985]. В горном рельефе земная поверхность выступает как раздел литосферы с внешними геосферами и определяет наиболее сложный характер их взаимодействия. В связи с этим изучение горных ландшафтов может внести существенный вклад в общую теорию поверхностей на их мегауровне, так как в физике поверхностей они изучаются на иных уровнях организации универсума [Адам, 1947; Келдыш, 1985].

Горные почвы на земном шаре представлены на всех континентах и занимают площадь 16 %. Появившееся понятие «монтология» еще в большей степени актуализировало необходимость систематизации исследований горных регионов. По данным ООН горные экосистемы занимают одну пятую поверхности земли, где проживает 10 % населения мира, и являются богатейшими, уникальными центрами этнического, культурного и биологического разнообразия, сосредотачивающими гидроэнергетические и минеральные ресурсы. Например, результаты морфометрического анализа

территории России свидетельствуют о том, что из 89-ти субъектов Федерации 43 имеет горные сооружения [Забураева, 2019]. Площадь этих регионов составляет 85,5 % от площади РФ, причем на горы в них приходится 63 % площади, т. е. в России 53,6 % территории занято горами или 70 млн. гектаров с населением около 20 млн. человек.

С конца XIX века знания о горах, как объектах хозяйствования, излагались в трудах различных исследователей, но до сих пор изучение проводится в отраслевом аспекте. Теория горных территорий требует комплексного познания, определения факторов идентификации, критериев оценки. На современном этапе изучению проблем горных регионов уделяют повышенное внимание, так как сложный характер подстилающей поверхности и сложившаяся «горная» культура вносят ряд корректив во все сферы жизни, имеющие историческую морфологию.

Востребованность исследований ненарушенного почвенного покрова с исследованиями других компонентов ландшафта значительно возросла в связи с обострением проблем охраны окружающей среды и рационального использования земельных ресурсов. В этих условиях ощущается потребность в углублении и расширении научных представлений о почвенном покрове горных территорий, выполняющих глобальные экологические функции.

Выделены определенные функции горных почв [Ковалева, 2012]:

— космогеофизические явления в горах выражены экстремально: интенсивность солнечной радиации и атмосферное давление, сгущение природных зон, контрастность экологических переходов;

— с точки зрения биоразнообразия, каждый горный объект похож на остров, так как виды животных и растений в нем изолированы от обитателей сопредельных пространств, поэтому горные регионы до сегодняшнего дня выступают убежищами редких видов флоры и фауны;

— контрастные экологические ниши в горах складываются на теневых и солнечных склонах, на открытых пространствах и в пещерах, на породах разного минералогического состава в условиях разного солнечного облучения,

влажности, температур, ветровой активности, в различных условиях дренирования;

— вертикальная зональность: природные зоны сменяют друг друга от подножия к вершине вслед за увеличением количества осадков и интенсивности солнечной радиации и уменьшением температур;

— спектр экосистем горных почв настолько разнообразен, что многие их них эндемичны (высоко-горно-луговые, криоаридные и т.д.), а некоторые остаются неизученными до сих пор;

— память почв является особой способностью «записывать и запоминать» в своем составе и свойствах историю изменений природных и антропогенных условий почвообразования и развития человеческой цивилизации.

Почва является основной зоной, в которой горные породы верхних слоев литосферы, термодинамически неравновесные с условиями атмосферы и биосферы постепенно приходят в процессе педогенеза в состояние динамического равновесия открытой системы. Как энергетически активная система, почва воздействует на литосферу (педолиз), ускоряя ее преобразование [Добровольский и др., 2003].

Большая пространственная неоднородность горного рельефа (чем равнинного) обусловливает разнообразие, динамичность, сложность проявления и сочетания процессов и факторов морфогенеза даже в пределах относительно малых территорий, что создает пестроту почвенного покрова и разнообразие почв в пространстве. Почва – «зеркало» ландшафта [Докучаев, 1954]. Почвенный покров – связующее звено между геосферами Земли, содержит информацию и о самом почвенном покрове, и о других компонентах ландшафта, геосистеме в целом, включая современные режимы.

Горные регионы характеризуются значительным биоценотическим, ландшафтным и этногенетическим разнообразием. Горные геоэкосистемы выступают в качестве хранилища значительной части биологического разнообразия, а также мест его активного формирования. В то же время они весьма уязвимы и чувствительны к антропогенному воздействию [Чернова,

2011; Никитин и др., 2017]. Лесные геосистемы Северо-Восточного Кавказа играют средообразующую, климатообразующую, водоохранную, противоэрозионную и рекреационную роль. В сравнении с другими горными ландшафтами они отличаются наибольшей устойчивостью [Молчанов, 1999; Владыченский и др., 2004; Забураева, 2019].

Горные системы мира различаются геологическим возрастом, высотой, строением и литологией, географическим положением. Почвенный покров, соответственно, в горных системах различается, хотя имеет и общие особенности, связанные с горным почвообразованием [Розанов, 1977; Урушадзе, 1979; Владыченский, 1998; Владыченский и др., 2004; Дымов, Жангуров, 2011; Жангуров и др., 2012; Борисова, 2012; Карпачевский 2012; Самофалова, Лузянина, 2013; Самофалова и др., 2014; Самофалова, 2017, Samofalova et al., 2012].

В суровых и труднодоступных условиях гор изучение почвенного покрова проводится не систематически и до сих пор остаётся неизученным.

Для сохранения почвы как естественноисторического образования необходимо «сберечь» и факторы почвообразования, которым она обязана своим существованием, т.е. охрана небольшого почвенного ареала в нарушенном ландшафте не имеет смысла. Выделяемый для охраны участок с почвой – эталоном должен быть достаточным для сохранения основных факторов, определяющих почвообразовательный процесс [Добровольский, Никитин, 2000; Добровольский, 1996, 2005; Добровольский и др., 2003; Ковалева, 2012; Почва и почвенный покров…, 2013].

Почва – центральное звено экосистем [Добровольский, 1996; Чернова, 2012; Яшин и др., 2013; Присяжная и др., 2016] и в своем составе и свойствах она отражает результат взаимодействия всех компонентов ландшафта [Карпачевский, Шевченко, 1997; Мотузова, 2009; Карпачевский, 2012; Лаптева и др., 2015; Жангуров и др., 2017; Samofalova, 2018]. Однако, протекторная и средообразующая роль ПП недостаточно оценена [Романова, Андреева, 2003; Тонконогов и др., 2006; Национальный атлас почв…, 2011; Природное наследие Урала, 2012; Чернова, 2016; Прохоров, 2020; Самофалова, 2020].

Почвенный покров связывает круговороты вещества и энергии в биосфере. Современные научные данные позволяют рассматривать ПП как планетарный механизм, регулирующий глобальные циклические биосферные процессы массообмена химических элементов [Любченко, Ливеровская, 2015; Присяжная и др., 2016; Чернова, 2016]. Педосфера характеризуется высокой биогенностью и насыщенностью живыми организмами, их метаболитами и мертвым органическим веществом. Биологическое разнообразие невозможно сохранить, не сохраняя разнообразие почв [Добровольский, 1996; Роль почвы, 2011; Любченко, Ливеровская, 2015; Никитин и др., 2017].

Особая потребность в подобных исследованиях также связана с переходом мировой экономики на парадигму инновационного развития, базисом которой признаются важнейшие экономические ресурсы современного мира – знания (информация) и инновации. В июле 2017 г. в России принята программа «Цифровая экономика Российской Федерации». Стратегия инновационного развития приравнивается к стратегии безопасности государства.

Особое внимание в процессе обеспечения экономической безопасности Российской Федерации необходимо уделять вопросам рационального использования и развития природно-ресурсного потенциала страны. Одним из принципов экономической безопасности страны является экологичность (согласование естественных воспроизводственных циклов биосферы и экономических циклов).

Для успешной реализации парадигмы инновационного развития в России необходимо развивать информационное пространство и в заповедной системе, так как именно ненарушенные территории сохраняют глобальные экологические функции. Стратегия экологической безопасности РФ на период до 2025 года (утверждена Указом Президента России от 19.04.2017 № 2076) относит управление системой ООПТ к решению основных задач в области обеспечения экологической безопасности государства.

Особую значимость знание пространственной организации почвенного покрова имеет для заповедной системы для решения задач инвентаризации и

мониторинга, оценки и прогноза, планирования и управления, природоохранного проектирования, развития экологического туризма, содействующего формированию у широких слоев населения понимания проблем сохранения природного и культурного наследия и роли ООПТ в их решении, не разрушающего окружающую среду и имеющего познавательную направленность. Заповедная система на основе рационального природопользования и сохранения биологического и ландшафтного разнообразия призвана обеспечивать экологическую безопасность страны, как важнейшей составляющей комплексной национальной безопасности.

В связи с растущей информатизацией и цифровизацией видов деятельности в обществе, важной задачей представляется ускорение развития научной основы для принятия решений, способствующей рациональному использованию территории и охране естественного разнообразия почв.

Серьёзной проблемой, препятствующей решению указанной задачи, является разрыв между востребованностью знаний о структурной организации ПП ненарушенных хозяйственной деятельностью горных ландшафтов и существующей научной теорией, объясняющей СПП сельскохозяйственных угодий равнинных территорий. В настоящее время существует концепция пространственной организации почвенного покрова аридных гор (на примере Армянского нагорья), основанная на геосистемном аспекте с использованием бассейнового подхода [Трифонова, 1994, 1995, 1999, 2008].

Вышеизложенные положения обусловливают актуальность темы и необходимость решения научной проблемы – отсутствие концепции пространственной организации почвенного покрова гумидных гор в связи с недостаточностью и фрагментарностью научных знаний о пространственной организации почвенного покрова в горных странах (ландшафтах).

Указанная научная проблема может быть разрешена путём формирования более точного научного представления о природе, организации, разнообразии, механизме функционирования, условиях возникновения, закономерностях развития, принципах саморегулирования.

1.2 Место и роль почвенного покрова в современной экологии, обществе, для сохранения биоразнообразия

Значимость экологического равновесия территорий возрастает в современном обществе, так как это способствует сохранению экологической устойчивости и стабильности в мировом пространстве [Усова, 2014; Чернова, 2012, 2016; Шеломенцев, Петрова, 2017; Забураева, 2019].

Педосфера – одна из геофизических оболочек Земли, образующаяся почвенным покровом. Основные геосферные функции почвы как природного тела обусловлены положением почвы на стыке живой и неживой природы. И главная из них – обеспечение жизни на Земле. Именно в почве укореняются наземные растения, в ней обитают мелкие животные, огромная масса микроорганизмов. В результате почвообразования именно в почве концентрируются жизненно необходимые организмам вода и элементы минерального питания в доступных для них формах химических соединений. Таким образом, почва – условие существования жизни, но одновременно почва – следствие жизни на Земле [Добровольский, 2009].

Монтология, как отдельный раздел знаний, призвана оценить функции горных ландшафтов в биосфере настоящего и прошлого, чтобы прогнозировать их изменения в будущем [Селиверстов, 2002].

В последнее время основным направлением в биологии и экологии является проблема сохранения генетического биоразнообразия, которая непосредственно связана с сохранением разнообразия целинных почв. Накоплены обширные материалы, демонстрирующие тесную связь между определенными почвами, характерными для них биоценозами и отдельными видами растений [Жангуров и др., 2012; Кузьмин и др., 2012; Коновалова и др., 2015; Самофалова, 2015, 2017; Самофалова, Шутов, 2017; Старцев и др., 2017].

Почва – неотъемлемый компонент ландшафта и основная среда обитания наземных организмов. Сохранение разнообразия почв (в том числе редких и исчезающих) должно быть одним из важнейших условий реализации

концепции сохранения биоразнообразия [Добровольский, 1996; Роль почвы, 2011; Присяжная и др., 2016; Чернова, 2016; Прохоров, Корневец, 2018].

Являясь важнейшим структурно-функциональным компонентом биосферы, почва одновременно включена в сложнейшие взаимодействия природы и общества. В ходе этого взаимодействия подавляющее большинство почв претерпевают глубокие изменения, следствием которых оказываются сильные трансформации естественных почвенных экофункций, как правило, негативной направленности. В результате ослабления многих экологических функций почв и почвенной оболочки биосфера Земли приходит во все более неустойчивое состояние с признаками глобализации катастрофических процессов [Добровольский и др., 2003].

Всего на суше почв, выполняющих экологические функции, около 13 млрд. га [Розанов, 1977]. В результате процессов урбанизации прогрессирует рост площадей почв, изъятых из активного функционирования, доля которых сократилась на 15% [Шипунов, 1980].

Новые вызовы и экологические угрозы человеку и биосфере, появившиеся в XXI веке и обусловленные глобальными изменениями климата [Изменения климата…, 2003] и расширением масштабов стихийных бедствий, дефицитом пресной воды, источником которой во многих регионах мира являются горные ледники, повышением уровня океана и изменениями в геополитике сделали горы объектом пристального внимания и потребовали от науки прогнозных экологических моделей развития биосферы. Подтверждение этому – Международный проект МАБ-6 ЮНЕСКО «Горные экосистемы» и деятельность Международной Ассоциации академии наук СНГ «Горная геоэкология и устойчивое развитие» [Котляков, Баденков, 2010; К 20-летию саммита ООН…, 2010].

Горы привлекают внимание, как хрупкие экосистемы. Наличие диспропорций развития равнинных, горных и предгорных территорий, сложившиеся между ними центрально-периферийные отношения, имеет глобальный характер, охватывают около 130 стран мира, что отмечалось на

Конференции ООН по окружающей среде [Доклад Конференции, 1992], где в «Резолюции на XXI век» посвящается глава устойчивому развитию горных регионов. В резолюции ООН «Повестка дня на XXI век» имеется раздел «Горная глава» под № 13 [Доклад Конференции, 1992], подчеркивающая общепланетарную важность и уникальность горных ландшафтов.

Резолюцией 53/24 Генеральной Ассамблеи ООН от 19 ноября 1998 г. было поддержано предложение Кыргызской Республики о проведении в 2002 г. Международного года гор [Айдаралиев, 2019], что акцентирует значимость вопроса [Котляков, Баденков, 2010; К 20-летию саммита ООН…, 2010; Айдаралиев, 2019]. Существует ряд организаций, координирующих исследования горных регионов: Группа «Горное расписание – XXI» (состоит из экспертов Университета ООН), Международное горное общество, Международный центр интегрированного горного развития (ИСИМОД). Конференция ООН по устойчивому развитию в Йоханнесбурге (2002) подтвердила интерес международного сообщества к проблемам развития горных регионов мира, назвав это направление в числе приоритетных тем для партнерства и сотрудничества. После Всемирного горного саммита в Бишкеке получило практическое развитие Международное горное партнерство – добровольный альянс государств и организаций, принявших на себя обязательства способствовать повышению уровня жизни людей, живущих в горах и сохранению природы и природных ресурсов горных районов во всем мире.

Изучение горных регионов специфично: каждый горный регион должен изучаться в границах существующих понятий, критериев оценки, методов исследования, но с учетом сложившегося культурного климата. В условиях горных стран всё более привлекательным становится их туристско-рекреационный потенциал. В качестве важнейших ресурсов экологического туризма, как наиболее приемлемой (с точки зрения сохранения природных экосистем) формы туристско-рекреационной деятельности, рассматриваются особо охраняемые природные территории и объекты [Усова, 2014]. Научно обоснованная организация и управление ООПТ позволяет осуществлять на их

территории не только охрану природы, научную деятельность, но и развивать туристическую сферу, что, в свою очередь, способствует экономическому росту региона, и имеет, значительный социальный эффект. По некоторым оценкам доходы 1/6 части населения Земли связаны с функционированием ООПТ [Фоменко и др., 2016].

Государственная политика в области экологического развития Российской Федерации на период до 2030 года ориентирована на решение задач, обеспечивающих сохранение благоприятной окружающей среды, биологического разнообразия и природных ресурсов.

В настоящее время остается все меньше ненарушенных эталонных почв и в связи с этим все большее значение приобретают почвы заповедников, остающиеся относительно нетронутыми и выступающими в качестве эталонов [Газаев и др., 2020].

Основным механизмом поддержания генетического разнообразия растений и животных является сохранение целинных биоценозов в пределах особо охраняемых природных территориях [Добровольский, 2005]. Поддержание видового разнообразия организмов определяется сохранением среды их обитания, а абсолютное большинство растений и наземных животных так, или иначе, связано с почвой, поэтому сохранение биоразнообразия организмов теряет смысл, если не сберегается главная экологическая ниша организмов суши – почва, что делает особенно важным сохранение естественных экосистем [Чернова, 2006; Чернова, Бекецкая, 2007; Добровольский, 2009].

Сохранение биосферы и почв как компонента планеты относится к наиболее актуальным и трудно осуществимым проблемам современного общества. Важным для ее решения является понимание роли функций почв и ПП в жизни природы и человека. Недостаточная представительность почвенного направления в экологии биосферы способствовала ускорению деградации уникальных ландшафтов и почв. Жизнестойкость экосистем и способность к саморегуляции зависит от многообразия составляющих ее видов,

в связи с чем, утрата на Земле любого биологического вида, “его географической или экологической формы” – нежелательное явление для биосферы, являющейся и средой обитания человека [Климентьев и др., 2014].

Создание учения об экологических функциях почв позволило принципиально расширить цели и задачи их сохранения и выделить в самостоятельное направление особую охрану наиболее ценных почвенных ресурсов и проблему подготовки Красной книги эталонных, редких и исчезающих почв [Добровольский, 2005; Герасимова, 2014].

Под защитой почв подразумевается в первую очередь охрана земель, используемых в сельском хозяйстве от эрозии и загрязнения, забывая о биосферной роли почвенного покрова. Для поддержания круговорота вещества и энергии в биосфере необходимо сохранение почв, и особенно целинных и слабо измененных человеком [Климентьев и др., 2014; Никитин и др., 2014]. Несмотря на давнее зарождение охраны природы, работы длительное время носили ботанико-зоологическую направленность. Почва не привлекала к себе внимание природоохранных организаций. Значительное внимание на почву стали обращать, когда существенно расширилась эрозия и загрязнение ПП. И, начиная со второй половины XX в., стал нарастать процесс регионально-глобальной деградации почвенных ресурсов. Тем не менее, и в это время почвоохранная политика не была всесторонней и не включала в себя проблему особой охраны почв, предполагающую сохранение их эколого-генетического разнообразия и естественных экосистемных и глобальных функций, от чего прямо зависит поддержание биосферных констант планеты.

Одним из основных критериев оценки экологического благополучия ландшафтов считается степень сохранности полезного генофонда естественных почв. Для понимания степени разнообразия почвенного покрова горных территорий необходимо проводить их изучение, систематизацию и инвентаризацию почв. На единицу площади здесь наблюдается значительно большее количество и разнообразие ресурсов, динамических процессов и информации. Важную роль играет также вертикальная зональность, когда на

небольшой по площади территории встречаются все природно-климатические зоны со всеми характерными для них особенностями и условиями.

Основной механизм охранения биоразнообразия – это развитие системы ООПТ. Заповедные территории сохраняют средообразующие функции природы и биоразнообразие экосистем [Добровольский и др., 2003]. Кроме того, сохранность самих ООПТ зависит от состояния и охраны окружающей среды, как на сопредельных, так и на достаточно удаленных территориях. ООПТ могут компенсировать неблагоприятные антропогенные воздействия, так как природа способна к самовосстановлению. Основная задача ООПТ – сохранение биоразнообразия на планете, связанное с охраной исчезающих видов животных и растений на территориях их естественного обитания. Проблему поддержания биоразнообразия, как правило, не рассматривают в связи с сохранением естественных почв [Роль почвы, 2011].

Пространственная неоднородность свойств почв обеспечивает сосуществование разных видов [Присяжная и др., 2016; Чернова, 2016]. Природные факторы любых ландшафтов (климат, рельеф местности, уровень и состав грунтовых вод, химические и физические свойства почвообразующих пород) через почвы оказывают влияние на состав и особенности функционирования биоценозов [Бовкунов и др., 2010; Карпачевский, 2012; Почвы и почвенный покров…, 2013].

В своем составе и свойствах почва отражает результат взаимодействия всех природных сред в ландшафте. В тоже время и почва оказывает обратное влияние на сопряженные с нею среды [Самофалова и др., 2014б, 2014в; Самофалова, Кондратьева, 2016; Самофалова и др., 2016а, 2016б; Жангуров и др., 2017; Самофалова, 2018б]. От характера и интенсивности деятельности человека зависит настоящее и будущее окружающей среды и биосферы в целом. Сохранение и рациональное использование почв и почвенного покрова как основного компонента окружающей среды определяет стабильность и устойчивость экосистем.

Проблемы рационального природопользования и охраны почв обсуждаются в научных кругах, в производственных и административных структурах различного уровня. В 80-х-90-х г.г. XX века эти вопросы рассматривали в основном в контексте хозяйственной деятельности, проведением мелиоративных работ, защитой почв от эрозии и загрязнения. В настоящее время выносится проблема о сохранении почв, как самостоятельного природного объекта, представляющего собой сложную гетерогенную систему с определенным уровнем организации, структурой, функциональными связями. Сохранение почвенных разностей в естественных природных условиях и окультуренном виде отвечает и научным, и практическим целям. В соответствии с этим, в системе особо охраняемых природных территорий (ООПТ) является актуальным найти достойное место почвенным объектам и проводить их изучение.

Сведения о почвенном покрове заповедников ограничиваются в большинстве случаев материалами почвенно-географических исследований, лишь по отдельным заповедникам опубликованы материалы описания почв, дана физическая и химическая характеристика [Иванова, 1947; Орлянский, 2010]. Систематическое описание естественных почв ООПТ и национальных парков России впервые представлено в справочно-аналитическом издании «Почвы заповедников и национальных парков Российской Федерации» [Почвы заповедников и …, 2012].

Одним из приоритетных направлений политики, как на региональном, так и государственном уровне должно быть эффективное использование ООПТ, включая решение вопросов изменения их роли и функций в системе природопользования. Эффективное использование потенциала ООПТ с интеграцией в жизнь местного населения послужит механизмом для перехода регионов к более устойчивому (сбалансированному) развитию. Важная роль отводится формированию на территории целостной системы ООПТ и объектов – геоэкологического каркаса [Забураева, 2019].

1.3 Аналитический обзор степени изученности почвенного покрова горных территорий

Горные системы занимают наибольшую площадь в Евразии [Розанов, 1977]. Наиболее представительными горные ландшафты являются на Азиатском континенте, занимая 47 % его площади, и в Северной Америке (45 %). Значительно меньшие площади заняты горами в Африке (24 %), Южной Америке (23 %) и Европе (20 %). Меньше всего горные ландшафты представлены в Австралии и на островах Океании, где их площадь составляет 9 % от общей площади суши. В России горные территории занимают 34 % от общей площади.

Многие представления о процессах почвообразования и закономерностях распространения почв в горах строились на основе изучения соседствующих с ними почв равнин. Между тем, в горных регионах, по составу распределение почв, несомненно, более сложные, чем на равнинах, что связано с их разнообразием в зависимости от высоты местности, типов и форм рельефа, литологического и химического состава горных пород. Горные условия определяют своеобразие водного и теплового режимов процессов выветривания и. почвообразования [Фирсова и др., 1983; Владыченский, 1998; Карпачевский, 2012; Ковалева, 2012; Самофалова, 2020а, 2020б, 2020в].

Разнообразие природных условий в горных странах обуславливает различную направленность процессов выветривания, почвообразования, что является одной из причин возникновения пестрого ПП [Урушадзе, 1979; Карпачевский, Шевченко, 1997; Владыченский, 1998; Молчанов, 2008; Карпачевский и др., 2009, Лузянина, Самофалова, 2013; Самофалова, Кондратьева, 2016]. В каждом высотном ландшафте процессы выветривания и почвообразования протекают с разной интенсивностью [Карпачевский, Шевченко, 1997; Самофалова, 2014а; Dymov et al., 2015; Samofalova et al., 2016a, 2016b].

Горные территории характеризуются большим разнообразием природных условий, в которых развиваются различные типы почв. Для почвенного покрова

гор типична быстрая и часто резкая смена в пространстве в связи с изменением биоклиматических условий [Захаров, 1914; Антипов-Каратаев, Антипова-Каратаева, 1936; Канивец, Миронова, 1973; Чербарь, 1977; Владыченский, Боровкина, 1986 , Владыченский, 1998].

Почвенный покров гор еще более осложняет пестрота почвообразующих пород. Это многократно подчеркивалось различными исследователями [Ногина, 1948; Таргульян, 1971; Михайлова, 1976; Урушадзе, 1979, 1989; Мамытов, 1980; Владыченский, 1998; Молчанов, 1999, 2008, 2009; Чернова, 2006; Карпачевский, 2012; Переверзев, 2010].

Первоначальными объектами при изучении горных почв в России долгое время были Крым, Кавказ и Туркестан, расположенные на южной окраине Русской равнины и Прикаспийской низменности; позднее к ним были присоединены некоторые горные массивы Сибири. После Октябрьской революции разносторонние исследования природных ресурсов проводились крупными комплексными экспедициями Академии наук СССР (Кузнецко-Алтайской, Байкальской, Горно-Алтайской, Тувинской, Южно-Енисейской, Забайкальской) с участием виднейших советских ученых.

Формирование и распределение почв в горах подчиняется закону вертикальной зональности (поясности), установленному В.В. Докучаевым в 1898г, на Кавказе. Наиболее полно и разнообразно серии вертикальных зон представлены в нашей стране на Кавказе в различных его частях.

Взучая горные почвы Кавказа, С.А. Захаров заключил, что горные почвы по ряду признаков отличаются от почв равнинных территорий, и что они своеобразны по образованию, течению почвообразовательных процессов, морфологии, составу [Захаров, 1914, 1948].

В первой половине XX в. в основном, изучали высокогорные почвы Большого Кавказа [Прасолов, 1929, 1947; Тарасашвили, 1939]. В работах Ю.А. Ливеровского [1948], С.В. Зонна и И.П. Герасимова [1946], М.Н. Першиной [1949] раскрыты генетические особенности горно-луговых альпийских и субальпийских почв, дан анализ поведения химических элементов в процессе

выветривания. Используя собственные исследования, исследования К.Д. Глинки, С.С. Неуструева, С.А. Захарова и других, И.П. Герасимовым в 1948 г. впервые была сформулирована проблема специфичности почвообразования в горных странах и основных закономерностей высотной поясности [Герасимов, 1948, 1959]. А.С. Владыченский и Е.М. Боровкова [1986] изучали почвы северо-западного Кавказа. Авторы установили, что гумус горных почв имеет специфические черты. Причиной этого является своеобразное проявление и сочетание факторов гумусообразования в условиях горных территорий.

В горах почвенный покров подчиняется особому закону высотной зональности, которая выражена тем лучше, чем больше высота гор. Однако для проявления высотной зональности почв имеет значение не только высота гор, но и географическая широта. Каждая горная страна обладает своей высотной почвенной зональностью [Крупенников и др., 1969; Розанов, 1977; Таргульян, Соколов, 1978; Бадмаев и др., 2011; Дымов, Жангуров, 2011; Ковалева, 2012].

Горы острова Сахалина представлены несколькими хребтами небольшой высоты (1500-1600 м). У подножий гор распространены луговые и болотные почвы речных террас и морских побережий, которые на высоте 400-800 м сменяются лесными дерновыми кислыми и горно-лесными бурыми почвами, развивающимися под хвойными лесами. На высоте 800-1000 м под кедровым стлаником формируются горно-торфянистые глеевые почвы, переходящие в горно-тундровые почвы, развивающиеся под низкорослой кустарниковой растительностью [Петров, 1947; Ивлев, 1977].

Горные области Сибири и Дальнего Востока (несколько типов) в основном покрыты лесами с преобладанием лиственницы и сибирской ели. Под их покровом формируются горно-мерзлотно-таежные и горные подзолистые почвы. Выше формируются горно-тундровые торфянистые и горно-торфянисто-глеевые почвы [Петров, 1952].

Более полная вертикальная поясность выражена в горных областях Алтая и Саян. Отдельные хребты Алтая достигают 4620 м над уровнем моря (гора Белуха). В горной системе Саян выделяется главный Саянский хребет,

отдельные вершины которого достигают 3490 м над уровнем моря (Мунку-Садык). Подгорные степи с черноземами простираются до высоты 4000 м; в лесостепном поясе распространены черноземы выщелоченные. На высоте 600 м начинается лесной пояс [Петров, 1952].

Позже, в 50-е, 60-е, 70-е годы вновь активизировались исследования горных территорий, как на Кавказе, так и в Сибири. На Камчатке почвообразование так же, как и на Сахалине, протекает в условиях муссонного климата, где на почвообразование большое влияние оказывает вулканическая деятельность. В горно-таежном поясе формируются горные подзолистые и дерново-подзолистые почвы, которые на высоте 1000-2000 м сменяются горно-тундровыми торфянистыми почвами [Градобоев, 1955].

В 80-е г.г. ознаменовались исследования горных территорий Украинских Карпат, Западного Памира, Тань-Шаня, Хибин, Дарвиза и Салаира [Канивец, Миронова, 1973; Чербарь, 1977]. Горно-лесные почвы тянь-шаньских ельников были названы М.А. Глазовской [1979] горно-лесными темноцветными из-за темной окраски гумусового профиля и большого содержания в них гумуса. С развитием методов почвенных исследований в последующие годы появились работы А.М. Мамытова и И.А. Ассинга [Мамытов, 1980; Ассинг, 1986], в которых были изучены особенности почвообразования и свойства горных почв Тань-Шаня.

Ф.Я. Багаутдинов, Ф.Х. Хазиев, Т.Т. Гарипов [1997] изучали гумусное состояние некоторых почв Южного Урала.

Кислотно-основная буферность буроземов Украинских Карпат была заложена в основу работы С.П. Позняка [2001]. Показано, что буроземы Украинских Карпат обладают низкой буферностью к кислотным воздействиям и высокой – к щелочной нагрузке.

Подольской Т.В. [2005] была проведена обширная работа по изучению химических свойств почв пояса березового криволесья юго-западной части Хибинского горного массива.

Почвы Дальнего Востока, в том числе Сихотэ-Алиня, изучены достаточно полно [Пшеничников, Пшеничникова, 2002; Пшеничников и др., 2009; Пшеничников, 2010; Карпачевский, 2012].

На фоне масштабных исследований крупных горных экосистем в начале XX века стали появляться работы по изучению почвенного покрова Северного, Среднего Урала. Первая масштабная экспедиция была в 1939-1945 г.г.. На основании изучения и обобщения всех материалов экспедиции была разработана общая, для того времени, классификация почв Урала, выяснены основные закономерности их географии и генезиса, составлена почвенная карта для Среднего Урала [Иванова, 1947]. Впоследствии горные почвы Среднего Урала изучали А.А. Лютин [1959], К.П. Богатырев и Н.А. Ногина [1962], Н.Я. Коротаев [1962], Г.Н. Канисев [1964], Л.К. Главатских [1971].

В разных горных системах формируются свои физико-химические особенности почв. Это происходит за счет того, что почвы образуются при совершенно разных условиях: высота горной системы, генезис, преобладающая растительность и т.д. (таблица 1.1).

Таблица 1.1 – Физико-химические свойства почв в разных горных областях

Горизонт	Глубина образца, см	$pH_{вод.}$	Hг	S	H^+	Al^{3+}	V, %
			мг-экв/100 г почвы				
Кавказ. Горно-луговая альпийская почва (2650 м н.у.м.) [Волокитин, 2012]							
Ад	0-4	4,7	21	16,2	–	–	45
А	5-15	4,4	18,2	5	–	–	21,5
В	22-32	4,4	13,8	4,9	–	–	26,2
ВС	38-48	4,6	7,9	1,4	–	–	15
Горный Алтай. Горная тёмно-серая лесная почва (500 м н.у.м.) [Мерзляков, 2007]							
Ад	–	6,4	10,85	–	0,3	0,2	80,88
А	–	5,7	12,6	–	1,3	0,4	68,88
АВ	–	5,2	17,5	–	1,5	0,8	48,83
В	–	4,7	21,3	–	2,8	3,3	31,41
ВС	–	5,4	15,4	–	2,4	2,3	59,84
Сихотэ-Алинь. Бурозем оподзоленный (400 м н.у.м.) [Семаль, 2007]							
AYe	4-18	6,5	10,2	–	–	–	82,4
ELM	18-58	5,8	6,2	–	–	–	83,4
BM1	58 и ниже	6,3	4,8	–	–	–	87,5
Средний Урал. Органо-аккумулятивная (940 м н.у.м.) [Самофалова, 2014а]							
ao	0-10	3,4	45,4	38,8	–	–	46
AH	10-28	3,9	19,2	5,5	–	–	22
AYel	28-37	4,4	15,3	8,0	–	–	34

Закон высотной зональности предложили называть законом горной зональности [Ливеровский, Корнблюм, 1960], так как ученые выделили две более частные закономерности зональных изменений почвенного покрова: 1) вертикальная поясность горных склонов (прямое влияние гор) и 2) гумидно-предгорная и аридно-теневая зональности равнин и предгорий (косвенное влияние гор). Следовательно, понятие горной зональности является более широким по сравнению с понятием высотной зональности.

Итак, высотная зональность (поясность) в почвенном покрове горных территорий – явление достаточно сложное – следствие сочетания и различных соотношений трех влияний горного рельефа на макроклимат: гипсометрического (эффект аэротермического градиента и связанного с ним увлажнения), макроэкспозиционного (инсоляционная асимметрия поясности) и барьерного (ветровая асимметрия поясности).

Рассмотрение структуры вертикальной зональности позволяет установить, что она находится в тесной связи с физико-географическими условиями того или иного района суши и закономерно изменяется вместе с ними [Фридланд, 1953, 1966].

Об индивидуальных чертах строения почвенного покрова горных систем писал В.А Ковда, который считал, что отрицательный баланс горного почвообразования сначала характеризует наиболее соответствующие единые черты почв и почвенного покрова. В наивысшей степени это проявляется в повышенных частях горной системы [Ковда, 1973].

На неповторимость строения ПП горных систем указывал Б.Г. Розанов. При отрицательном значении баланса он выделял три особенности: 1) горные примитивные почвы (литосоли) развивающиеся в скалистых молодых и омоложенных горах; горные хорошо развитые почвы высоких гор альпийского типа – ранкеры, рендзины, горно-луговые почвы, горно-подзолистые; 2) наличие вертикальной зональной структуры; 3) почти повсеместное увеличение гумидных, субгумидных и субаридных районов мира на горных склонах

буроокрашенных и слабо дифференцированных на горизонты почв, которые относятся к разным типам в разных биоклиматических поясах [Розанов, 1977].

И.П. Герасимов считал, что в горах могут формироваться совершенно необычные, редкие экосистемы, в которых можно встретить разнообразные типы почв. Изучив данные о составе и строении почвенного покрова, он увидел более явные различия между горными и равнинными территориями. В горных почвах развивается система вертикальных почвенных поясов отличительного состава, в которой особую роль играют своеобразные горные генетические типы почв [Герасимов, 1981].

Набор факторов почвообразования един для всех ландшафтов Земли, в этом смысле нет различий между горами и равнинами. Однако проявление каждого фактора в горах специфично и отлично от такового в условиях равнин [Владыченский, 1998]. Эта специфичность проявляется в следующем: 1. В горах формируются своеобразные климатические условия (относительно более влажный и холодный климат); 2. Возрастает, по мере увеличения высоты, суммарная солнечная радиация и др. Высотная поясность и широтная зональность не тождественные явления, имеющие в своей основе разные механизмы [Ковалева, 2012].

Горное почвообразование имеет специфическую черту – пестрота почвенного покрова, которая зависит от рельефа, экспозиции, высотного положения, почвообразующей породы, поясных особенностей растительного и животного мира [Михайлов, Козлов, 1961]. Рельеф определяет характер гидрологического режима горных почв. Хорошая дренированность горных ландшафтов определяется отсутствием влияния грунтовых вод. Поэтому в горах преобладает водный режим промывного, периодически промывного и реже, непромывного типов [Владыченский, 1998].

Биологический фактор почвообразования также отличается своеобразием. Основной чертой растительности горных стран является ее распределение по высоте в соответствии с системой высотной поясности. Наиболее общей закономерностью высотной поясности является смена с высотой лесных поясов

на пояса травянистых, луговых растительных сообществ [Краснощеков, 1996; Владыченский, 1998, Бадмаев, 2008; Краснощеков, 2008; Жангуров и др., 2012; Карпачевский, 2012; Ковалева, 2012; Краснощеков, 2013; Дымов и др., 2014; Жангуров и др., 2017; Гынинова, Бадмаев, 2021; Балсанова и др., 2022].

Общая классификация структур высотной зональности ПП северной части Евразии свидетельствует о большой сложности явления высотной зональности. Однако, влияние гор не ограничивается горной территорией, так как горы могут существенно влиять на климат, ландшафты и почвенный покров прилегающих равнин на расстояния, измеряемые сотнями километров [Крыщенко, 1991; Крыщенко, Молчанов, 1991; Крыщенко, Самохин, 2008].

В связи с активностью и повышением интереса к почвам труднодоступных и малоизученных горных территорий, за прошедшие годы нового столетия получен дополнительный объем знаний по этим почвам, разработаны концепции их генезиса и экологической приуроченности.

Глава 2. ПРИНЦИПЫ, ПОДХОДЫ И МЕТОДОЛОГИЯ ИССЛЕДОВАНИЯ

2.1 Научно-методологические подходы исследования почвенного покрова в горных системах

Степень разработанности научной проблемы

Закономерности неоднородности ПП были выявлены основоположником генетического почвоведения В.В. Докучаевым, его коллегами, учениками и последователями НЛ. Сибирцевым, Г.Н. Высоцким, С.С. Неуструевым, С.А. Захаровым, Л.И. Прасоловым, Е.Н. Ивановой и многими другими учеными. Однако, основы теоретических и методологических подходов к оценке неоднородности ПП были заложены В.М. Фридландом, Я.М. Годельманом в 60-70-х г.г. прошлого века. Постоянный интерес к изучению неоднородности ПП, привел к формированию сложившейся методологии изучения структуры почвенного покрова для сельскохозяйственных угодий. Разнообразие почв здесь определяет направленность хозяйственного использования земель.

В литературе известны общие принципы и подходы к изучению структуры почвенного покрова в генетическом плане. Прикладные проблемы только еще ставились и не имели четко разработанных методических подходов, не был еще накоплен и фактический материал по этим вопросам.

Концепция СПП в решении прикладных задач выступает как методический подход, обязывающий при постановке исследований и их интерпретации учитывать пространственные закономерности ПП, в первую очередь его внутриландшафтную дифференциацию и разнообразие в пределах изучаемой территории, его географическую представительность. Такой подход предполагает выявление, учет и анализ трех уровней организации почвенного покрова – элементарных почвенных ареалов (ЭПА), элементарных почвенных структур (ЭПС), или микроСПП, мезоСПП.

Значительный вклад в развитие теории СПП, методологии СПП внесли: В.П. Белобров, Е.К. Дайнеко, Л.П. Ильина, Л.О. Карпачевский, Ф.И. Козловский,

Н.П. Сорокина, М.Н. Строгонова, Н.И. Добротворская и другие. Комплекс методических приемов позволяет применить качественные и количественные характеристики СПП для организации рационального использования почвенных ресурсов, их оценки и картографирования. «Структурный подход» активно использовали в основном на пахотных угодьях.

Анализ библиографии и теоретических работ по СПП позволяет заключить, что генетико-функционально-эволюционное направление изучения СПП развито слабо, так как преобладает описательный подход. В генетическом почвоведении, и в смежных ландшафтных дисциплинах имеется основа для развития методологии морфогенетического и функционального изучения почвенного покрова. Этап накопления региональной информации сменился работами обобщающего характера (Белобров В.П., Васильевская В.Д. и др., Королюк Т.В.), среди которых определенное место занимают теоретические разработки (Козловский Ф.И., Горячкин С.В., Симакова М.С., Кауричев И.С., Романова Т.А., Сорокина Н.П.). Ф.И. Козловский [1992], анализируя работы В.М. Фридланда, выделил 4 уровня морфологической организации ПП: микрокомбинации; мезокомбинации; бассейны, как фундаментальная единица ПП, так как в его пределах достигается полное единство конкретной локализации и морфологической и функциональной структуры почвенного покрова; совокупность относительно однородных бассейнов образуют ареал 4-го порядка.

По мнению ученых [Козловский, 1992; Соколов, 1993, 2004; Козловский, Горячкин, 1993; Апарин, 2007; Горячкин, 2007; Álvarez Arteaga et al., 2008] основное составляющее ядро концепции СПП должно развиваться в трех направлениях: морфоструктурном, функциональном и информационном. Необходимо сохранить и развивать генетико-эволюционный анализ почвенного покрова, который обеспечивает смысловую составляющую современным количественным подходам к его изучению [Соколов, 2004; Апарин, 2007; Грибов, Шторм, 2010; Таргульян, Горячкин, 2011; Грибов, 2012].

Теоретические представления о СПП

Учение о СПП в последние годы получило большое развитие в связи с возросшими возможностями почвоведения в целом, накопившего большой теоретический багаж, огромный материал по крупномасштабному картографированию почв; общему развитию наук о Земле, внедрению в почвоведение математических методов, геоинформационных систем.

Организация ПП является важнейшим направлением почвоведения, изучается во многих странах мира. Изучение отечественной и зарубежной научной литературы по исследуемой теме показало, что происходит развитие разных подходов к трехмерному исследованию почвенных тел, как близких к теории структуры почвенного покрова, так и далеких от нее.

Основные направления исследования СПП можно сгруппировать следующим образом: теория и обобщение; региональная характеристика СПП; генезис, классификация СПП; естественная эволюция ПП; для решения прикладных задач; антропогенные изменения СПП; картография СПП; применение СПП для целей районирования и типологии земель; генетико-эволюционные методы изучения СПП; аэрокосмические методы изучения СПП. Ф.И. Козловский, С.В. Горячкин, анализируя библиографию публикаций по СПП, считают, что западное почвоведение в исследовании почвенного покрова, оказывается более «генетичным», чем российское [Козловский, Горячкин, 1993; Апарин, 2007; Горячкин, 2007]. Теоретические работы ученых мало известны за рубежом, так как, большей частью опубликованы на русском языке. Учение о СПП в России находится на более продвинутых позициях, чем за ее пределами. В конце 90-х г.г., в иностранных публикациях, стало появляться больше, чем в российских, теоретических изысканий по вопросам почвенного покрова, давно обсужденных в России.

До настоящего времени российские и иностранные ученые используют различные концепции и подходы для исследования СПП: концепция «систем почвенных ландшафтов», учитывающая действие и необходимое моделирование «внутри-, меж- и подсистемных процессов» [Hugget, 1975];

концепция элементарных почвообразовательных процессов [Годельман, 1983]; концепция почвенно-ландшафтного анализа [Hole, Compbell, 1985]; концепция элементарного почвенного ареала (ЭПА); концепция структурной организации ПП; концепция о почвенном индивидууме; концепция почвенных катен; концепция организации почвенного пространства [Haase, 1979; Florea, 1989]. Основные подходы, реализуемые в учении о СПП: генетическое направление изучения почв и ландшафтов (теория элементарных почвообразовательных процессов); топография ландшафта [Шарый и др., 1991]; почвенная геостатистика [Webster, Oliver, 1990].

Имеется значительное число трудов, посвященных перспективе развития концепции СПП, которая видится на пути интеграции исследований ПП и вмещающей геосистемы, а также дальнейшего развития системного подхода – моделирования структурно-функциональной организации и эволюции ПП и геосистемы местного уровня. В современной науке происходит активный поиск путей моделирования процессов в почвах и ПП. На основе уже существующих теоретических разработках учения о СПП и накопленных научных знаниях учеными, Ф.И. Козловский, С.В. Горячкин, для усиления генетико-динамической части учения, предложили ряд следующих концепций.

Концепция почвенного покрова как каркаса и основного источника информации о структуре, функционировании и истории геосистем [Козловский, Горячкин, 1993]. Эта концепция раскрывает доминирующее значение учения о СПП в исследованиях ландшафтной динамики в области синтеза данных о частных явлениях и процессах. Концепция информации о почвенно-ландшафтных процессах в морфоструктурах ПП, раскрывающая проблему пространственной и временной привязки признаков почвенно-ландшафтных процессов. Концепция функциональной и морфологической структуры ПП учитывает наиболее существенные особенности природы морфологической структуры ПП, его места и роли в геосистеме, целостность которой определяется обменными процессами, происходящих в ПП. Концепция формализованных подходов при изучении СПП, то есть математизации.

Математические методы – это средство выявления качественных и количественных закономерностей структурной и функциональной организации ПП и ландшафта в целом. Формализованный морфогенетический анализ ПП включает подходы морфостатистического (системный анализ, геостатистика, крикинг) и морфодинамического анализа почвенного покрова и ландшафтов (анализ приращения, а не абсолютных величин, как в случае морфостатики). Признание фундаментального характера нестационарности почвенного покрова и ландшафта соответствует современной парадигме естествознания [Пригожин, Стенгерс, 1986]. Разработана шкала элементарных преобразований ПП, каждая градация (7 шт.) которой характеризуется определенным инвариантом.

Исследования организации и структуры ПП горных стран – давняя и до сих пор не до конца разработанная тема на стыке почвоведения, ландшафтоведения, геохимии ландшафтов, биогеографии, экологии и т.д. Изучение СПП – важнейшая проблема почвоведения, так как почвенный покров большинства горных стран остается мало изученным. Без познания генетических взаимосвязей почв, составляющих ПП, характера почвенных комбинаций, закономерностей формирования ПП, особенно в сложных природных условиях гор, невозможно его рациональное использование, надежная охрана [Добровольский, 1996; Орлянский, 2010; Чернова, 2012, 2016; Присяжная и др., 2016; Шеломенцев, Петрова, 2017; Самофалова, 2020, 2021].

Основные методологические принципы естественно-научного исследования

Исследования ПП горных территорий носят локальный характер и нацелены на выявление индивидуальных особенностей почв высотных ландшафтов. Работ, посвященных географическому, генетическому и экологическому обобщению специфики почвообразования в различных условиях гумидных и субгумидных гор (ледниково-перигляциальный сектор мегаструктуры педосферы [Соколов, 1993] очень мало. В связи с этим существует необходимость формулировки теоретических положений, которые будут основой для разработки общих методов и подходов к оценке и прогнозированию почвенно-экологического состояния горных ландшафтов.

За основу взята концепция пространственно-временной организации педосферы И.А. Соколова, согласно которой, вся педосфера разделена на пять секторов (гумидно-тропический, ледниково-перигляциальный, аридный, криогенный, вулканический) по основным общим закономерностям экзогенеза и организации геодермы [Соколов, 1993]. Генетическая сущность почвенного покрова и геодермы каждого сектора требует собственных методологических подходов с учетом специфики секторов. Ледниково-перигляциальный сектор мегаструктуры педосферы оказался научным полигоном, на основе изучения которого родились основные концепции географии почв: учение о зональности и фациальности, концепция комплексности, учение о микроструктуре почвенного покрова.

Ледниково-перигляциальный сектор мегаструктуры педосферы по И.А. Соколову характеризуется следующими особенностями почвообразования: периодическое оледенение и периодическое омоложение поверхностными процессами тотальной денудации и (или) покровного седиментогенеза; контрастное изменение биоклиматических условий во времени и пространстве; литолого-геоморфологическая стабильность голоцена [Соколов, 1993]. Эти условия в свою очередь определяют преобладание почв позднеплейстоценового и (или) голоценового возраста; полигенетичность большинства почв, в пределах мегаструктуры, а также климатогенное разнообразие почв. К этим почвам, по мнению И.А. Соколова, неприменимы традиционные методы генетического анализа (сравнительно-горизонтный, балансовый) [Соколов, 1993]. Почвенный покров является сложным как по составу, так и по структурной организации. Наиболее интересной характеристикой ПП ледниково-перигляциального сектора является климатическая дифференциация, обусловленная различиями в обеспеченности теплом (пояса), увлажнении (зоны и подзоны) и степени континентальности климата; характерна микропестрота почвенного покрова и ее полигеетичность: топогенная, палеокриогенная, фитогенная и др.

В горных ландшафтах особенностью онтогенеза почв является то, что состав и структура почвенного покрова находятся не в климаксном состоянии, а

периодическое омоложение приводит к изменению свойств почв, причем в течение коротких промежутках времени [Пшеничников, Пшеничникова, 2002, 2004, 2009; Ковалева, 2012; Карпачевский, 2012].

Достижение любой научной цели включает формирование перечня методов, служащих для оценки состояния изучаемых объектов. В почвоведении в силу сложности объекта (в частности при исследовании почвенного покрова горных стран) выбирают методы, которые определяются принципами исследования. Первый принцип основан на генетическом понимании исследования почвенного профиля: почвообразование представляет собой способ преобразования исходного субстрата (коры выветривания) в почвенный профиль. В горных ландшафтах процессы трансформации вещества и энергии отличаются повышенной активностью и высокой чувствительностью к любым внешним воздействиям. Второй принцип – пестроты и разнообразия (педоразнообразия). Третий принцип отвечает необходимости оценки функциональных и экологических последствий процессов почвообразования в пределах высотных ландшафтов. Четвертый принцип основан на географическом и геоморфологическом аспектах: оценка последствий процессов почвообразования в пределах литоводосборного бассейна. Пятый принцип, позволяет утверждать, что, почва в естественных высотных ландшафтах является комплексной функцией, как факторов почвообразования, так и взаимодействия и взаимовлияния вертикальных и горизонтальных геосистем.

Сформулированные принципы положены в основу системы разрабатываемых представлений о почвах горных ландшафтов и помогают классифицировать инструменты исследования на уровне подходов.

Формирование методологической основы

Разные уровни организации ПП (микрокомбинации, мезокомбинации, бассейны, совокупность однотипных бассейнов) [Фридланд, 1972; Сочава, 1978; Важенин, 1982; Корытный, 1991, 2001, 2017; Гринберг и др., 1994; Козловский, 1992; Козловский, Горячкин, 1993; Трифонова, 1994, 1999; Чалова, Чалов, 1999; Трифонова, Шутов, 2019; Самофалова и др., 2020] требуют

применения различных традиционных и современных методов исследования и подходов: макроморфологический, геостатистический, бассейновый, интерполяции и моделирования.

Основные направления генетического почвоведения: субстантивное, функциональное, генетическое. Все методы и подходы для изучения организации почвенного покрова горных стран объединены в две группы по особенностям объекта.

В первую группу включены подходы и методы для разносторонней характеристики почв и понимания условий, закономерностей их формирования в конкретных условиях ландшафта: профильный, сравнительно-генетический, сравнительно-литогенетический, сравнительно-географический, сравнительно-эволюционный, субстантивный, функционально-генетический подходы.

Во вторую группу объединены подходы и методы, используемые для выявления закономерностей организации почвенного покрова в пространстве. В первую очередь необходимо использование геосистемного, иерархического (структурно-организационного) подходов.

Пространственно-временное функционирование горных геосистем характеризуется сложностью геолого-геоморфологической и биоклиматической организованности. Специфика горного почвообразования заключается во взаимодействии двух геосистем: высотных поясов и литоводосборного бассейна, каждая из которых подчиняется собственным законам и порядку развития [Трифонова, 1999]. Таким образом, для определения специфики формирования СПП в горных условиях необходимо выявление особенностей взаимоположения двух геосистем: высотной биоклиматической поясности и литоводосборного бассейна. В горных странах различные формы рельефа обуславливают большое ландшафтное разнообразие территории.

В геосистеме все компоненты равноправны и все взаимосвязи между ними подлежат изучению. Бассейновые геосистемы имеют строгую иерархическую упорядоченность, и связаны потоками вещества и энергии. Совместное исследование горизонтальной (в пределах высотных ландшафтов)

и вертикальной (в пределах бассейнов) пространственной организации ПП позволяют изучить взаимосвязи и взаимодействия компонентов геосистемы.

Одним из способов деления ландшафтно-геоэкологического пространства в исследовании наземных геосистем широко используется бассейновый подход [McFadden, Knuepfer, 1990; Rhoton et al., 2006; Pan et al., 2012; Khayrulina et al., 2016]. Многими авторами исследуются бассейновые геосистемы, так как они имеют строгую иерархическую упорядоченность и связаны потоками вещества и энергии [Корытный, 1991, 2001, 2017; Трифонова, 1994, 1999а, 1999б, 2005, 2009, 2013; Кащавцева, Шипулин, 2011; Ермолаев и др., 2014; Пьянков и др., 2019]. Бассейн интересен для исследования наземных экосистем, как полигон, на примере которого есть возможность проследить зональные изменения ландшафтов, как в собственно зональных местоположениях, так и в интразональных и экстразональных [Чалова, Чалов, 1999; Черных, Золотов, 2011].

Многие ученые декларируют, что особенность современных исследований заключается в преобладании системного, обще-экологического подхода (Т.А. Трифонова, С.В. Горячкин, П.В. Красильников, М.А. Смирнова, А.Н. Геннадиев, Е.Г. Пузаченко), использовании цифровых моделей рельефа и пространственных моделей местности для изучения экосистем [Смирнова и др., 2015; Калюжная и др., 2019; Чащин, Кондратьева, 2019]. Перспективным направлением является интеграция космического мониторинга и пространственного анализа в ГИС для создания различных моделей [Копылов и др., 2014; Самофалова, Шутов, 2015; Пьянков и др., 2019; Ward, 1963; Singh et al., 1997; Zhao et al., 2003; Yan et al., 2004; Petty et al., 2010; Gray et al., 2012; Gubareva, 2012; Ballabio et al., 2016]. Геопространственный анализ на основе бассейнового подхода позволяет выделять границы бассейнов по цифровым моделям рельефа, проводить типизацию геосистем для различных целей [Снитко и др., 2016; Самофалова, 2019б; Трифонова, Шутов, 2019; Самофалова и др., 2020; Homann et al., 1995; Petty, Barker, 2004; Robinson, Metternicht, 2006; Wei et al., 2008; Zare-mehrjardi et al., 2010; Pang et al., 2011; Moskalenko, 2012; Zhang et al., 2012; Liu et al., 2014; Hussain et al., 2014; Mirzaei, Sakizadeh, 2015;

Gouri et al., 2016; Samsonova et al., 2017], в том числе для различных видов районирования.

Концептуальный подход основан на концепции почвенного индивидуума, концепции структурной организации, концепции системного анализа, концепции геохимического ландшафта, концепции структуры почвенного покрова, концепции статистической модели, концепции гетерохронности почвенного профиля, концепции почвенных функций.

Таким образом, методологическую основу изучения ПП в горных условиях составляют как традиционные (ландшафтный, сравнительно-географический, профильный методы), так и современные методы геомоделирования, цифровой картографии, информации. Перспективным направлением является интеграция космического мониторинга и пространственного анализа в ГИС для создания различных моделей пространственной организации ПП. Применение современных методов позволяет исследовать неизученные труднодоступные территории, так как фрагментарность знаний о пространственной организации ПП в горных странах препятствует возможности формирования основы для принятия решений, способствующих рациональному использованию территории, осуществлению прогнозирования изменений компонентов ландшафта.

2.2 Методы исследования, показатели и параметры

Исследование почвенного покрова гор необходимо проводить в несколько этапов.

1 этап – картографический. Провести морфометрический анализ изучаемой территории на основе ЦМР и составить карты крутизны, экспозиций склонов. На основе ЦМР выделить границы водосборных бассейнов (карта), выделить элементы структурной организации бассейнов рек, определить по NDVI биологическую продуктивность территории (карта), определить по индексу увлажнения переувлажненные почвы (карта). Выбрать и определить ключевые участки для заложения почвенных разрезов.

2 этап – полевой. Производится закладка почвенных разрезов в разных высотных ландшафтах и элементах бассейнов. Описание профиля и классификационное положение определяется непосредственно в поле, сделать фотографии разреза и ландшафта.

3 этап – аналитический. Проведение лабораторно-аналитических испытаний, расчеты геохимических коэффициентов и индексов.

4 этап – обработка данных: составление базы данных, статистическая обработка, информационно-логический анализ, методы многомерной статистики, моделирование.

5 этап – системный факторный анализ для составления модели пространственной организации ПП. Для выявления закономерностей пространственной организации почвенного покрова необходимо использование иерархического (структурно-организационного) подхода.

Основными методами, используемыми при создании единой базы данных, являются системный подход, формализация, статистическая обработка, математическое моделирование. Составлена иерархическая система методов исследований для изучения пространственно-структурной организации почвенного покрова горных территорий (таблица 2.1).

Разработана системная методология исследования почвенного покрова горных ландшафтов, включающая факторы идентификации горных геосистем, бассейно-ландшафтную концепцию формирования почв, основные критерии оценки. Методология исследования ПП горных геосистем основана на бассейно-ландшафтной концепции формирования почв, заключающейся во взаимодействии и взаимовлиянии вертикальных и горизонтальных геосистем в горных ландшафтах.

Факторы идентификации горных геосистем: бассейнообразование (рисунок стоковой системы), структура геосистем бассейнов, структура геосистем высотных поясов, морфометрическая характеристика рельефа и литоводосборных бассейнов.

Таблица 2.1 – Иерархическая система методов исследований (анализа) почв в горных системах

Иерархический уровень	Методы исследования (анализа)	Показатели, признаки
Природная зона	Макроморфологический	Набор типов почв
Высотный ландшафт	Картографический, макроморфологический, морфометрический, обобщенный пространственный анализ, информационно-логический, описательная статистика	Почвенные комбинации, площади типов почв
Элемент структуры бассейна		
Почвенный ареал	Макроморфологический, морфологический, физические, химические, физико-химические	Мощность и характер генетических горизонтов, окраска, щебнистость, гранулометрический состав, содержание углерода и азота, соотношение C:N, катионный состав, кислотный след, биоморфы, химический состав, магнитная восприимчивость, геохимические коэффициенты, литохимические индексы выветривания и др.
Почвенный горизонт		
Морфон (педогенный очаг)		
Пед		

Рекомендуемые критерии оценки, используемые в методологии: установление границы изменения взаимодействия вертикальных и горизонтальных геосистем; степень влияния морфометрических характеристик рельефа и ЛВБ на дифференциацию растительного и почвенного покровов.

Показатели и параметры, необходимые для выявления закономерностей, и обеспечивающие дополнительную интерпретацию данных о почвенном покрове, как в вертикальных, так и в горизонтальных геосистемах, представлены в таблице 2.2.

Таким образом, в работе применена система методов и приемов, используемых в генетическом почвоведении.

Таблиц 2.2 – Группы показателей и параметров, используемые в исследовании

Группа показателей	Показатели
Морфометрические параметры рельефа	Абсолютная высота местности, экспозиция склонов, крутизна, элементы рельефа.
Морфометрические параметры бассейнов рек	F – площадь бассейна, P – общий периметр бассейна, J – протяжённость реки (в плане), U – средняя ширина водосбора, K – коэффициент вытянутости водосбора, Fп/Fл – площадь правой и левой части бассейна, α – коэффициент ассиметрии, O – вид асимметрии (правая/левая), L – общая длинна рек бассейна, D – густота речной сети, рисунок стоковой системы.
Картографические	Площади объектов, контуров, местоположение.
Морфологические	Описание профиля по морфологическим признакам и диагностическим горизонтам и генетическим признакам; содержание и распределение щебня в профиле почв; определение окраски горизонтов по цветовой шкале.
Физико-химические	Кислотно-основные свойства почв (солевая и водная вытяжка pH, гидролитическая кислотность, сумма обменных оснований, насыщенность основаниями), органический углерод, потери при прокаливании и зольность в органогенных горизонтах, содержание общего азота.
Физические	Гранулометрический состав почв, типы распределения ЭПЧ, гранулометрические показатели (содержание глинных компонентов, дисперсность глинных компонентов, средний диаметр песчаных частиц, зернистость песчаных частиц); структурная формула гранулометрического состава, удельная поверхность почв, магнитная восприимчивость.
Химические	Макро- и микроэлементный состав, групповой состав соединений железа, энтропия валового состава, подвижные соединения тяжелых металлов.
Эволюционные	Микробиоморфный анализ почв, КС почвообразования,
Статистические	Структурные связи свойств в почвах (коэффициент корреляции), общая информативность, эффективность передачи каналов связи, вероятностные состояния факторов и явлений, показатели описательной статистики, уровень значимости признака.
Геохимические	Геохимические коэффициенты и литохимические модули, коэффициент латеральной дифференциации, коэффициенты выветривания.
Структурно-организационные	Элементарный почвенный ареал, почвенные комбинации, почвенный покров высотного пояса, типы геосистем.
Высотно-организационные	Амплитуда залегания почв; коэффициент высотной организации почв; коэффициент относительных почвенно-топографических рядов; плотность заполнения типом и подтипом почв единицы высоты.

Глава 3. ВЫБОР ТЕРРИТОРИИ ИССЛЕДОВАНИЯ И ХАРАКТЕРИСТИКА УСЛОВИЙ ПОЧВООБРАЗОВАНИЯ

3.1 Регион исследования

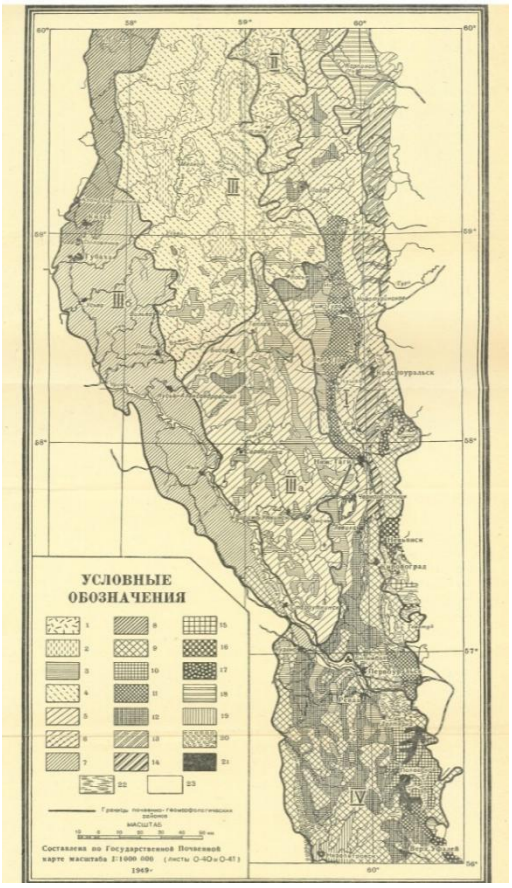
Почвенно-географическое районирование горных территорий не имеет детального деления в связи с малой изученностью и труднодоступностью. В связи с этим разнообразие почвенного покрова горных ландшафтов практически не представлено на картах. Существующие карты почвенно-географического районирования не отражают реальной картины в отношении горной территории Урала, в частности, Среднего (рисунок 3.1).

Рисунок 3.1 – Зоны и подзоны растительности и типы поясности

Средний Урал на Почвенной карте РСФСР масштаба 1:2.5 млн. [1988] представлен горно-луговыми дерновыми и горными лесо-луговыми почвами (рисунок 3.1). Почвенный покров Среднего Урала, как указывалось выше, не изучался систематически, с почвенно-географических позиций.

На почвенной карте России [Почвенная карта РСФСР, 1988] в основном представлены результаты исследования почв первой половины XX века (горно-

луговые дерновые и горные лесо-луговые почвы). Горные почвы Пермского края занимают около 12 % площади. Комплексные исследования горных почв Западного склона Среднего Урала проводили в 1939-1945 г.г. Впервые почвенная карта Среднего Урала была составлена в 1949 г. [Иванова, 1949]. Горные территории на Почвенной карте в отношении почв представлены горными провинциями, которые по своему таксономическому положению соответствуют равнинной почвенной зоне (рисунок 3.2)



Геоморфологические районы:
I - рельеф грядово-лощинный восточного склона.
II - рельеф останцово-горносопочных возвышенностей.
III - рельеф горноувалистый западного склона.
IIIа - среднегорная область западного склона.
IIIб - низкогорная область западного склона.
IV - сниженная область горноувалистого рельефа в южной части горного массива.

Карта составлена К.П. Богатыревым, О.А. Вадковской и Н.А. Ногиной при участии Е.А. Афанасьевой, А.В. Барановской, Е.Н. Иванова и Л.А. Леткова. Генерализована до миллионного масштаба Н.А. Ногиной под непосредственной редакцией Е.Н. Ивановой и под общей редакцией академика Л.И. Прасолова и члена-корр. И.П. Герасимова.

Рисунок 3.2 – Почвенная карта Среднего Урала [Иванова, 1949]

На существующих картографических материалах [Почвенная карта РСФСР, 1988; Урусевская, 2007; Национальный атлас почв…, 2011; Единый государственный реестр, 2014] почвенный покров Среднего Урала представлен буротаежными, горными лесо-луговыми, дерново-подзолистыми и подзолистыми – по классификации 1977 г. частично. Региональные материалы практически не использованы, современные данные отсутствуют.

Региональная почвенная карта Пермского края (рисунок 3.3) существенно отличается от почвенной карты в Национальном атласе (рисунок 3.4), причем, не только для горной части, но и для равнинной [Кондратьева, Бажукова, 2017]. Современная почвенная карта Пермского края показывает, что в горной части не установлена вертикальная зональность почв, что не соответствует действительности [Горчаковский, 1975; Баландин, Ладыгин, 2002; Самофалова, Лузянина, 2014а, 2014б; Самофалова, 2020а, 2020б, 2021].

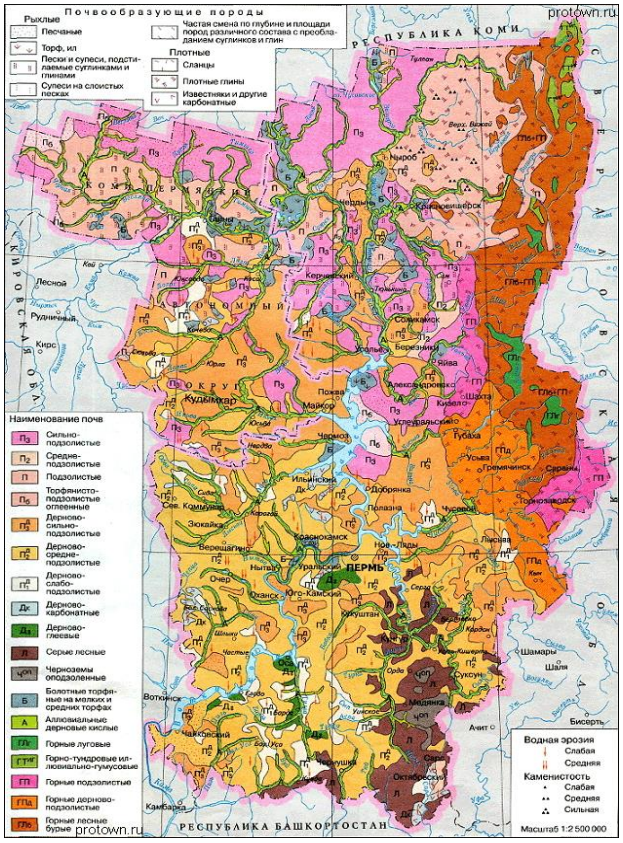


Рисунок 3.3 Почвенная карта Пермского края [Атлас Пермской области, 2000]

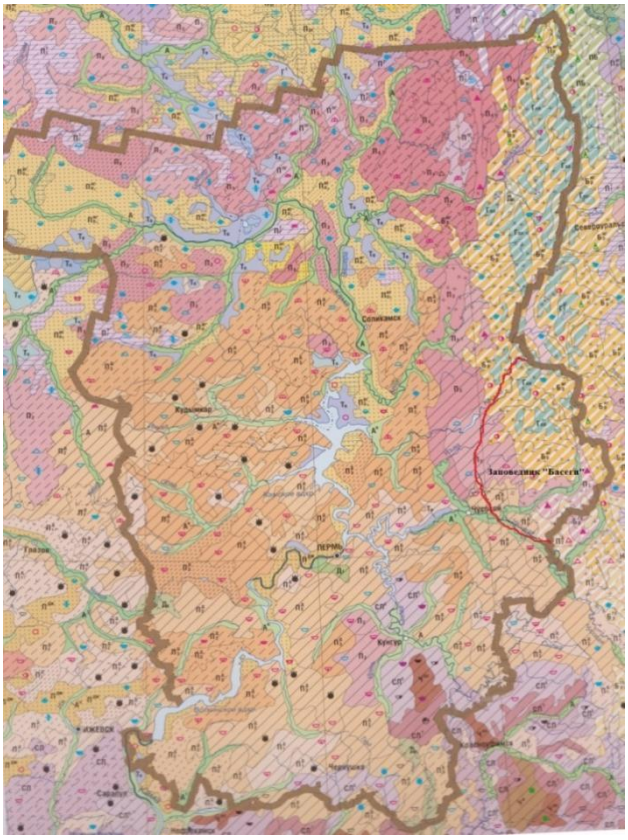


Рисунок 3.4 – Почвенная карта Пермского края, масштаб 1:2 500 000 [Национальный атлас почв…, 2011]

Условные обозначения к рис. 3.4: почвы на карте в пределах хребта Басеги

буро-таежные иллювиально-гумусовые

дерново-подзолистые

горные лесо-луговые

подзолистые

Учёными почвенного института [Ананко и др., 2017, 2018] проводится модернизация общероссийской почвенной карты на новой технологической основе. Авторы проекта по переводу единиц легенды карты РСФСР (1988) в номенклатуру классификации почв России, считают, что новый материал за

последние десятилетие получен, большей частью, в отношении почв Сибири и Дальнего Востока. В настоящее время уже проведена процедура перевода раздела легенды почвенной карты России (ПКРФ) “Почвы горных территорий” [Ананко и др., 2018]. Относительно Уральской горной страны, авторами совершенно не использованы современные региональные материалы для характеристики почв Среднего Урала: характеризуя почвы Среднего Урала, авторы ссылаются на работы по Северному Уралу.

Таким образом, Средний Урал, как физико-географическая область Уральской горной страны – является самой неизученной среди всех горных систем РФ с позиций современных знаний и достижений в науке о почвах.

В России, одной из древнейших горных систем, является Уральский хребет. Горный массив является частью условной границы между континентами Европы и Азии и представляет собой сложную геосинклинальную складчатую систему. Уральские горы – это водораздел двух крупнейших речных бассейнов России: Камско-Волжского и Иртышско-Обского, дренирующий огромные площади территорий Восточно-Европейской (4 млн. км²) и Западно-Сибирской равнин (около 2,6 млн. км²). Уральский хребет и примыкающие к нему возвышенные равнины Приуралья простираются от берегов Северного Ледовитого океана на севере до полупустынных районов Казахстана на юге, имея протяженность более 2500 км с севера на юг, является мощным климаторазделом континента Евразии, так как перераспределяет воздушные массы западного и восточного переноса. Необходимость сохранения глобальных экологических функций Урала требует развития рационального природопользования с учетом влияния всех компонентов ландшафта.

Горные почвы Урала начали изучать позже, чем других горных систем. Активно исследовали почвы Полярного, Приполярного, Северного (ФГБУН ФИЦ Коми НЦ УО РАН) и Южного Урала (ГБНУ "Академии наук Республики Башкортостан") [Лютин и др., 1959; Мукатанов, 1982, 2002; Багаутдинов и др.,

1997; Дымов, Жангуров, 2011; Халитов и др., 2011; Жангуров и др., 2012; Дымов и др., 2014; Лаптева и др., 2015; Жангуров и др., 2017].

Территория Среднего Урала интенсивно осваивается на протяжении нескольких столетий. Здесь расположены самые старые на Урале горнодобывающие центры. В процессе хозяйственного использования естественных ресурсов природная среда оказалась наиболее измененной человеком. В связи с этим, особую актуальность приобретают проблема рациональной организации территории, охраны природы и возобновления естественных ресурсов, прежде всего лесного покрова. В 1982 г. на западных отрогах Среднего Урала (хребет Басеги) был организован «Госуарственный заповедник «Басеги» федерального значения для охраны единственного на Среднем Урале участка с коренными горно-таежными лесами, где научно-исследовательские работы проводили до его официальной организации.

Отсутствие современной информации по почвам Среднего Урала не дает полноценного представления о разнообразии и пестроте почвенного покрова, а также сложности и закономерности его пространственной организации, отклика почв Урала на антропогенное воздействие на прилегающих территориях.

3.2 Изучение почвенного покрова Среднего Урала

До середины 20 века считали, что Урал, как горная система, сильно разрушен и в связи с этим не отражает вертикальной зональности почв, которая отчетливо выражена на Кавказе и в других молодых горных странах. Это послужило причиной малой изученности почв Урала.

Первые сведения получены о горных лугах и опубликованы экспедицией Русского географического общества [Гофман, 1856]. Первый подробный перечень растений был дан П.Н. Крыловым в 1878 году в очерке о растительности высокогорной области Урала. Геологи П.Н. Иванов и Е.С. Федоров, выполняя свою маршрутную экспедицию в 1886 году, описали горные луга, которые поразили их мощностью травостоя и высокой биологической продуктивностью [Самофалова, 2015б, 2018а].

Первые сведения о почвах западной части Пермской губернии дал Р.В. Рисположенский [1899, 1909]. В его работах указывалось, что на Среднем Урале распространены «каменистые почвы». Некоторые сведения о горных почвах Чусовского района, характеризующихся исключительно высокой кислотностью, имеются в работах В.В. Никитина и Г.А. Маландина [1928].

Первая почвенная карта горной части Среднего Урала в масштабе 1:1000000 составлена К.П. Богатыревым, О.А. Вадковской и Н.А. Ногиной, под ред. Е.Н. Ивановой [Иванова, 1949] по результатам Уральской комплексной экспедиции (1939-1945 г.г.) под руководством Л.И. Прасолова, И.П. Герасимова и Е.Н. Ивановой. Согласно этой карте, например, территории Среднего Урала соответствовал район горных среднеподзолистых и горных дерново-среднеподзолистых почв. Горные бурые лесные почвы на Среднем Урале не выделяли [Иванова, 1949]. Ученые отмечали повышенное накопление гумуса, преобладание группы фульвокислот над гуминовыми, и растянутый гумусовый профиль, который считали реликтовым свойством почв [Иванова, 1947, 1949; Богатырев, 1947; Ногина, 1948].

Работа экспедиции побудила ученых в дальнейшем изучать горные почвы Урала, так как полученные аналитические данные по свойствам почв были необычными и непонятными для условий средней тайги, и возникало больше вопросов, чем ответов.

К.П. Богатырев [1946, 1947] впервые выделил дерновые горно-лесные почвы, как особую географическую форму высокогорного почвообразования. Н.А. Ногина [1948], Е.Н. Иванова [1949] отмечали особенность гранулометрического состава среднетаежных почв Урала – образование пылеватых частиц в верхних горизонтах преобладает над их выносом и дальнейшим дроблением, в результате чего фракция мелкой и средней (0,01-0,001 мм), а иногда и крупной (0,05-0,01 мм) пыли в них накапливается.

Е.Н. Иванова [1947, 1949] отмечала высокую обменную кислотность почв, представленную преимущественно алюминием, который в силу высокой коагулирующей способности играет немаловажную роль в формировании

профиля этих почв. Содержание валового железа, по данным Е.Н. Ивановой [1947, 1949], составляет 7-8 %, что позволяет отнести почвы к ожелезненным. Для почв с высоким содержанием щебня сланца отмечалось накопление илистой фракции в верхних минеральных горизонтах [Ногина, 1948].

Е.Н. Иванова [1949] выделила почвы низких гор, средних гор и высокогорий. Для низких гор (до 400-500 м н. у.м.) характерно развитие тех же типов почв, что и на равнинах; в поясе средних гор Среднего Урала – были впервые описаны горно-лесные кислые неоподзоленные или слабооподзоленные почвы. Е.Н. Иванова рассматривала эти почвы как своеобразные почвы горной северной тайги. На высоте выше 900-1000 м н.у.м. Е.Н. Иванова указывала, что появляются типичные высокогорные почвы: горно-тундровые и дерново-горно-луговые альпийские и субальпийские под высокогорными лугами и дерновые горно-лесные под высокогорным еловым редколесьем с травяным покровом.

М.А. Тифлов [1951, 1952] изучал генезис почв высокогорных пространств Урала и рассматривал развитие почвообразовательного процесса последовательно, начиная со скалистых выходов гольцового пояса и кончая контактом горно-луговых почв с почвами горно-лесного пояса.

А.М. Овеснов [1952] изучая горные луга субальпийского и альпийского поясов Западного Урала, описал почвы, выделенные Е.Н. Ивановой: горно-тундровые, дерновые горно-луговые, дерновые горно-лесные.

Р.П. Михайлова [1968], изучая горные почвы Урала определила различия между подбурами и бурыми грубогумусными почвами. Горные почвы Среднего Урала изучали А.А. Лютин [1959], К.П. Богатырев и Н.А. Ногина [1962], Н.Я. Коротаев [1962], В.П. Фирсова [1963, 1968, 1977], Г.Н. Канисев [1964], Л.К. Главатских [1971], Р.П. Михайлова [1976, 1977].

Н.Я. Коротаевым [1962] в восточной части Пермского края выделен Горноуральский почвенный округ, который разделен на два почвенных района: Западный предгорный тяжелосуглинистых подзолистых, дерново-подзолистых и заболоченных почв; Горный Уральский горно-лесных и горно-луговых почв. В

обновленной схеме районирования. [Вологжанина и др., 1982] горная часть Пермского края представлена как Уральская горная область, в пределах которой выделены провинции: Северо-Уральская горно-тундрово-таежная и Средне-Уральская горно-таежная и горно-луговая. Таким образом, на основании действующей почвенной карты Пермского края [1992] и общепринятых принципов выделения таксономических единиц почвенно-географического районирования СССР на карте появились буроземы грубогумусовые, горно-луговые почвы. Выделены почвенные районы: Северный среднетаежный и Средне-Уральский горно-таежный. Более дробное деление территории на почвенные округа и почвенные районы не произведено.

В.П. Фирсова, продолжая изучение бурых горно-лесных почв Урала [Фирсова, 1991], характеризует процесс буроземообразования преобладанием и увеличением содержания вниз по профилю слабоокристаллизованного железа и уменьшением содержания аморфных и сильноокристаллизованных его форм. Изучая горные почвы Урала [Карпачевский, Шшевченко, 1997], было установлено, что маломощные высокогумусированные хорошо оструктуренные пылеватые тяжелосуглинистые, бедные минералами крупных фракций, с преобладанием неупорядоченных смешанослойных хлорит-монтмориллонитовв илистой фракции бурые лесные почвы Среднего Урала начали формироваться в раннем голоцене при участии аэрального фактора.

Исследование почв Среднего Урала коснулось отдельных пунктов на территории Пермского края, так как горные почвы изучали в основном для поиска территорий для расширения площадей сенокосов и пастбищ (30-40-е, 50-60-е г.г. 20 века). Горные лесные (неоподзоленные) почвы занимают 1040,5 тыс. га (6,5 %), горно-луговые 0,6 %, горно-тундровые иллювиально-гумусовые почвы 0,5 % [Почвенная карта Пермской…, 1989].

В 2000 г. специалисты МГУ приступили к изучению ландшафтов, почвенного и растительного покрова заповедной территории хребта Басеги [Лоскутова, 2003]. Позже, в 1994-2003 гг., Е.А. Ворончихина [2003] и Е.А. Ларионова изучали [2003, 2004] влияние техногенного загрязнения в горно-

таежных ландшафтах на территории заповедника «Басеги» и провели биогеохимическую оценку его природных комплексов, выполнили детальные эколого-геохимические исследования буроземов.

В 2007-2012 г.г. возобновились исследования по изучению почв хребта Басеги Л.В. Кульковой (сотрудник заповедника).

Накопление разрозненных данных о почвенном покрове горной части Урала, сформировало представление об уникальности почв, которые могут быть отнесены к категории редких почв, такие например, как горно-луговые [Еремченко, Скрябина, 2006; Еремченко, 2010], а также формирующиеся в особых экологических условиях [Еремченко и др., 2010].

С 2010 г. начаты исследования почвенного покрова хребта Басеги автором диссертационного исследования И.А. Самофаловой [Самофалова и др., 2010; Самофалова и др., 2012; Лузянина, Самофалова, 2013; Самофалова, Лузянина, 2013а-в, 2014а, б; Соколова, Самофалова, 2013; Самофалова, 2014а, б; Самофалова и др., 2014а, 2014б, 2014в, 2014г; Самофалова, 2015а-з; Самофалова и др., 2015; Самофалова, Шутов, 2015, 2017; Самофалова, Кондратьева, 2016; Самофалова и др., 2016а, 2016б; Самофалова, 2016а, б; Самофалова, 2017а-в; Хмелева, Самофалова, 2017; Самофалова, 2018а, б, 2019а-д, 2020а-д, Самофалова, Фомина, 2020; Самофалова и др., 2020; Самофалова, 2021а, б; Самофалова, 2022 а-г; Самофалова, Кондратьева, 2022; Самофалова, Сивкова, 2022; Самофалова, Чащин, 2022; Самофалова и др.. 2022; Samofalova at al., 2012, 2014, 2016; Samofalova, 2014, 2015a, b; Samofalova, 2018a, b; Samofalova, Sayranova, 2018; Samofalova, 2020, 2021, 2022].

3.3 Объект и методы исследования

3.3.1 Объект исследования

Объекты исследования – геосистемы Среднего Урала, представленные почвенным покровом высотных ландшафтов и водосборными бассейнами рек. Исследования почв проводили в пределах ненарушенной части Среднего Урала – хребта Басеги, который включён в состав государственного природного

заповедника «Басеги». Хребет расположен в восточной части Пермского края, на западном склоне Уральской горной страны. Координаты заповедника: 58°45'-59°00' с.ш., 58°15'-58°38' в.д. (рисунок 3.5). Общая площадь заповедной территории составляет 37957 га, охранная зона – 21345 га; площадь лесов – 36 тыс. га и нелесная (луга, горные тундры и пр.) – около 2 тыс. га. Заповедник находится в междуречье р. Усьвы и Вильвы [Климат и гидрология…, 2016]. Территория удалена от промышленных центров.

Врсточно-Европейская равнина Хребет Басеги Пермский край

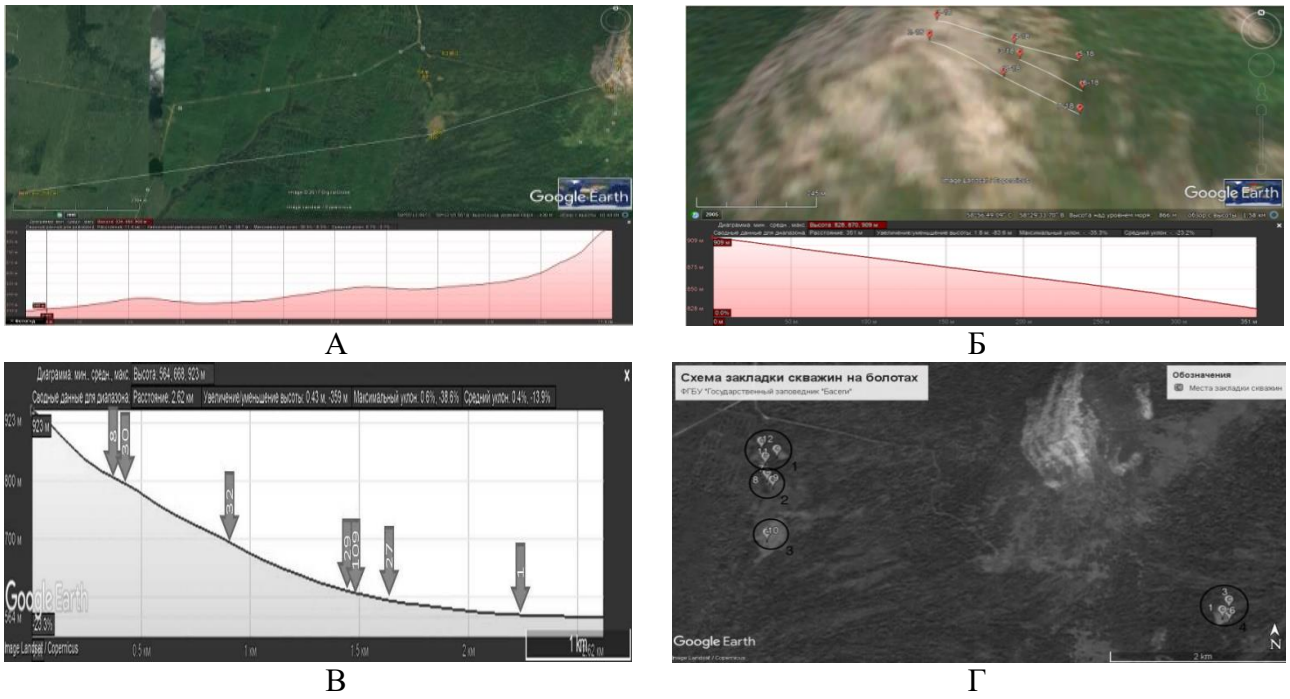
Рисунок 3.5 – Территория исследования

Ключевые участки на склонах. Изучали почвы в северной части заповедника, на западных, южных и восточных склонах горы Северный Басег, формирующиеся в разных высотных условиях (рисунок 3.6).

Почвенные разрезы заложены в высотных ландшафтах: горная тундра – криволесье – луговое разнотравье – болото – горная тайга на различных элементах рельефа с высоты 950 до 315 м. Площадь обследованной территории составляет 171,06 км^2. Для характеристики почвенного покрова использованы данные автора за 2009–2020 гг. Почвенные образцы отобраны по генетическим горизонтам, в которых проведены аналитические исследования.

Проведена инвентаризация почв и соответствующей растительности горно-тундрового, подгольцового и горно-лесного высотных поясов; определена таксономическая принадлежность почв; проведено рекогносцировочное обследование растительного покрова. Генетические горизонты и почвы диагностированы согласно «Полевому определителю почв

России» [Полевой определитель.., 2008]. Классификация растительных типов выполнена в соответствии с картой растительности, разработанной для заповедника, и описаниями геоботаников [Баландин, Ладыгин, 2002].



А – геоморфологический профиль западного склона; Б – расположение разрезов в пределах микрокатен на восточном склоне; В – геоморфологический профиль южного склона г. Северный Басег; Г – расположение ключевых участков горных болот (1, 2, 3,4 – номера болотных массивов и ключевых участков)

Рисунок 3.6 – Ключевые участки на горе Северный Басег

Почвообразующие породы: кварцито-песчаники, хлоритовые, хлорито-серицитовые, слюдистые сланцы, продукты их выветривания.

Ключевой участок в долине р. Малый Басен – подножие горы Северный Басег в районе маловыраженной поймы р. Малый Басег и ее мелких притоков в северо-западной части заповедника (рисунок 3.7).

Правый и левый берега притока р. Малый Басег (344-396 м, 13 разрезов) различны: правый берег восточной экспозиции, пологий, сложен элювием кристаллических сланцев, перепад высот около 2°, максимальная абсолютная высота участка заложения разрезов 396 м н.у.м; левый берег западной экспозиции – более крутой с перепадом высот в 7°, сложен, преимущественно, обломочным материалом кристаллических сланцев.

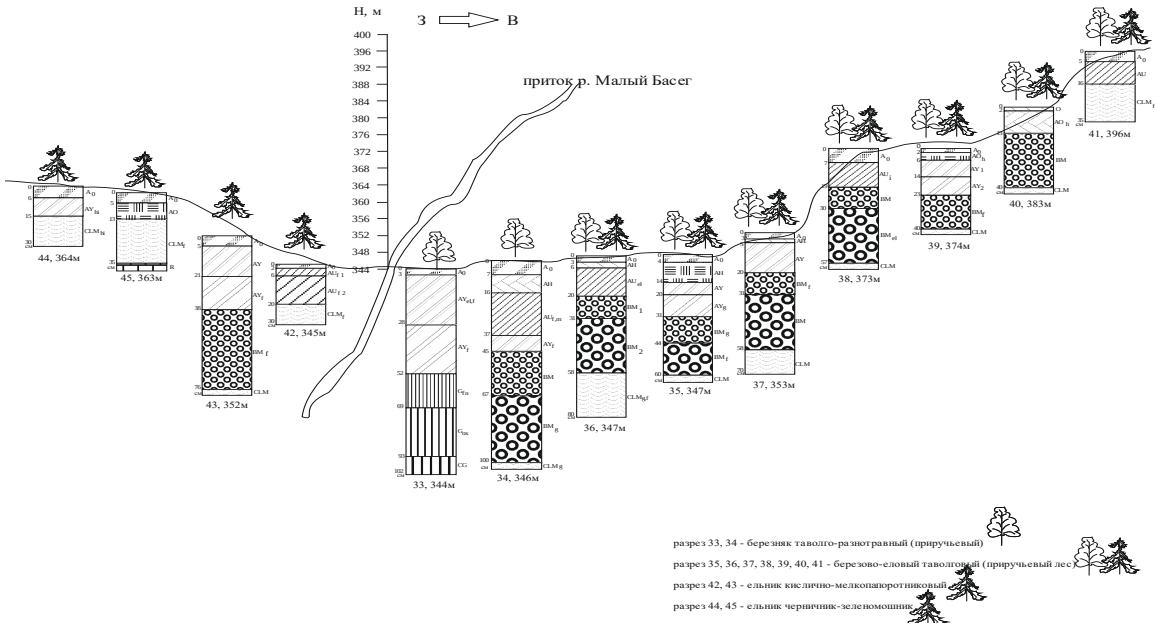


Рисунок 3.7 – Схема заложения разрезов в долине реки Малый Басег

Ключевой участок – постоянные фенологические площадки (ПФП) на горе Северный Басег (рисунок 3.8):

1) гольцовый пояс: горная тундра – пятнистая травяно-моховая (ПФП-7), травянисто-кустарничковая (нет ПФП); елово-березовое криволесье-редколесье (ПФП-4);

2) подгольцовый пояс (криволесье, луга высокотравные): крупнотравно-злаковый луг (ПФП-3), луг двукисточниково-разнотравный переувлажненный с зарослями кустарников (ПФП-8);

3) подгольцовый пояс (парковое редколесье): пихтово-еловый аконитовый лес (ПФП-1) на западном склоне горы; ельник папоротниковый на восточном склоне (ПФП-10);

4) подгольцовый пояс (болото): пушициево-сфагновый еловый лес с примесью березы (ПФП-11);

5) горно-лесной пояс (нет ПФП), типы леса: елово-пихтовый лес травяно-кустарничковый, березово-еловый травяно-кустарничковый; березняк таволго-разнотравный (леса в нижней части горно-лесного пояса на высоте 340-390 м на западном склоне горы Северный Басег).

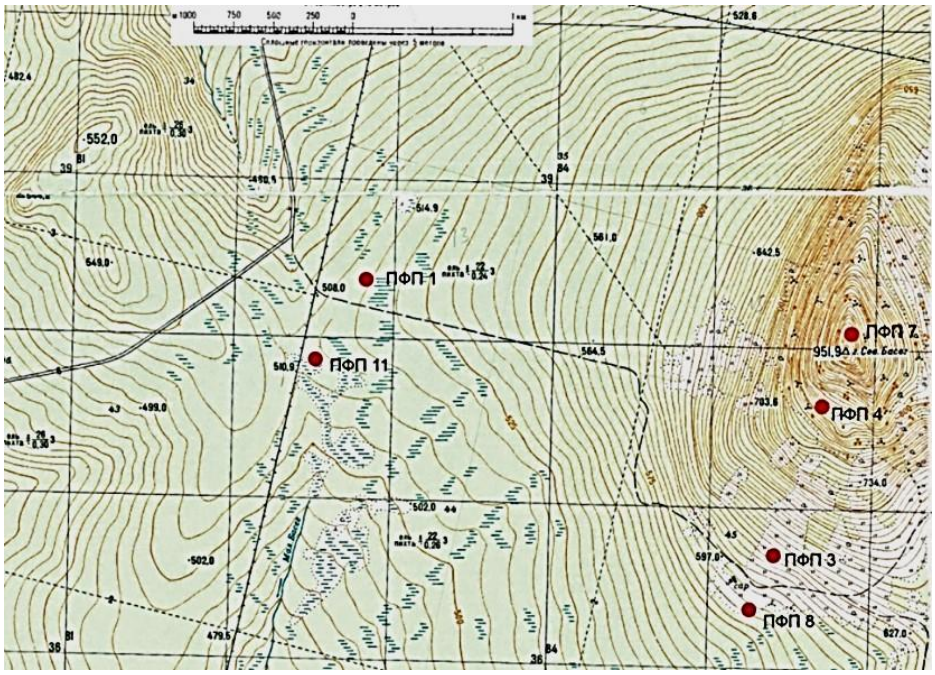


Рисунок 3.8 – Местоположение ПФП на горе Северный Басег

Объектом исследований являются почвы на 7 ПФП и дополнительные опорные разрезы в 3 типах леса в горно-лесном поясе, в криволесье (1 разрез) и в травянисто-кустарничковой тундре (1 разрез).

Всего заложено 159 разрезов, в аналитических исследованиях участвовало 116 разрезов. Исследуемые почвенные профили условно объединены в 4 группы по высотно-растительным поясам, по экспозициям, ПФП (приложение 1).

Использовали следующие исходные материалы: топографические карты Генштаба масштаба 1:25000, подготовленные с помощью навигационной программы SAS-Planet, также Яндекс-карты, OSM карты; космические снимки, полученные с оптических спутников дистанционного зондирования Земли SPOT-6 и ResursP 14.08.2014 и 27.09.2014 с высоким пространственным разрешением до 5 м; программное обеспечение ГИС, продукты MapInfo Professional 10.5, модуль геоанализа MapInfo Vertical Mapper 3.0., ArcGis 10.2, Sas-Planet, навигационная программа топографических карт; данные почвенных разрезов, заложенных в заповеднике за 2009–2020 гг. по морфологическим и аналитическим данным почвы, диагностированы по «Классификации и диагностики почв России».

3.3.2 Методы исследования

Использован метод обобщенного пространственного анализа. Инструментами являются ГИС технологии и математическое моделирование, интегрирующие знания о рельефе, климате, растительности, литологии с целью нахождения на определенной территории исследования взаимосвязей, которые помогают понять почву, как сложный объект исследования [Гопп, Смирнов, 2005, 2009]. Геопространственный анализ на основе бассейнового подхода зависит от возможности выделения границ бассейнов по цифровым моделям рельефа с использованием информационных технологий [Ермолаев, 2014]. Метод геомоделирования (обобщенный пространственный анализ) включает: построение цифровой карты модели рельефа и анализ морфометрических характеристик; определение границ водосборных бассейнов и структуры их элементов на основе модели гидрографической сети; дифференциацию геосистем; базы данных состав и свойств почв; определение взаимосвязи между компонентами ландшафта с помощью статистических методов и информационно-логического анализа. Картографическая база данных позволит создать модель геообработки данных о рельефе, почвах и растительности.

При создании общей ЦМР использованы данные радарной топографической съемки Земли – SRTM 30 (Shuttle radar topographic mission). Выделение гидрологической сети производилось в среде ArcGIS 10.4 с помощью набора инструментов Hydrology. Базисом эрозии выделенных бассейнов является р. Усьва (принятая за главную реку 1-го порядка), по данной схеме выделены бассейны до 2-го порядка. Для автоматизации процедуры моделирования бассейнов была применена методика выделения границ водосборов по данным SRTM [Кащавцева, 2011]. Для количественной оценки вклада рельефа в функционирование речных ЛВБ использованы группы морфометрических характеристик: показатели геометрической формы; рельефные параметры [Schumm, 1956; Waikar et al., 2014].

Детальная интерполированная поверхность рельефа (масштаб 1:120000) составлена с помощью модуля геоанализа Mapinfo Vertical Mapper 3.0, ГИС-программного продукта MapInfo Professional 10.5. Построенные изолинии на основе набора горизонталей преобразованы в точки, а затем, для построения непрерывной поверхности, — в векторные области. Преобразование позволяет точно выделить контуры, различающиеся по высоте территории. Полученные исходные массивы данных интерполировали методом триангуляции со сглаживанием (triangulation with smoothing) для построения нерегулярной триангуляционной сети (TIN) отметок высот.

Для выделения бассейновой территориальной структуры и элементов литоводосборных бассейнов (ЛВБ) использована методика Т.А. Трифоновой [Трифонова, 1999а]. Картографической основой являлась электронная геологическая карта дочетвертичных отложений Пермского края геологического института им. Карпинского [Ушков и др., 1989].

Для проведения типизации геосистем речных бассейнов необходимо: установить данные о высоте местности на основе широкого круга цифровых моделей рельефа (ЦМР); векторизовать водотоки, границы водосборов автоматически по ЦМР; на основе ЦМР получить основные морфометрические показатели по бассейнам рек с созданием базы данных; сгруппировать бассейны по морфометрическим показателям методом кластерного анализа; сопоставить результаты классификации с геологическими картами дочетвертичных отложений с выявлением характерного типа геологических пород для каждой группы.

Обработка картографического материала, анализ данных, подготовка баз данных были проведены на базе геоинформационной системы MapInfo Professional. Картографической основой для создания ГИС ООПТ являются топографические карты и серии тематических карт (геологическая, геоморфологическая, ландшафтная, геоботаническая и др.). Важным условием становится приведение всех карт к единой картографической основе. Цифровая

карта ПП создана на базе геоинформационной системы ESRI ArcGis 10.2. Всего подготовлено 7 слоёв в качестве основы геоинформационной базы данных.

Изучение почвенного покрова горных стран предполагает создание базы данных, интегрирующей в себе картографическую, аналитическую, текстовую информацию об объекте исследования. Основными методами, используемыми при создании единой БД являются системный подход, формализация, статистическая обработка, математическое моделирование. В ходе работы обрабатывались большие массивы пространственно-распределённых данных, что вызвало необходимость структурирования информации и создания баз данных высотных параметров, морфометрических характеристик рельефа, элементов растительности, гидрографической сети и почвенного покрова:

• база данных морфометрических параметров рельефа: таблица формата accdb со следующей структурой: столбцы: id; высота м, н.у.м; уклон местности, °; экспозиция склонов; число строк = 1028;

• база данных линейных объектов (гидрографической сети, границы заповедника) выполнена в формате accdb со структурой таблицы: столбцы: id; название рек; название границ; протяжённость рек, м; уклон рек, °; густота речной сети, км/км^2; общая длина рек бассейна; число строк = 97;

• база данных площадных объектов (контуров растительных ассоциаций, бассейнов рек, структурных элементов бассейнов) реализована в табличной форме со структурой: столбцы: id; название растительности, площадь км^2, название бассейна; площадь бассейна, км^2; площадь правой и левой части бассейна; общий периметр бассейна, км; асимметрия; название структурных элементов ЛВБ, их площадь, км^2; коэффициент вытянутости бассейна, км; коэффициент ширины бассейна, км; число строк = 97.

• база данных почв сформирована в табличной форме со структурой: столбцы: id; название почвы; площадь контура, км^2; число строк = 3323;

• база данных ГС почв и условий формирования: таблица, формата xlsx со структурой: столбцы высота, № разреза, глубина, фракции (1,0-0,25; 0,25-0,05;

0,05-0,01; 0,01-0,005; 0,005-0,001; <0,001; < 0,01), число строк 186, объем данных составил 1860 единиц;

• база данных гранулометрических показателей (Ф5, k, n, a) 1044 единиц;

• общий объём данных используемых для расчетов и статистической обработки составил 1559 единиц;

• база данных по валовому составу почв: валовое содержание макроэлементов (721 ед.), содержание микроэлементов (660 ед.), тяжелые металлы в гранулометрических фракциях (536 ед.), подвижные элементы почв (473 ед), энтропия (64 ед.), геохимические модули (508 ед.), геохимические коэффициенты (473 ед.);

• база данных по физико-химическим свойствам почв.

Определение состава ПП высотных ландшафтов, расположенных в неодинаковых климатических условиях и сложенных различными породами, осуществлялось по общепринятым в почвоведении методам макроморфологического описания. При этом диагностика почв проводилась по наличию соответствующего диагностического горизонта в рамках классификации почв России [Полевой определитель почв…, 2008]. Эта же классификация использована при картировании. Морфологическое описание почв проведено в полевых условиях, с корректировкой в камеральных условиях. Обследование территории проводились методом маршрутов с использованием сравнительно-географического метода исследования и морфологического метода – оценки свойств почв на уровне почвенного профиля и генетических горизонтов. Определение цвета горизонтов почв проведено по стандартной цветовой шкале [Андронова, 1992].

Аналитические исследования

Анализы проводили на кафедре почвоведения общепринятыми методами. Определение гигроскопической влажности по ГОСТу 19723-74 (56 разрезов). Проведены определения показателей: pH солевой вытяжки и водной вытяжки потенциометрически; гидролитической кислотности; суммы поглощенных оснований; степени насыщенности почв основаниями. В почвенных образцах

определены: органический углерод (*Собщ*) по методу Тюрина в модификации Антоновой и др. [Антонова и др., 1984]; водорастворимый углерод (*Свод*) [Шульц, Кершенс, 1998]; водорастворимый углерод микробного синтеза экстрагируемого горячей водой (*Скип*) методом Шульца [Шульц, Кершенс, 1998]; легкоразлагаемый углерод (*Слов*) по М.А. Егорову [Новицкий и др., 2009]; установление количества углерода органических веществ, переходящих в раствор при обработке навески почвы 0,1 н H_2SO_4 [Практикум по агроэкологии, 2011].

Оптическая плотность форм углерода измерялась на цифровом спектрофотометре PD-303 в диапазоне длин волн 440-750 нм.

Объемная магнитная восприимчивость (æ 10^{-3} СИ) определена чешским прибором каппаметр КТ-6. Каталазная активность почв определена по методу Джонсона и Темпле [Хазиев, 1976].

Гранулометрический анализ выполнен пипет-методом по Качинскому [Качинский, 1958] в лаборатории кафедры почвоведения Пермского ГАТУ.

Метод гранулоденсиметрического фракционирования использовали для разделения мелкозема почв на фракции <0,001, 0,001-0,005, >0,005 мм в 12 почвенных разрезах (лаборатория физико-химии почв Почвенного института имени В.В. Докучаева, г. Москва) [Шаймухаметов, Воронина, 1972].

Микробиоморфный анализ проведен по стандартной методике из образцов 6 разрезов в институте географии РАН А.А. Гольевой.

Валовый анализ макро- и микроэлементов проведен в лаборатории физико-химии почв в институте почвоведения имени В.В. Докучаева (г. Москва) рентгенофлуоресцентным методом на приборе Респект с помощью атомно-эмиссионной спектрометрии на приборе AgilentAES-4100 (25 элементов). Методом атомно-эмиссионной спектрометрии определено содержание молибдена. Методом атомно-абсорбционного анализа определено содержание подвижных форм металлов (9 элементов), извлекаемых ацетатно-аммонийным буферным раствором с pH 4,8 (лаборатория физики и химии почв Почвенного института имени В.В. Докучаева). Энергодисперсионным

рентгенфлуоресцентным методом (РФА) во фракциях <0,001, 0,001-0,005, > 0,005 мм определено содержание тяжелых металлов в 12 разрезах (лаборатория физики и химии почв Почвенного института имени В.В. Докучаева).

В работе комплексное исследование распределения элементов в ПП проводили с использованием методического аппарата ландшафтно-геохимических исследований, физико-химического, физического и химического анализа почв, элементов статистики.

Расчетные методы

1. Метод вероятностного распределения частиц гранулометрического состава почв по фракциям (Ф5, k, a, n) [Березин П.Н., 2007];

2. Метод структурных формул гранулометрического состава [Татаринцев, Татаринцев, 2008].

3. Расчет энтропии (S) химического состава проводили по формуле [Водяницкий, 1986; Самофалова и др., 2014]:

$$S = -\sum_{i=1}^{n} \left(\frac{Xi}{G}\right) log_2 \left(\frac{Xi}{G}\right), \qquad (1)$$

где, xi – содержание i оксида; G – сумма всех оксидов, %; N – число оксидов.

4. Распределение элементов по профилю описывали с помощью индекса распределения (ID – Distribution Index), равного отношению содержания элемента в почвенном горизонте к его содержанию в нижнем горизонте (почво-элювии). Значения индекса < 1 указывает на отсутствие накопления; 1≤ ID ≤ 3 – умеренное накопление; 3≤ ID ≤ 6 – сильное накопление; ID > 6 – очень сильное накопление элемента в профиле почвы [Бартковяк, 2015].

5. На основе данных валового содержания макро- и микроэлементов рассчитаны геохимические коэффициенты.

5.1. Индексы внутрипочвенного выветривания: индекс А, индекс Б [Kronberg, Nesbitt, 1981; Sandler and et., 2012]:

- индекс А=($CaO+Na_2O+K_2O$)/(Fe_2O_3+ $CaO+Na_2O+K_2O$);
- индекс Б=($SiO_2+CaO+Na_2O+K_2O$)/($Al_2O_3+SiO_2+CaO+Na_2O+K_2O$);

- Квв – показатель соотношения кремнезема и полуторных оксидов (SiO_2:(10·R_2O_3)) [Радионова, 2012];

- коэффициенты окисления почвенного материала – Кок = (Fe_2O_3 + MnO)/Al_2O_3 [Retallack, 2003; Радионова, 2012; Околелова, Кожевникова, 2014];

- коэффициент элювиирования (Кэ) (без учета натрия) в почвах и почвообразующих породах, который предложено определять по формуле [Determination of soil…, 2009; Околелова, Кожевникова, 2014]: Кэ = SiO_2:(RO + R_2O).

5.2. Коэффициент CIA – (Al_2O_3/(Al_2O_3+CaO+Na_2O+K_2O)100 – литохимический индекс [Nesbitt et al., 1982; Русанова, Шахтарова, 2012; Рябогина, 2013; Калинин и др., 2016; Tunçay, Dengiz, 2016; Senol et al., 2018].

5.3. PIA – плагиоклазовый индекс изменения:

[(Al_2O_3–K_2O)/(Al_2O_3+CaO+Na_2O–K_2O)]×100 [Fedo et al., 1995].

5.4. CIW – индекс выветривания (CIW):

[Al_2O_3/(Al_2O_3+CaO+NaO)]×100 [Harnois, 1988].

5.5. Al_2O_3/(MgO+CaO+Na_2O+K_2O) – коэффициент выветривания – показатель протекания реакции гидролиза минералов [Vlag et al., 2004; Алексеев, Алексеева, 2012; Рябогина, 2013]. Данный коэффициент позволяет определить интенсивность выветривания почвенно-грунтового материала в различные периоды. Возрастание значений коэффициента свидетельствует об усилении континентальности климата, возрастания значений экстремальных температур.

5.6. ИГ – Индекс глиноземистости:

Al_2O_3/(CaO + K_2O + Na_2O) [Maniar, Piccoli, 1989].

5.7. TiO_2/Al_2O_3 – коэффициент однородности позволяет оценить степень однородности слагающего материала и выявить периоды поступления постороннего грунта с иными характеристиками [Мигдисов, 1960; Алексеев, Алексеева, 2012; Рябогина и др., 2013; Tunçay, Dengiz, 2016; Senol et al., 2018]. Резкое изменение данного показателя указывает на периоды возрастания эрозионной активности и привноса эрозионного материала.

5.8. В результате химического выветривания происходят процессы дебазации (потери оснований) и десиликации при относительном остаточном накоплении оксидов алюминия и железа. Для оценки степени выветрелости применяют несколько специальных индексов [Лисецкий, Маринина, 2015; Асылбаев и др., 2016]: суммарное валовое содержание Mg, Ca, K_2 (%); молекулярное отношение CaO:MgO; Na:K; (K+Na)/Al; суммарное содержание Si и Al (%); молекулярное отношение (Al+Si)/Fe; $(CaO+MgO+10*P_2O_5)/SiO_2$.

5.9. Для установления интенсивности и степени выветривания рассчитаны геохимические модули и коэффициенты: НКМ – модуль нормированной щелочности: $(Na_2O + K_2O)/Al_2O_3$ [Юдович, 1981]; ЩМ – щелочной модуль: (Na_2O/K_2O) [Юдович, 1981]; ТМ – титановый модуль: TiO_2/Al_2O_3 [Мигдисов, 1960]; АМ – алюмокремниевый модуль: Al_2O_3/SiO_2 [Кетрис, 1976]; ГМ – гидролизатный модуль: $(Al_2O_3 + TiO_2 + Fe_2O_3 + FeO)/SiO_2$ [Мигдисов, 1960; Fedo et al., 1995; Юдович, Кетрис, 2000; Дружинина, 2012; Калинин и др., 2016; Tunçay, Dengiz, 2016].

5.10. Геохимические коэффициенты: (Rb+Zr)/Sr [Kabata-Pendias and Pendias, 1992], Rb/Sr [Gallet et al., 1996; Batista, 2007]; Zr/TiO_2 – коэффициент однородности [Бушинский, 1963; Schilman et.al., 2001]; $(Fe_2O_3 + MnO)/Al_2O_3$ – коэффициент окисления [Retallack, 2003]; MnO/Al_2O_3, MnO/Fe_2O_3 – коэффициенты биологической активности [Калинин, 2009].

6. Показатели высотной организации почв. Для расчёта характеристик высотной организации почв использована методика, разработанная Крыщенко В.С. [Крыщенко, Молчанов, 1991] на основе которой абсолютные несравнимые характеристики почвенно-топографических рядов дополнены относительными сравнимыми показателями. Определены показатели высотной организации почв:

6.1. Амплитуда почв (Δ h, м) = hв-hн где, hв – верхний уровень залегания почв, hн – нижний уровень залегания почв.

6.2. Коэффициент высотной организации почв (КВ) КВ = hв/ hн по типам и подтипам почв.

6.3. Коэффициент относительных почвенно-топографических рядов (КН): в пределах топографического ряда за 1 принята наименьшая высота h_1 и на неё попеременно делятся высоты почв топоряда: КН = hi/h_1

6.4. Плотность заполнения типом и подтипом почв единицы высоты (ah) = КВ*1000/Δh. Чем больше значение ah, тем более плотно заполняют типы почв единицу высоты.

7. Молекулярные отношения оксидов [Орлов, Садовникова, 2005];

8. Коэффициенты элювиально-иллювиальной миграции [Орлов, Садовникова, 2005];

9. Коэффициенты дифференциации профиля [Роде, 1971];

10. Коэффициенты накопления и рассеивания – R – (традиционно определяется как среднеарифметическое) рассчитывался как среднее геометрическое значение отношений содержания каждого элемента в горизонте к Кларку почв мира [Виноградов, 1957; Радионова, 2012; Околелова, Кожевникова, 2014].

11. Коэффициенты латеральной дифференциации [Околелова, Кожевникова, 2014].

Статистические методы

Применяли следующие статистические методы; описательная статистика; корреляционный анализ; информационно-логический анализ; кластерный анализ; множественный регрессионный анализ. Статистическая обработка проведена в программе «Анализ данных» в Microsoft Excel и программе STATISTICA 6,0; информационно-логический анализ (ИЛА) выполнен в программе ALI, разработанной в Алтайском ГАУ (авторы: Бурлакова Л.М, Иваничкин Д.И.). Уровень значимости оценки результатов статистической обработки достоверен при P=0,95.

Использование только статистических методов ограничивает возможности исследования ПП горных стран, так как необходимо интегрировать и систематизировать разноплановые знания. Состояние растительного и почвенного покровов обусловлено множеством факторов, а для многофакторных явлений более перспективно применение ИЛА [Пузаченко и

др., 1970, Дайнеко, Нешатаев, 1973; Сорочкин, 1977; Дайнеко, Фридланд, 1969; Грибов, Фефелова, 2012; Самофалова, 2017; Самофалова, 2020], который позволяет: построить оптимальную классификацию явлений и параметров для исследования; выявить область значений изучаемого параметра, в которой данное явление устойчиво (специфическое состояние). В основу метода ИЛА положено представление об измеряемости информации, которая передается изучаемому явлению от факторов, и оценка силы связи между признаками путем сравнения априорной вероятности (всей выборки) с условными вероятностями (каждого из факторов). Степень связи между явлением и фактором определяется показателями: *T* (информативность, бит), *K* (коэффициент эффективности каналов связи). Основные понятия теории информации: A – явление (процесс), зависимая величина Y; B – фактор (аргумент), независимая переменная X; H(A) – неопределенность изучаемого явления (максимальной неопределенности оно достигает при равной вероятности всех его состояний, единица неопределенности – бит); H(B) – неопределенность фактора; T(A/B) – общая информативность, т. е. количество информации, поступающей от фактора B к явлению A (бит); K(A/B) – коэффициент эффективности передачи информации от фактора B к явлению A.

При анализе связей с помощью информационных показателей учитывали следующие характеристики: ландшафтные (высота н.у.м. <300 м, 300–500, 500–700, 700–900, >900 м), крутизна склонов (<3°, 3–5, 5–10, 10–20, >20°), экспозиция склона (северная, восточная, западная, южная); элементы структуры ЛВБ (речные долины, склоновые поверхности, водосборные воронки, фанды и дуги); тип растительности (лесная, кустарниковая, травянистая, болотная); высотные пояса (горно-лесной, подгольцовый, гольцовый); типы почв; растительный покров, представленный растительными формациями, согласно карте растительности «Государственного заповедника «Басеги» [Баландин, Ладыгин, 2002] (еловые, пихтово-еловые, березово-еловые и березово-пихтовые, березовые леса, мелколесья, луга, мезотрофные осоково-сфагновые болота, еловый хвощово-сфагновый лес, лишайниковая тундра,

курумы); мощность профиля почв (<20, 20-30, 31-40, 41-50, >50 см); почвы отделов: литозёмы (литозёмы и петрозёмы объединены в одну группу очень коротко профильных почв), органо-аккумулятивные, глеевые, альфегумусовые (почвы этого отдела представлены в расчетах двумя типами – подбурами и подзолами, так как они существенно различаются по морфологии), структурно-метаморфические; группы цвета горизонтов почв; шкалы по содержанию элементарных почвенных частиц и гранулометрических показателей и др.

Для определения степени зависимости «явления» от «фактора» проведено их ранжирование и составлены таблицы абсолютной встречаемости различных их сочетаний, затем рассчитана матрица оценок вероятности сочетаний разных состояний. Выявленные взаимосвязи послужили основой для составления картографической модели ПП.

Для оценки гипергенеза данные обрабатывали раздельно для гумусовых (верхних) горизонтов и условно почвообразующей породы (почво-элювий), а также диагностических горизонтов методом информационно-логического анализа (ИЛА) в программе ALI.

Для оценки пространственной неоднородности магнитной восприимчивости почв использован геостатистический метод Simple Kriging, исследование данных и интерполяция проведены средствами модуля Geostatistical Analyst программы ArcGIS 10.1.

3.4 Природные условия почвообразования на Среднем Урале

Климат. Заповедник расположен в умеренном климатическом поясе, в Атлантико-континентальной европейской климатической области. Количество поступающей солнечной радиации 80-90 ккал/см^2. В силу большой величины альбедо территории радиационный баланс зимой отрицательный. Господствует западный воздушный перенос (рисунок 3.9), приносящий с Атлантики осадки, неустойчивую погоду, значительную долю составляют ветры с восточной и южной составляющей.

Климат континентальный и отличается резкими колебаниями среднегодовой температуры воздуха. Средняя годовая температура воздуха ниже 0°С. Летом колебания дневной и ночной температур достигают 15-29°С. Лето короткое, безморозный период длится в среднем 70-80 дней, средняя температура воздуха в июле 15-17°С [Леушина, 2012]. Зима продолжительная и суровая, со средней температурой воздуха в январе –18°С и ниже. Такие температуры обеспечивают устойчивый снежный покров, который достигает 1,5-2 м [Леушина, 2012]. Температурный режим определяется также высотой, на каждые 100 м температура понижается на 0,5°С. Зимой наблюдается обратное явление: с высотой температура повышается на 1-3°С, так как, в низинах застаивается холодный воздух [Координация экомониторинга в…, 2000].

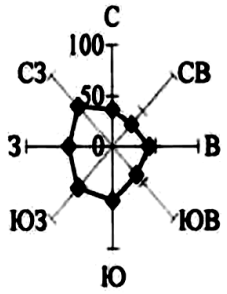


Рисунок 3.9 – Роза ветров, среднее за 2000-2010 гг. [Летопись природы 2000, 2010]

Количество выпадающих осадков (800 мм) – наибольшее для Пермского края [Лоскутова, 2003]. Климатические условия обеспечивают промывной режим увлажнения, низкую микробиологическую активность, обусловленную недостатком почвенного тепла, постоянное вымывание элементов из почвенного профиля и малоактивное разложение органических остатков. Таким образом, климат заповедника типично горный, обуславливающий вертикальную зональность растительности и почвенного покрова, которая часто нарушается вследствие различий в крутизне и экспозиции склонов, формирующих разный водный и тепловой режимы.

Геологическое строение. Средний Урал расположен к югу от 58° с.ш. до 55,5° с.ш. и представляет собой наиболее выровненную часть горного Урала. В тектоническом отношении весь Урал – крупный мегантиклинорий. С запада на восток на Урале отчетливо прослеживается смена структурно-тектонических зон, а вместе с ними и смена горных пород, отличающихся одна от другой

литологией, возрастом и происхождением [Софроницкий, 1967; Геология…, 1969]. Горная полоса Урала, к которой относится территория хребта Басеги, сложена метаморфическими породами [Соболев, 1968].

В четвертичном покрове Урала доминирующее значение (свыше 60% по объему) занимают осадки среднеуральского надгоризонта среднего плейстоцена (рисса). Поэтому литолого-фациальный состав осадков этого надгоризонта, по существу, и определяет характер четвертичного разреза. По преобладающим генетическим типам осадков среднеуральского надгоризонта выделяются фациально-климатические области: северных морских трансгрессий; раннеледниковая (площадь, покрывающаяся льдами в максимальную фазу среднеуральского оледенения), приледниковая (перигляциальная), в пределах которой активно протекали процессы морозного выветривания и солифлюкции; внеледниковая, в пределах которой наряду с физическим выветриванием важную роль играло и химическое выветривание [Лидер, 1965].

Отложения ослянской свиты распространяются на западном склоне Среднего Урала в 30-36 км от Главного водораздела, слагая четко выраженный в рельефе субмеридиональный хребет Басеги и куполообразную вершину, и склоны горы Ослянки. Общая протяженность поля распространения свиты составляет 50 км при ширине 2-4 км. Поскольку основными породами, представляющими ослянскую свиту, являются кварцитопесчаники и кварциты, очень устойчивые к физическому выветриванию, полоса их распространения отмечена многочисленными скальными выходами протяженностью в сотни метров, а непрерывная гряда Южного Басега достигает нескольких километров [Ушков, 1976].

Продольный профиль сводного хребта характеризуется наличием куполообразных вершин гор Ослянка (1119,0 м), Северный Басег (951,0 м), Средний Басег (994,0 м), разделенных седловинами с перепадом высот 160-240 м. Наибольшая глубина вреза наблюдается в долине р. Усьвы, прорезающей ослянскую свиту вкрест простирания (рисунок 3.10).

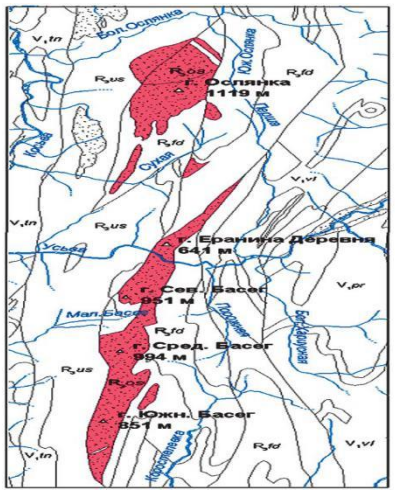


Рисунок 3.10 – Отложения ослянской свиты [Ушков, 1976]

Ширина скальных выходов в осевой части хребта Басеги составляет несколько десятков метров. При общем падении пластовой отдельности на восток высота скальных выходов восточного склона (5-15 м) значительно уступает обрывистым западным уступам, достигающим 30-50 м. Сочетание таких особенностей рельефа создает причудливые очертания скальных выходов экзотического вида. На этом основании череда скальных выступов в месте пересечения р. Усьвой образований ослянской свиты с давних пор носит наименование Еранина Деревня [Ушков, 1976].

В геологическом строении хребта Басеги участвуют породы верхнепротерозойского возраста, которые подразделяются на две серии: басегскую и серебрянскую [Летопись природы, 1997]. Территория заповедника, сложена метаморфическими породами: хлоритовыми, хлорито-серицитовыми и слюдистыми сланцами, кварцитами. Коренные породы покрыты плащом четвертичных отложений. Таким образом, хребет Басеги приурочен к полосе устойчивых к выветриванию кварцито-песчаников ослянской свиты – самых древних пород на территории заповедника (кварцевые, слюдисто-кварцевые, полевошпатно-кварцевые разновидности).

Рельеф. По схеме геоморфологического районирования [Воскресенский и др., 1980] хребет Басеги относится к области грядово-останцового низкогорья Среднего Урала провинции осевой зоны Урала Новоземельско-Уральской страны и характеризуется сглаженным рельефом. Хребет Басеги относится к низкогорной области Среднего Урала к Вишерско-Чусовскому краевому поднятию. Хребет вытянут в меридиональном направлении в соответствии с тектоническим строением, и представляет собой цепь из трех гор, самая высокая из которых – Средний Басег – достигает 994,7 м. К северу расположен

Северный Басег (951,9 м), к югу – Южный Басег. Вершины разделены между собой седловинами с абсолютными высотами около 650 м.

Асимметричный профиль характерен для всех вершин. В плане, каждая из гор, вытянута с севера на юг в соответствии с простиранием хребта в целом. Ледник не достиг хребта Басеги, в связи с этим здесь преобладали процессы гольцовой денудации, которая раздробила массив на ряд изолированных вершин. На склонах вершин распространены субгоризонтальные площадки нагорных террас и обширные поля курумов, в том числе и в виде каменных рек [Ушков, 1976]. Горы большей частью увенчаны платообразной поверхностью (ее абсолютная высота колеблется от 700 до 850 м), над которой возвышаются обнаженные вершинные гребни (г. Северный Басег, хр. Басежата), округлые в плане заостренные вершины (г. Средний Басег), также имеющие асимметричный поперечный профиль. Местами на выровненных поверхностях встречаются останцы – результат морозного выветривания и избирательной денудации. В лесах встречаются биогенные формы рельефа. Самые крупные по площади из них – искорные бугры и сопутствующие им ямы (их длина достигает 3-3,5 м, высота 2-2,5 м).

Преобладающими современными процессами рельефообразования являются выветривание и денудация, склоновые, флювиальные, биогенные процессы, на вершинах присутствует эоловый перенос.

Своеобразный горный рельеф, выступая, как распределитель тепла и влаги, вносит серьезные коррективы в строение ландшафта рассматриваемой территории – определяет высокую интенсивность таких процессов, как сток и эрозия, повышает механическую миграцию химических элементов, обусловливает высотную поясность.

Гидрология. Две крупные реки – Усьва и Вильва – протекают, соответственно, вдоль северной и южной границ хребта. Их притоки дренируют территорию хребта. В реки впадает много ручьев и ключей. Ключи приурочены к ложбинам, а иногда образуются и на возвышенностях, вызывая заболачивание. Встречаются настоящие болота [Лоскутова, 2003].

Все реки заповедника имеют хорошо выраженный горный характер, их ложе каменистое, русло порожистое, речные долины разработаны слабо [Летопись Природы «Заповедник «Басеги», 1987, 1997].

Речная сеть имеет параллельно-решетчатый и прямоугольный рисунки в плане – типичные для многих горных районов (притоки впадают в реки под прямым углом, образуя почти правильную «решетку»). Густота речной сети в среднем 0,6-0,8 км/км^2. Русла большинства рек малоизвилисты. Для водотоков характерны большие уклоны, особенно в верховьях, множество порогов. Долины узкие, часто каньонообразные; по берегам встречаются «камни» (отвесные стены) высотой 50-80 м. Скорости течения потоков доходят до 3-6 м/с [Назаров, Чернов, 1997]. Речные долины разработаны слабо в связи с твердостью подстилающих горных пород, но впадины между водоразделами значительны по ширине. Сами водоразделы тоже широки, сильно и глубоко расчленены густой сетью узких речных долин.

Особенности высотной зональности и вертикальной дифференциации ландшафтов Среднего Урала. Урал как физико-географическая страна отличается своеобразием спектра высотной зональности. В связи с этим физико-географической области, выделяемой в горных странах, присущ свой тип структуры высотной зональности [Гвоздецкий, 1954; Чикишев, 1968].

С учетом высотного распределения доминирующих типов ландшафтов на Урале выделяются следующие высотные зоны, пояса и подпояса [Чикишев, 1968]. Высотная поясность растительности на разных участках Урала изучена П.Л. Горчаковским [1975]. Высотная зональность на *Среднем Урале* из-за его незначительной высоты развита слабее, чем в смежных с ним областях Уральской страны. Здесь отсутствует горно-тундровый пояс, а отдельные элементы тундрового ландшафта связаны с гольцами, которые формируются вследствие действия эдафических факторов, поэтому в спектре высотной зональности наиболее четко выражена горно-лесная зона.

Ландшафты Среднего Урала. Современная ландшафтная карта заповедника включает три ландшафтных пояса: горно-таежный (300–600 м н.у.

м.), подгольцовый (600–800 м н.у.м.) и горно-тундровый (более 800 м н.у.м.). При подъеме в горы происходит смена растительных сообществ: лес сменяется редколесьями с пятнами горных лугов, луга – горными тундрами [Назаров, 1996; Воронов и др., 1988; Самофалова, 2017].

Территория заповедника относится к Койвинско-Косьвинскому ландшафту, представляющему собой вид высоких грядово-увалистых ландшафтов, сформировавшихся на карбонатных и частично терригенных породах (класс – горных, подкласс – низкогорных, тип – таежных ландшафтов). В пределах хребта встречаются разнообразные ландшафты:

1) гольцовый пояс: тундры – пятнистая травяно-моховая, травянисто-кустарничковая; елово-березовые криволесья с различным наземным покровом;

2) подгольцовый пояс (криволесье, луга высокотравные): высокотравные луга, различающиеся по степени зарастания ивой и по степени увлажнения;

3) подгольцовый пояс (парковое редколесье): пихтово-еловый аконитовый лес на западном склоне горы; ельник папоротниковый на восточном склоне; верховое болото;

4) горно-лесной пояс: елово-пихтовый лес травяно-кустарничковый; березово-еловый травяно-кустарничковый; березняк таволго-разнотравный (приручьевые леса в нижней части горно-лесного пояса на высоте 340-390 м.

Высотная поясность. По геоботаническому районированию Пермского края хребет Басеги относится к подрайону пихтово-еловых и березовых лесов района горно-таежных пихтовых лесов [Данилова, 1958]. По зональному подразделению растительного покрова, рассматриваемая территория находится в подзоне средней тайги бореально-лесной зоны в пределах западных отрогов Уральской горной страны. По классификации Б.А. Чазова [Чазов, 1952] хребет Басеги находится в зоне горной тайги и включает в себя Уральскую провинцию горно-моховой и мохово-травяной тайги. На Среднем Урале представлен набор вертикальных поясов [Баландин, Ладыгин, 2002; Лоскутова, 2003].

1. Горно-лесной пояс. Лесопокрытые территории предгорий хребта. Нижние части склонов (300-600 м) покрывает темнохвойная тайга. Леса низкоплотные и труднопроходимые из-за ветровалов и повсеместной заболоченности. По мере подъема в горы картина постепенно меняется: лес становится реже, светлее, увеличивается примесь березы. Меняется и травяной покров: появляется высокотравье, деревья меньшей высоты, попадаются заболоченные участки. Ближе к верхней границе пояса, доминирует высокотравье (120-140 см), заросли крупных папоротников. Деревья становятся ниже, растут на большом расстоянии друг от друга. Массивы леса сменяются отдельными «островами», отделенными друг от друга лугами, и горно-лесной пояс сменяется субальпийским.

2. Субальпийский (подгольцовый) пояс находится на высоте 580-870 м. Травянистая луговая растительная формация имеет доминирующее значение. Высота верхней границы пояса зависит от экспозиции и крутизны склонов, характера рельефа.

На границе горно-лесного и субальпийского поясов начинается парковое редколесье – разреженные низкорослые елово-пихтовые леса с примесью рябины сибирской, березы пушистой. Морфологически парковое редколесье отличается от криволесья и тайги высотой древостоя (8-10 м), уменьшается доля крупнотравья, возрастает доля кустарничков (черники, брусники), мелких папоротников, щучки извилистой. Деревья растут небольшими куртинами, между которыми встречаются субальпийские поляны.

Парковое редколесье на выровненных участках переходит в естественные луга. В нижней части субальпийского пояса парковые леса (высота деревьев 8-10 м) с высотой постепенно переходят в криволесье. Стволы искривлены от основания до вершины, высота деревьев 4-8 м.

На верхней границе криволесья деревья представлены карликовыми формами, пихта и можжевельник стелются, достигая высоты не более метра. Травяно-кустарничковый ярус представлен кустарничками [Овеснов, 1952; Овеснов, 1997]. Выше роль травяного яруса усиливается, луговые поляны

расширяются, а у верхней границы леса появляется подпояс субальпийских лугов.

Субальпийские луга (или горные) расположены на тех же высотах, что и криволесье, перемешаны, мозаично проникают друг в друга. Обязательное условие появления лугов – наличие пологих, значительной протяженности склонов, покрытых мелкоземом, приуроченных к высоте верхней части криволесья или к верхней границе. Луговая полоса по склонам с чисто субальпийскими лугами очень мала, от нескольких десятков до 100–200 м [Овеснов, 1952; Горчаковский, 1975].

3. Горно-тундровый пояс – безлесные пространства верхних уступов нагорных террас на высоте 850-950 м, тянется узкой полосой по самым высоким отметкам хребта Басеги. Характерными являются горные тундры, где распространены мхи, водяника, брусника, черника, качим уральский, осока коричневатая, щучка дернистая, лишайники. Тундры каменистые, кустарничковые, лишайниковые, травяно-моховые и болотисто-моховые[Овеснов, 1952; Горчаковский, 1975].

Глава 4. БАССЕЙНОВЫЙ ПОДХОД И ВЛИЯНИЕ БАССЕЙНОВОЙ ОРГАНИЗАЦИИ ТЕРРИТОРИИ НА ФОРМИРОВАНИЕ ВЫСОТНОЙ ПОЯСНОСТИ

4.1 Морфометрический анализ рельефа

В тектоническом отношении весь Урал – крупный мегантиклинорий, состоящий из сложной системы антиклинориев и синклинориев, разделенных глубинными разломами. Протяженность хребта составляет более 20000 м (рисунок 4.1), крутизна склонов изменяется от 2,5 до 10 и более градусов. Хребет разделен меридиональными депрессиями, дренируемые речными долинами (рисунок 4.2).

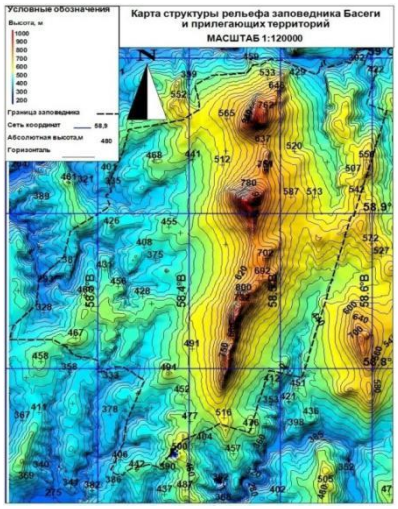


Рисунок 4.1 – Цифровая карта рельефа

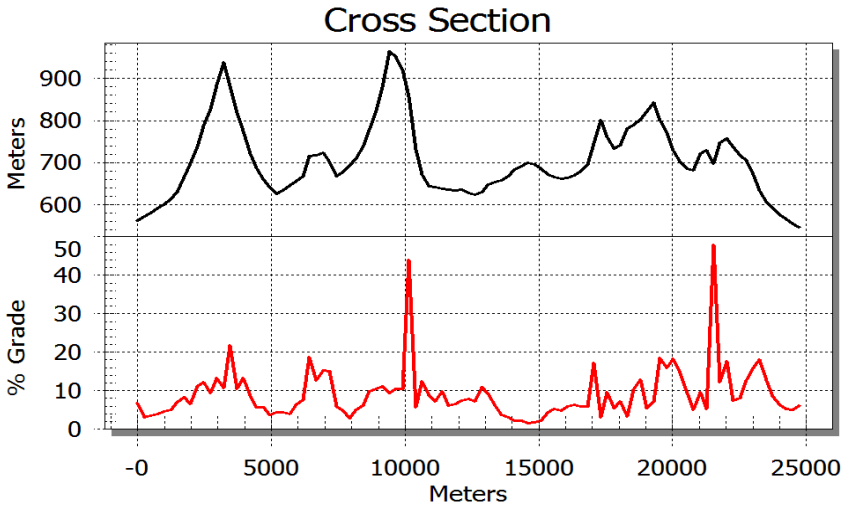
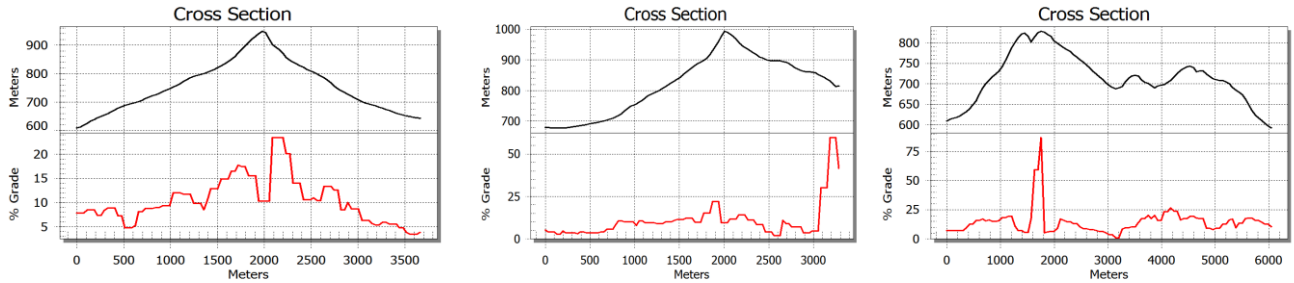


Рисунок 4.2 – Геоморфологический профиль хребта Басеги (с севера на юг)

Используя модуль геоанализа Mapinfo Vertical Mapper 3.0. составлены детальные геоморфологические профили гор Северный Басег, Средний Басег и Южный Басег (рисунок 4.3).



г. Северный Басег г. Средний Басег г. Южный Басег

Рисунок 4.3 –Профиль и крутизна склонов гор хребта Басеги

Для всех вершин характерен асимметричный профиль – более пологий западный склон сменяется более крутым восточным, что связано с тектоническим строением территории. Горы увенчаны платообразной поверхностью (ее абсолютная высота колеблется от 700 до 850 м), над которой возвышаются обнаженные вершинные гребни (г. Северный Басег, хр. Басежата), округлые в плане заостренные вершины (г. Средний Басег), также имеющие асимметричный поперечный профиль. Склоны гор преимущественно прямые, местами ступенчатые, имеют поверхности выравнивания, крутизна снизу вверх увеличивается постепенно, без резких уступов, переход от подножий к склонам не выражен резко (рисунок. 4.4, 4.5).

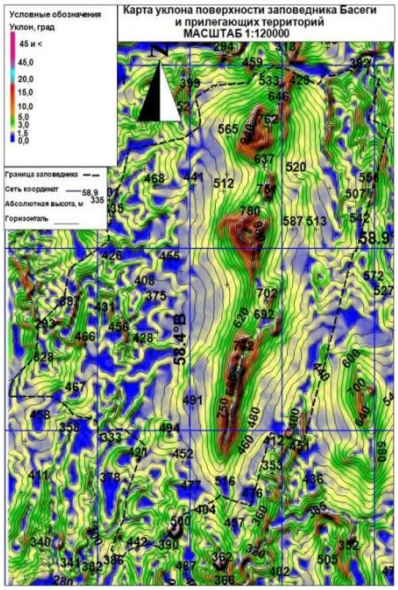


Рисунок 4.4 – Карта крутизны склонов

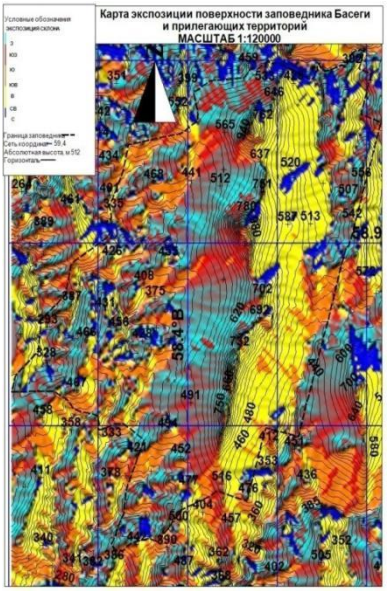


Рисунок 4.5 – Карта экспозиции склонов

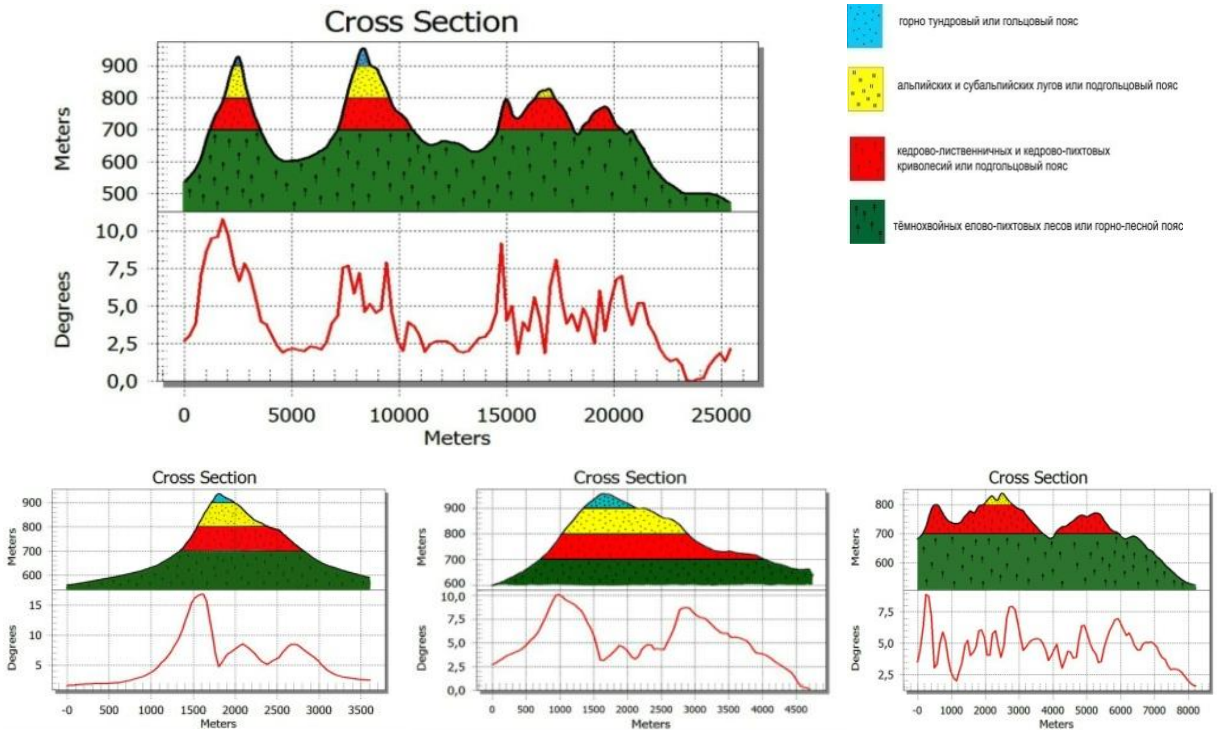
Склоны задернованы, выходов коренных пород на них не наблюдается, имеются многочисленные уплощенные участки – нагорные террасы, поросшие лесом. По пологим склонам лесная растительность поднимается выше, чем по более крутым, почти до самых вершин.

Используя ЦМР и геоморфологический профиль хребта, проведена группировка геосистем по общей динамике природных процессов на «пойменные» и «внепойменные», а затем внепойменные на повышения и понижения. Морфометрический анализ рельефа показал, что в пределах хребта выделяюся геосистемы: водораздельные пространства, депрессии, речные долины, нерасчленённые поймы, склоновые поверхности, межгорные долины, седловины, платообразные поверхности (таблица 4.1).

Таблица 4.1 – Типология геосистем хребта Басеги

Фактор	Типы геосистем		
	внепойменные		пойменные
Рельеф	Водоразделы	Депрессии	Нерасчлененные поймы
Геоморфологическое строение	Выпуклые	Долинообразные	Центрально-гривистые
	Плоские	Озеровидные	Притеррасно-центральные
Гипсометрический уровень	Высокие	Неглубокие	Высокая и средняя пойма
	Низкие	Глубокие	Низкая пойма

На высотно-зональные закономерности развития горных геосистем накладываются экспозиционные и барьерно-циркуляционные различия склонов, разнообразие и динамизм литоморфной основы, повышенная активность процессов трансформации вещества и энергии, что в комплексе создает дифференцированную структуру ландшафтов. Природно-зональные и высотно-орографические условия способствуют формированию трех высотных поясов (рисунок 4.6): горно-лесного таежного, подгольцового, горно-тундрового (гольцового).



Северный Басег Средний Басег Южный Басег

Рисунок 4.6 – Структура высотных ландшафтов в пределах хребта Басеги (профили гор с севера на юг)

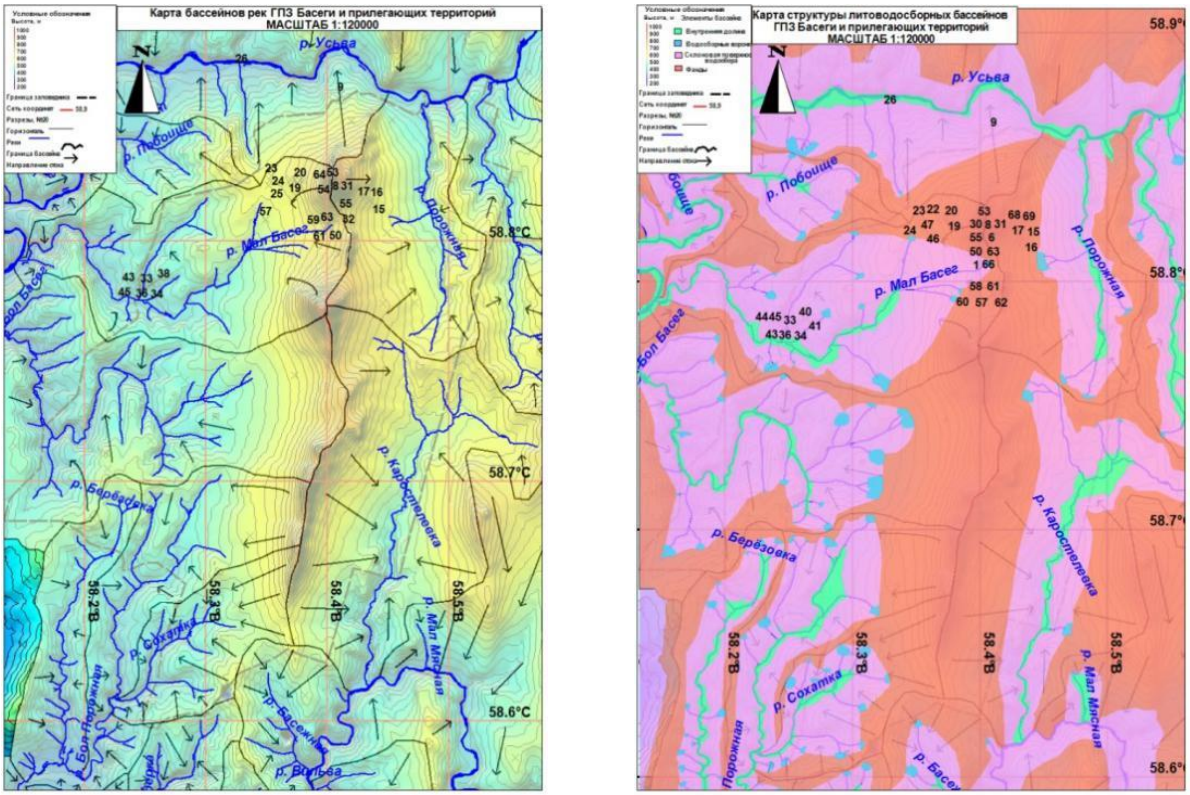
Высотная поясность является закономерным отражением высотной и пространственной дифференциации ландшафтов, формирующихся в

определенных геоморфологических и высотно-климатических условиях и идентифицируется по растительному покрову и растительным формациям. Наиболее геодинамически активными участками являются шлейфы курумов, секущие высотные пояса и спускающиеся в межгорные котловины.

Определена неоднородность высотных показателей для границ поясов, которая обусловлена различиями в уклонах поверхности территории, в связи с чем, и определяется разнообразие в мезорельефе.

4.2 Бассейновая организация территории и морфометрический анализ бассейнов рек

На территории заповедника протекает 18 рек: крупные – Усьва, Вильва, а также 16 малых. Выделены водосборные бассейны (ВБ) малых рек IV порядка по отношению к р. Каме. Морфологическое строение водосборных бассейнов отражается в ландшафтном рисунке 4.7А.



А) Бассейны рек хребта Б) Структура элементов бассейнов рек

Рисунок 4.7 – Бассейновая организация исследуемой территории

Так, в западной части от хребта формируются бассейны в форме дубового листа, в восточной – в виде лопасти. В связи с этим, исследования проводили с учетом экспозиции склонов хребта.

Морфометрические характеристики ЛВБ рек следующие. Площадь бассейнов рек IV порядка варьирует в широких пределах (7,68-123,0 км^2). Средняя ширина водосбора небольшая, изменяется в пределах 2,07-6,42 км, а коэффициент вытянутости водосбора составляет от 0,62 до 6,23 км. Густота речной сети (D) изменяется (0,28 до 0,77 км/км^2), в среднем составляет 0,55 км/км^2. Реки имеют правую и левую асимметрию. В микроводосборах выраженная асимметрия рек еще отсутствует (приложение 2).

По выраженности правой и левой части бассейны рек можно объединить в 3 группы: 1) правая 255,38 км^2 > левой 150,15 км^2, 2) правая 97,36 км^2 < левой 167,38 км^2, 3) правая 35,1км^2 = левой 35,5 км^2.

Морфометрические характеристики ЛВБ рек достоверно различаются в зависимости от экспозиции склонов хребта. Выделяются показатели, которые слабо зависят от экспозиции склона: общий периметр бассейнов, протяженность рек, средняя ширина водосбора.

Выделены элементы структуры бассейнов: речные русла, внутренняя долина, склоновые поверхности водосбора, водосборные воронки, водораздельная часть, представленная фандами (нижняя часть водораздела) и соединяющими их дугами (верхняя часть водораздела). Установлено, что средние площади элементов бассейнов различаются в зависимости от экспозиции склона (приложение 3). В пересчете на долевое участие элементов структуры ЛВБ рек образуются следующие соотношения (внутренняя долина – водосборная воронка – склоновые поверхности водосбора – фанды, дуги) на западном склоне: 1–0,4–9,5–7,3; на восточном: 1–0,2–7,8–10,2. Это диагностирует большую степень выработанности продольного профиля бассейнов рек западной экспозиции. Общее строение рельефа и структуры водосборных бассейнов с различной энергетикой геоморфологических процессов определяются асимметрией склонов хребта.

Площади внутренних речных долин варьируют в пределах 0,5-65 км^2, водосборных воронок 0,03-3,1 км^2, поверхностей водосбора 2,3-68,8 км^2, фандов 3,7-69,7 км^2. Таким образом, пространственно-временное проявление эрозионно-аккумулятивных процессов, условия формирования жидкого и твердого стока в бассейнах рек существенно отличаются для склонов хр. Басеги. Ландшафтный рисунок и морфометрические характеристики бассейнов рек указывают на различную интенсивность процессов разрушения горного массива в западной и восточной частях хребта, что напрямую зависит от гидротермических условий склонов. Так как западные и северо-западные склоны получают больше влаги, чем восточные, то активное бассейнообразование проявляется на западных склонах хребта, что выражается в большей площади склоновых поверхностей бассейнов. Таким образом, образование разных горных ЛВБ указывает на различные процессы разрушения горного массива и роста русловой системы трещин вверх по склону в западной и восточной части хребта. Более активно бассейнообразование происходит на западных склонах.

4.3 Анализ информационных связей и взаимодействие вертикальных и горизонтальных геосистем

Суть ландшафтного подхода: рассмотрение не только объекта изучения, но и его среды [Соколов, 1992]. Почвенно-индикационные исследования с ландшафтных позиций выступают как индикаторы. В первую очередь используются комбинации растительности и рельефа, выявление взаимосвязей между почвами, растительностью и рельефом с широким использованием сравнительно-географического метода.

Водосборные бассейны горных морфоструктур часто развиваются в режиме относительно самостоятельных геосистем. ЛВБ на западном склоне имеют более выраженное широтное направление, а ЛВБ восточного склона – меридиональное. Направление развития бассейна определяет его зональную неоднородность, которая связана с последовательным изменением, как правило, климатических характеристик при движении от водораздельной части

бассейна к внутренней речной долине. Известная «размытость» климатических рубежей в пределах однородной территории вынуждает поиск критериев для установления точных зональных границ. При ландшафтном разграничении природных зон и подзон в бассейнах рек основное значение традиционно принадлежит зональным особенностям почвенных разностей и растительных группировок местоположений.

В качестве источника информации о пространственной организации ландшафта для установления и уточнения зональных границ были использованы состав сообществ разных типов растительности.

При совмещении карт растительного покрова (рисунок 4.8) и элементов структуры ЛВБ наблюдается закономерная смена растительных формаций в зависимости от приоритетных факторов образования биоклиматогенной структуры почвенного покрова литоводосборных бассейнов (рисунок 4.9).

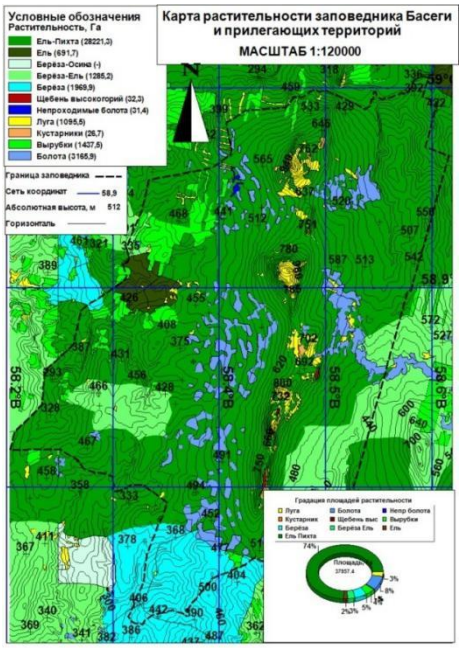


Рисунок 4.8 – Карта растительности хребта Басеги

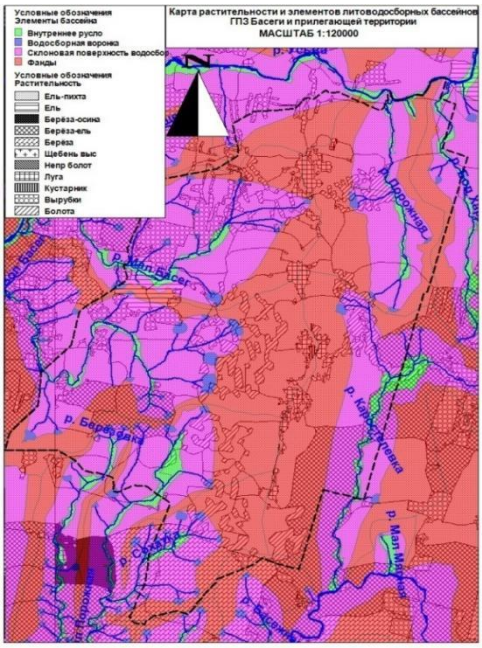


Рисунок 4.9 – Карта растительности и элементов литоводосборных бассейнов хребта Басеги

Почвы во внутренних речных долинах преимущественно обособляются елово-пихтовым, берёзовым, берёзово-еловым, берёзово-осиновым лесом, местами встречаются болота и долинные луга. Почвенный покров склоновых водосборных поверхностей, испытывающих интенсивный процесс стока и

перемещения вещества и энергии, сопряжен с елово-пихтовой, берёзово-еловой парковой растительностью и горно-лесной тайгой. Болотные ландшафты тяготеют к местам водосборных воронок, что объясняет повышенное переувлажнение этих участков. Почвенный покров фандов и водораздельных дуг охватывает самые обширные территории, где преобладают различные растительные ассоциации: пустоши, кустарничково-моховая растительность, ниже по высоте встречается луговая растительность переходящая в елово-берёзовую, елово-пихтовую тайгу. Такое распределение растительности объясняется особенностями взаимоположения высотной биоклиматической поясности и ЛВБ, что в свою очередь влияет на специфику образования и особенности ПП.

Статистическое описание связей по корригирующему коэффициенту G между растительными ассоциациями на восточных и западных склонах со структурными элементами ЛВБ показало что, на склонах западной экспозиции эта связь достоверна, а на восточных такая зависимость не подтверждается, что объясняется особенностями образования, выработанностью элементов структуры ЛВБ. В менее выработанных восточных бассейнах растительные ассоциации находятся в более интенсивном перемещении.

Анализируя распределение показателя NDVI (рисунок 4.10) можно сделать вывод, что обилие растительности приурочено к горно-таежным лесам и лугам, где формируется плотный растительный покров (зеленые области на карте). Разреженная растительность отличается на крутых склонах и местах где она находится в начальной стадии формирования (желтый цвет на карте). В заповеднике есть территории, где происходит угнетение растительности и ее биомасса стремится к нулевому значению, это места горных россыпей, пустошей, крутых склонах речных долин, водные объекты, болота (красный цвет на карте). Таким образом, сопоставляя карту NDVI с картой растительности, наблюдается последовательная дифференциация типов растительных ассоциаций от их биомассы. Элементы структуры бассейнов характеризуются различным составом преобладающей растительности, и как следствие, возможно пестротой почвенного покрова.

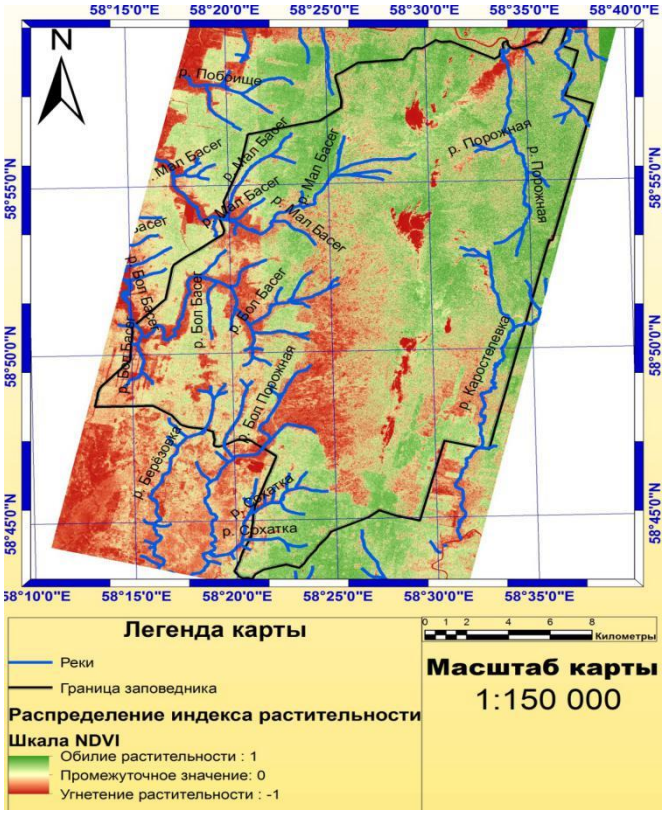


Рисунок 4.10 – Карта нормализованного относительного индекса растительности

Эти данные были учтены при составлении карты почвенного покрова хребта, так как организованные ассоциации почв и растительности закономерно взаимосвязаны в пространстве. Высотная поясность является закономерным отражением высотной и пространственной дифференциации ландшафтов, которая формируется в определенных геоморфологических, климатических условиях и идентифицируется по характеру растительного покрова.

Статистическое подтверждение индикационных связей «растительность-крутизна склонов», «растительность-высота местности» и «растительность-экспозиция склонов» получено по корригирующему коэффициенту G. Затем, с помощью ИЛА установлена теснота, форма связи между растительностью и морфометрическими характеристиками рельефа.

Растительные сообщества не существуют долго на одном месте, а находятся в непрерывном сукцессионном развитии, сменяют друг друга. Границы существования типа растительности в определённых условиях высоты размыты, но для каждой группировки выделяется наиболее благоприятный интервал высот для их развития. Наиболее неприхотливыми можно считать елово-пихтовые леса, которые могут подниматься вверх по склонам до 900 м н.у.м. в зависимости от экспозиции (на западной и на восточной). Луговые растительные формации и берёзово-еловые криволесья стремятся к высоте 500-700 м н.у.м (таблица 4.2). Максимально благоприятной для растительности является высота 300-500 м н.у.м. Математически доказаны специфичные

наиболее вероятные типы растительности (К) для каждого высотного пояса и установлена криволинейная зависимость в виде логической функции нелинейного произведения. Информационно-логический анализ показал, что вторичные леса обладают наименьшей информативностью, а кустарничково-моховая растительность – наибольшей.

Таблица 4.2 – Индикационные связи между преобладающей растительностью и морфометрическими характеристиками рельефа в горных ландшафтах

Индикационные связи					
1		2		3	
Высота м н.у.м.	Растительность	Крутизна, градус	Растительность	Экспозиция	Растительность
< 300	Ель-пихта	< 3	Болота	Северная	Ель-пихта
300-500	Вторичные леса	3-5	Берёзовые леса	Южная	Луга
500-700	Луга	5-10	Берёзовые леса	Западная	Кустарничково-моховая тундра, ель
700-800	Луга	10-20	Кустарничково-моховая тундра	Восточная	Берёза
> 900	Кустарничково-моховая тундра	> 20	Пустоши, гольцы		
T = 0,4340		T = 0,3491		T = 0,2145	
K = 0,2036		K = 0,1799		K = 0,1279	

Примечание: T(A/B) – общая информативность – количество информации поступающей от фактора B к явлению A, бит; K(A/B) – коэффициент эффективности передачи информации от фактора B к явлению A, бит.

Неприхотливые елово-пихтовые леса развиваются на всех уклонах, но более всего тяготеют к поверхности с уклоном <3°, 3-10°. В ландшафтах, формирующихся при крутизне 3-10°, специфичным является наличие берёзы в растительных ассоциациях. Еловые леса, луга и другие растительные ассоциации более всего предпочитают участки с уклоном до 5°. При крутизне более 10° условия для произрастания ухудшаются, и мы имеем тундровые пустоши и гольцы. Для формирования болотных экосистем наиболее всего подходят участки склонов с крутизной < 3°, в пределах которых, формируются водосборные воронки.

Достоверная взаимосвязь между растительными ассоциациями и экспозицией склонов позволяет утверждать, что разные типы еловых лесов в большей степени тяготеют к западной экспозиции склонов хребта, где отмечаются

менее крутые склоны (<10°). Луговые растительные ассоциации большей частью устремляются к склонам восточной и южной экспозиции. Болотные растительные группировки, березово-еловые и берёзовые криволесья формируются на склонах западной и восточной экспозиции. Наибольшая величина неопределённости характерна для ландшафтов на западных склонах хребта Басеги.

Определена информационно-логическая связь растительности с положением на элементах ЛВБ (таблица 4.3).

Таблица 4.3 – Зависимости между преобладающей растительностью, экспозицией и элементом литоводосборного бассейна

Элемент ЛВБ	Растительность	
	Западная экспозиция	Восточная экспозиция
Речные долины	Пойменные луга, разновозрастные вырубки	Пойменные луга, приручьевый елово-пихтовый лес
Склоновые поверхности водосбора	Разновозрастные вырубки, еловые леса	Березовые леса
Водосборные воронки	Болотная растительность, березовые леса	Болотная растительность, безезово-еловые леса
Фанды, дуги	Луга субальпийские, береза-ель, пустоши и гольцы	Пустоши и гольцы, елово-пихтовые леса

С помощью информационно-логического анализа установлена теснота, форма связи между явлениями (растительностью, элементами ЛВБ, почвами) и факторами (морфометрическими характеристиками рельефа – крутизна, экспозиция склонов, высота местности). Найдены вероятностные специфичные состояния явлений для различных состояний изучаемых факторов. Установлена логическая зависимость преобладающей растительной ассоциации от рассматриваемого набора параметров. Неопределенность состояния зависимого параметра (растительности) является максимальной (таблица 4.4).

Таблица 4.4 – Показатели информационно-логического анализа между растительностью и морфометрическими показателями рельефа, (Бит)

Фактор	Растительность			
	H(A)	H(B)	T(A/B)	K(A/B)
Высотные пояса	2,84	2,1318	0,4340	0,2036
Крутизна	2,84	1,9516	0,3491	0,1799
Экспозиция	2,84	1,6773	0,2145	0,1279
Элементы ЛВБ	3,556	1,9461	0,2977	0,1530

Величина неопределенности фактора (морфометрические показатели рельефа) позволяет установить степень влияния каждого фактора. Так, предельная неопределенность, и большая информативность, поступающая от фактора к зависимому параметру, отмечается для высоты местности. Далее по значимости следует влияние крутизны участка склона на растительность. Меньшее количество информации поступает от фактора экспозиция склона.

Таким образом, по усилению степени влияния на условия произрастания растительности и ее изменения в пространстве, изучаемые факторы можно расположить в следующий ряд: экспозиция склонов < элементы ЛВБ < крутизна < высота м н.у.м. Неоднородность высотных показателей для границ поясов обусловлена различиями в уклонах поверхности, в связи с чем, и определяется разнообразие в мезорельефе и в фациальной структуре ландшафтов.

4.4 Типизация геосистем бассейнов рек

В настоящее время существует геолого-экологическая карта Среднего Урала, а также геоэкологическая и ландшафтно-геохимическая карта Пермского края [Копылов и др., 2014], где основой районирования являются геоморфологические (генетические) ландшафты.

В научном сообществе встречаются исследования по типизации бассейнов [Смирнова и др., 2015; Трифонова, Шутов, 2019]. Методика типизации геосистем речных бассейнов опробована в глобальном масштабе для всего Камского бассейна [Трифонова, Шутов, 2019]. Проведение почвенно-экологического районирования представляется в несколько этапов. На I этапе необходимо выделить типы геосистем по литологии и морфометрии. Далее, в пределах типов геосистем, определить СПП с учетом растительности.

Рельеф представлен денудационными морфотипами (низкогорье – 500–1000 м, мелкогорье и останцово-педиментный уровень – до 500 м), на которые накладываются процессы высотно-поясного, склонового и долинного ландшафтогенезов.

Различия типов бассейнов определяются различием рисунков стоковой системы (см. п. 4.2). Для количественной оценки вклада рельефа в функционирование ЛВБ использованы группы *морфометрических характеристик*: показатели геометрической формы – площадь, длина и ширина водосбора, длина речной сети, показатель округлости; рельефные параметры – средний уклон бассейна, средняя высота бассейна, перепад высот в бассейне, уклон реки, густота речной сети, энергия рельефа, который измеряет общую крутизну водосборного бассейна и является показателем интенсивности эрозионного процесса, протекающего на склонах бассейна [Schumm, 1956]. Показатель формы бассейна указывает на интенсивность стока в бассейне определенной площади [Waikar et al., 2014] (чем меньше значение показателя формы, тем более вытянутым будет бассейн).

Для водосборов получены морфометрические показатели, но основе которых, проведена кластеризация бассейнов (рисунок 4.11). Определились 4 кластера по близким условиям формирования бассейнов.

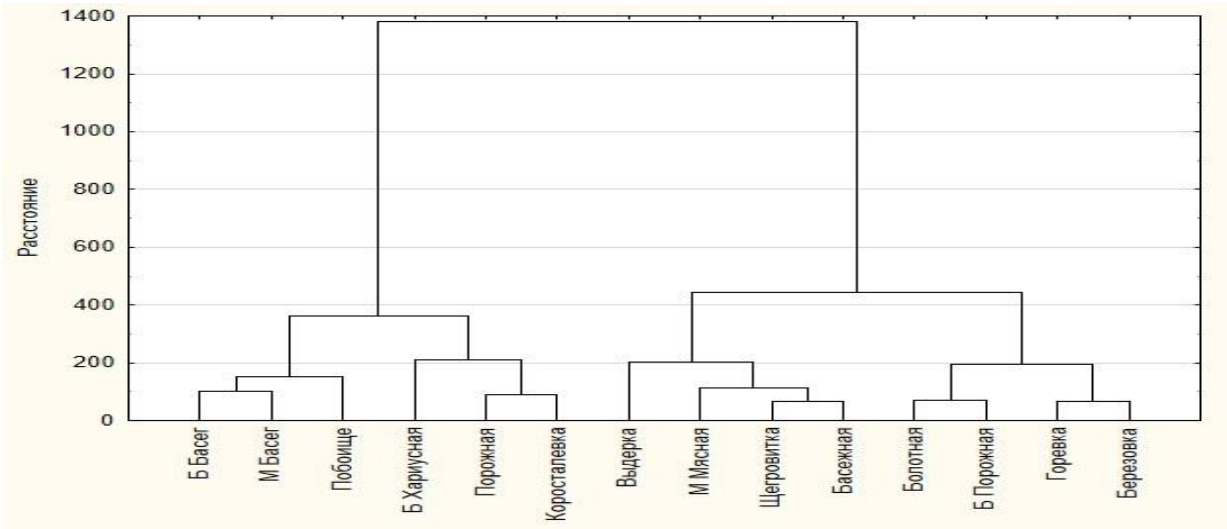


Рисунок 4.11 – Кластеризация бассейнов рек
по морфометрическим показателям

Кластеры объединенных литоводосборных бассейнов хребта Басеги характеризуются следующими геоморфологическими параметрами и составом.

Кластер 1. Северо-западная группа бассейнов рек: Малый Басег, Большой Басег, Побоище. Перепад высот в пределах 370-694 м, реки максимальные по

протяженности 20-27 км, средняя высота бассейнов группы 387 м, уклон местности варьирует от 3,3 до 3,7°, средний уклон рек повышен (среднее 16 ‰), густота речной сети высокая (0,53-0,60 км/км^2), повышенный показатель округлости 0,32-0,39, высокая энергия рельефа 36-45. Максимально неоднороден по геологическому строению. В большинстве (центральная, западная, северная части группы) сформирован на породах Вендской системы нижнего отдела (V1. П1-П3), а в меньшей степени (восточная часть территории группы) на породах Верхнего рифея (R3. П1, П2). В нижнем течении р. Большой Басег наблюдаются отложения Ордовикской системы (O2-3. П1).

Кластер 2. Северо-восточная группа бассейнов рек: Порожная, Большая Хариусная, Каростелевка. Перепад высот в бассейнах рек 413-644 м, средняя протяженность 13-22 км, максимальны по средней высоте 534 м, уклон местности от 3,7 до 4,1°, реки с минимальным уклоном (средний 13 ‰), густота речной сети минимальная (0,28-0,35 км/км^2), показатель округлости 0,33-0,46, показатель энергии рельефа в пределах 25-47. В основном образован породами Верхнего рифея (R3. П2), однако северо-восточная часть выделенной территории приурочена к породам Вендской системы нижнего отдела (V1. П4).

Кластер 3. Юго-восточная группа бассейнов рек: Выдерка, Басежная, Щегровитка, Малая Мясная. Перепад высот составляет 260-406 м, протяжённость речной сети минимальная (2-11 км), средняя высота бассейнов 419 м, средний уклон бассейнов варьирует от 2,5 до 4,0°; уклон речной сети максимален при небольшой протяженности рек относительно падения русел (средний 25 ‰), густота речной сети 0,28-0,72 км/км^2, показатель округлости 0,16-0,38; энергия рельефа 27-56. Территория бассейнов формировалась на породах Вендской системы нижнего отдела (V1. П1) и незначительная южная часть территории выделенной группы приурочена к породам Девонской системы (D. П1) и Вендской системы верхнего отдела (V2. П1).

Кластер 4. Юго-западная группа бассейнов рек: Большая Порожная, Болотная, Березовка, Горевка. Перепад высот 175-504 м, небольшая протяженность рек 5-15 км, средняя высота бассейнов 353 м, уклон водосборов

2,5-4,0°; уклон рек относительно высокий (средний 17 ‰), густота речной сети максимальная (0,58-0,77 км/км^2), показатель округлости говорит о том, что бассейны наиболее вытянуты меридионально (0,21-0,31), наименьшее значение энергии рельефа (14-32) свидетельствует о меньшем эрозионном потенциале данной группы бассейнов рек. Территория практически полностью сложена на породах Верхнего рифея (R3. П2).

Проведено совмещение выделенных групп ЛВБ с электронной геологической картой дочетвертичных образований (приложение 4). Установлена тесная связь между образованными кластерами бассейнов рек и стратиграфией территории. Хребет Басеги, как указывалось выше, состоит из трех гор. Типизация геосистем бассейнов рек показывает литологические различия в пределах хребта, а результаты пространственного анализа геологического строения позволяют установить характерный состав пород для каждой типизированной группы. Это явилось основанием для пространственной типизации геосистем ЛВБ рек, дренирующих хребет Басеги (рисунок 4.12).

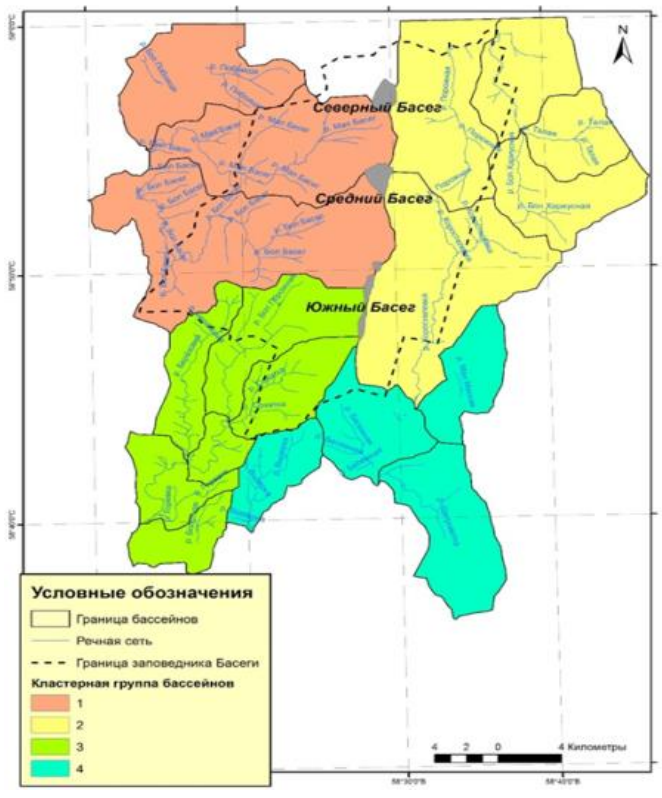


Рисунок 4.12 – Геосистемы бассейнов рек хребта Басеги

Хребет является водоразделом и разделяет всю дренируемую территорию на западный и восточный склоны, где в зависимости от литологии и геоморфологии сформировались различные геосистемы бассейнов. Западные геосистемы (кластер 1, 4) характеризуются максимальным перепадом высот (324-329 м), аналогичной средней высотой бассейнов (387 м, 353 м), близким уклоном рек (16-17 %), высокой густотой речной сети.

Восточные геосистемы ЛВБ отличаются от западных меньшим перепадом высот (231 м в северо-восточной, 146 м в юго-восточной), но максимальной средней высотой бассейна: 534 м в северо-восточной геосистеме и 419 м в юго-восточной. Итак, в меридианальном аспекте, территория различна по условиям формирования бассейнов.

Рассматривая геосистемы ЛВБ в широтном аспекте, также намечаются различия в строении бассейнов рек. Условно граница между северными и южными геосистемами ЛВБ проходит между Средним и Южным Басегами. Северо-западная и северо-восточная группы ЛВБ значительно различаются от юго-западной и юго-восточной групп по протяженности рек (наиболее длинные реки в северных геосистемах), по средней высоте бассейнов в геосистемах (461 м в северных против 386 м в южных) по среднему уклону рек (в южных уклон больше) и показателю округлости, который является наибольшим для северных геосистем (0,36-0,39).

С помощью информационно-логического анализа определено преобладающее влияние некоторых морфометрических показателей на формирование водосборов. Так, различия водосборных бассейнов по морфометрическим показателям в мериодиональном отношении проявились по следующим критериям с уменьшением влияния: густота речной сети >> средняя высота водосбора > средний уклон бассейна. Это рельефные параметры бассейнов. Геосистемы ЛВБ в широтном аспекте достоверно различаются по следующим рельефным параметрам с уменьшением эффекта: перепад высот в водосборе > средний уклон реки > средняя высота бассейна > средний уклон бассейна > коэффициент рельефа > падение реки. Таким образом, выделяются два показателя (средняя высота бассейна, средний уклон бассейна), влияющие на формирование бассейнов рек, как в меридиональном, так и в широтном аспектах. Это может оказывать влияние на проявление высотной зональности растительности и почвенного покрова.

Определены вероятностные специфичные состояния условий формирования бассейнов рек, дренирующих хребет Басеги (таблица 4.5).

Таблица 4.5 – Специфичные состояния морфометрических показателей бассейновых геосистем

Морфометрические показатели	Специфичные состояния в меридиональном аспекте: склон		Специфичные состояния в широтном аспекте: часть	
	западный (К 1, 4)	восточный (К 2, 3)	северная (К 1, 2)	южная (К 3, 4)
Средний уклон реки, °	<15	>25	>25	<15
Протяженность рек, км	10-15	10-15	<10	>15
Средняя высота бассейна, м н.у.м.	<400	>500	400-500	>500
Падение рек, м	<200	>200	<200	>200
Показатель округлости	<0,30	>0,30	>0,30	<0,30
Коэффициент рельефа	35-40	35-40	>40	<35
Густота речной сети, км/км^2	0,5-0,7	<0,5	0,5-0,7	>0,7
Перепад высот в водосборе, м	<300	300-400	300-400	<300
Средний уклон водосбора, °	>4	<3	>4	3-4
Средняя длина водосбора, км	>15	10-15	<10	10-15

Примечние: К – кластер.

Методика типизации бассейновых геосистем опробованная на локальном уровне (для заповедника) показала, что как в региональном [Трифонова, Шутов, 2019], так и в локальном уровнях [Самофалова и др., 2020] удается подразделить бассейновые геосистемы на типы по морфометрическим показателям. Изменение геологических пород диктует и изменение рельефа, что в свою очередь фиксируется по его морфометрическим показателям. Данное обстоятельство позволяет констатировать связь эндогенных и экзогенных процессов, в рамках которых, развивается водосборный бассейн в горных условиях.

Глава 5. ВЛИЯНИЕ ЗАКОНОМЕРНСТЕЙ ОРГАНИЗАЦИИ ВЕРТИКАЛЬНЫХ (БАССЕЙНОВ РЕК) И ГОРИЗОНТАЛЬНЫХ ГЕОСИСТЕМ (ВЫСОТНОЙ ПОЯСНОСТИ) НА ФОРМИРОВАНИЕ ПОЧВ

5.1 Диагностика профилеобразующих процессов и развитие почв

В пределах исследуемой территории при описании почвенных разрезов были обнаружены диагностические горизонты: структурно-метаморфический (*BM*), альфегумусовый (*BHF*), подзолистый (*E*), серогумусовый (*AY*), темногумусовый (*AU*), глеевый (*G*), торфяный (*T*). В соответствии с этим определены почвы следующих отделов: структурно-метаморфические, альфегумусовые, органо-аккумулятивные, глеевые, литозёмы, торфяные почвы (приложение 5). Все почвы, кроме достаточно хорошо развитых профилей структурно-метаморфических, относят к маломощным почвам.

Отдел *литоземы* объединяет почвы, сформированные в маломощной щебнистой мелкоземистой толще, подстилаемой на глубине 30 см плотной породой. Профиль состоит из органогенного поверхностного и/или гумусового горизонтов. На хребте Басеги формируются *литоземы* с органогенными и органо-минеральными горизонтами *O, AO, ao, H, Th,* гумусовыми горизонтами *AH, AY*.

Почвы отдела *органо-аккумулятивные* характеризуются наличием органогенного или гумусового горизонтов, постепенно сменяющимся малоизменённой почвообразующей породой. Срединный горизонт, как самостоятельное генетическое образование не выражен. Проявление процессов суспензионного переноса, иллювиирования органогенных соединений, элювиирования и других процессов возможно только на уровне признаков. *Органо-аккумулятивные* почвы образуются под травянистыми растительными сообществами. Общая мощность рыхлой толщи превышает 30 см.

Почвы отдела *альфегумусовые* характеризуются морфогенетической выраженной иллювиальной аккумуляцией алюмо-железисто-гумусовых соединений, формирующих специфический диагностический хемогенный

альфегумусовый горизонт *BHF* коричневого или охристо-буроватого цвета. Почвы отдела имеют хорошо дифференцированный профиль и представлены разными типами подбуров (диагностический горизонт *BHF*) и подзолов (диагностический горизонт *E, BHF*).

В пределах хребта Басеги обнаружены почвы структурно-метаморфические: буроземы с различными генетическими признаками в разных высотных ландшафтах – горно-лесном, горно-луговом, парковом редколесье, криволесье. Формирование буроземов происходит под различными растительными биоценозами с высоты 315 м до 820 м. н.у.м. В почвах обнаружены генетические признаки, которые обуславливают подтиповую принадлежность почв: грубогумусированность (ao), ожелезнение (f), оглеение (g), элювиирование (el), иллювиирование (i), потёчность гумусовых веществ.

Отдел *глеевые* объединяет почвы, в которых основной чертой профиля является наличие диагностического глеевого горизонта *G*, окрашенного в сизые, голубые тона, являющиеся результатом восстановительной мобилизации оксида железа в условиях периодически застойного переувлажнения. Горизонт залегает непосредственно под органогенным или гумусовым горизонтом. В *глеевых* почвах формируется горизонт с грубым гумусом мощностью более 10 см в основном в горной тайге и парковом редколесье (350-500 м н.у.м.).

В почвенном покрове заповедника встречаются почвы с гумусово-слаборазвитым *(W*) или торфянисто-подстилочным горизонтом (*O*), залегающим на плотной породе. Эти почвы в отделе *слаборазвитых* почв отнесены к типу *петроземы*. Развитие профиля ограничивается молодостью почв или климатическими условиями. Петроземы встречаются в тундре и между гольцами, а также в горной тайге на больших обломках пород.

В пределах хребта обнаружены горные болота, в пределах которых диагностированы олиготрофные болотные и перегнойно-глеевые, глееземы. Болота расположены на выровненной слабонаклоненной к западу части склона и представляющие собой верховой облесенный елью торфяник. Таким образом,

почвенный покров болотного массива представлен почвами как органогенного, так и постлитогенного почвообразования.

Анализ морфологических признаков и строения профиля почв показал, что диагностические горизонты имеют различную мощность. Это связано с проявлением профилеобразующих процессов [Waroszewski et al., 2013, 2015].

Лимиты варьирования мощностей горизонтов изменяются в разных пределах (таблица 5.1).

Таблица 5.1 – Лимиты варьирования мощностей диагностических горизонтов почв, см

Отделы (типы)	ОГ	ОПГ	AY	E	BHF	G	МП
Л	2-13 7	2-15 8	5-20 12	-	-	-	7-29 18
ОА	2-11 6	-	6-34 20	-	-	-	34-50 42
А	2-10 6	2-7 4	9-18 13	3-14 9	9-30 20	-	22-40 31
ПБ	6-8 7	-	9-18 13	-	17-30 24	-	35-40 38
П	2-10 6	3-7 5	-	3-14 9	3-13 8	-	20-40 30
Г	2-10 6	7-34 21	-	-	-	17-44 30	48-63 57

Примечание: в числителе значения минимум и максимум, в знаменателе среднее значение; Л – литоземы; ОА – органо-аккумулятивные; А – альфегумусовые; ПБ – подбуры; П – подзолы; Г – глеевые; ОГ – органогенные поверхностные горизонты; ОПГ – органогенные подповерхностные горизонты; AY – гумусовые горизонты; E – подзолистые; BHF – альфегумусовые горизонты; G – глеевый горизонт; МП – мощномть профиля.

Мощность поверхностных органогенных горизонтов изменяется в пределах 2-13 см. Органогенный подповерхностный горизонт варьирует в почвах в более широком диапазоне от 2-34 см. Причем, наибольшая мощность этого горизонта характерна для *глеевых* почв (21 см) и *литоземов* (8 см). По мощности гумусового горизонта выделяются *органо-аккумулятивные* почвы (20 см с размахом от 6-34 см). Альфегумусовый горизонт в подбурах варьирует от 17-30 см и в среднем мощность составляет 24 см. В подзолах мощности двух диагностических горизонтов (*E, BHF*) примерно равны (8-9 см). Мощность глеевого горизонта в *глеевых* почвах в среднем соответствует 30 см. В

зависимости от строения профиля почв варьирует и мощность всего профиля в диапазоне от 13-63 см.

Бурозёмы представлены подтипами: элювиированный, ожелезнённый, иллювиированный, грубогумусированный. Мощность профиля здесь является наиболее максимальной и варьирует в пределах 50-106 см (таблица 5.2).

Таблица 5.2 – Лимиты варьирования мощности горизонтов в подтипах буроземов (отдел структурно-метаморфические)

Высота (мин - мах)	Подтипы	Кол-во разрезов	Горизонт	Средняя мощность горизонта	Лимиты варьирования мощностей, см
347-655	элювиированный	12	O	5	3-7
			AYel	18	10-33
			BM	39	20-63
			C	73	52-112
346-820	ожелезненный	11	O	6	2-14
			AYf	22	2-38
			BMf	29	15-76
			C	69	53-100
315-646	иллювиированный	10	O	4	2-10
			AYi	29	2-39
			BM	32	23-91
			C	76	56-115
347-900	грубогумусированный	16	O	7	2-14
			AYao	16	2-41
			BM	30	13-104
			C	65	37-112

Мощность лесной подстилки в бурозёмах варьирует от 2 см до 14 см. Мощность серогумусного горизонта варьирует от 10 до 37 см. Средняя мощность горизонта *AY* является максимальной в буроземе глинисто-иллювиированном (30 см), а наименьшая в элювиированном (17 см). Средняя мощность горизонта *BM* изменяется в пределах 28-37 см. Наибольшая мощность *BM* отмечается в подтипах элювиированном и глинисто-иллювиированном (32 см). Статистическое распределение мощностей горизонтов по подтипам показывает, что более варьируемыми в пространстве горизонтами являются *BM* и *C*. Определены лимиты варьирования мощностей горизонтов почв подтипов буроземов в связи с широким их распространением в горах.

Информационно-логический анализ между мощностью профиля и типом почв показал тесную связь с высокой общей информативностью (Т=1,26) и высоким коэффициентом передачи каналов связи (К= 0,63). Для *литоземов* наиболее специфичным является формирование профиля до 20 см (таблица 5.3). Для *органо-аккумулятивных* почв характерно формирование профиля мощностью 31-40 см и 41-50 см. *Подбуры* формируют профиль в основном мощностью 41-50 см. Для *подзолов*, формирующихся на крутых склонах, мощность профиля чаще всего составляет 20-30 см. Более развитым профилем из маломощных почв отличаются *глеевые* – более 50 см, что является специфичным состоянием для этих почв.

Таблица 5.3 – Вероятностное формирование мощности профиля почв, см

Тип почв, отдел	< 20	20-30	30-40	40-50	> 50
Литоземы	+++	+	-	-	-
Органо-аккумулятивные	-	-	+++	+++	+
Подбуры	-	-	+	+++	-
Подзолы	-	+++	+	-	-
Глеевые	-	-	-	-	+++

Примечание: - не встречается, + редко встречается, ++часто встречается, +++ преобладает

Диагностика почв по морфологии позволила выделить генетические признаки, накладывающиеся на основные профилеобразующие процессы. В исследуемых почвах встречаются следующие генетические признаки: ao – грубогумусированный; h – перегнойный; el – элювиированный; g – глееватый; f – ожелезненный; m – метаморфизированный; i – глинисто-иллювиированный; cf – криогенно-ожелезненный. Определены специфичные состояния генетических признаков для почв конкретного отдела, что указывает на неоднородность условий почвообразования и различия почв даже внутри отдела.

Генетические признаки почв объединили по отделам и получили логическую формулу, которая позволяет нам спрогнозировать какие признаки чаще всего могут встречаться, и специфичны для почв конкретного отдела. Для характеристики степени варьирования почвенных признаков внутри каждого отдела использовали величину неопределенности H(a/b). Установлено максимальное варьирование разнообразия почвенных признаков в почвах

отделов: структурно-метаморфические, органо-аккумулятивные и глеевые (таблица 5.4). Наибольшей информацией *J(a/b)* обладают почвы отдела альфегумусовые.

Таблица 5.4 – Дифференциация генетических признаков почв по отделам (бит)

Отделы почв	Генетические признаки	*P(aj)*	*H(a/b)*	*J(a/b)*	*J (a/b) Pb*
Структурно-метаморфические	el > g > f > i > ao	0,5587	2,3716	0,3345	0,1869
Альфегумусовые	ao > h	0,1175	0,5436	2,1625	0,2541
Глеевые	h > f > ao	0,1324	2,1127	0,5934	0,0786
Органо-аккумулятивные	m > i > el > ao > f	0,1912	2,1612	0,5449	0,1042
H(A)=2,706 H(B)=1,675 T=0,882 K=0,373					

Примечание: ao – грубогумусированный; h – перегнойный; el – элювиированный; g – глееватый; f – ожелезненный; m – метаморфизированный; i – глинисто-иллювиированный.

Наблюдается тесная взаимосвязь между формированием почв отделов и конкретными генетическими признаками, так как коэффициент эффективности передачи информации высокий и равен 0,373 с высокой информативностью *T*=0,882. Для почв отдела структурно-метаморфические наиболее специфичны проявления процессов элювиирования, оглеения. Для почв отдела альфегумусовые характерным является проявление грубогумусированности. Для глеевых почв – перегнойность, ожелезнение. Для почв отдела органо-аккумулятивные под луговым разнотравьем наиболее специфичным является проявление процесса метаморфизации и иллювиирования. Итак, степень развития мощности профиля почвы зависит от проявления профилеобразующих процессов и может служить диагностическим показателем.

Определены особенности почв по морфологии: наличие органогенного поверхностного горизонта мощностью 6-7 см; в *литоземах* и *органо-аккумулятивных* почвах обязательное формирование гумусового горизонта мощностью 5-20 и 6-34 соответственно; мощность мелкоземистой толщи профиля почвы зависит от проявления профилеобразующих процессов: гумусообразования, оглеения, альфегумусового; для грубогумусированных подтипов почв характерна темная окраска горизонтов; имеются признаки иллювиирования, ожелезнения, гумусонакопления; хорошо выражена структура;

включения щебня в профиле; *литоземы* и *органо-аккумулятивные* почвы слабо дифференцированы на горизонты по окраске; профили *альфегумусовых* (*подзолы, подбуры, дерново-подзоле дерново-подбуры*) и *глеевых* почв резко дифференцированы на горизонты по окраске; профили горных почв хорошо дифференцированы на минеральные и органогенные горизонты.

Составлен систематический список почв на исследуемой территории (приложение 6). Почвенный покров формируют почвы постлитогенного ствола (5 отделов), первичного почвообразования (отдел слаборазвитые), органогенного почвообразования (отдел торфяные), синлитогенного ствола (отдел аллювиальные).

Выделена приуроченность типов почв к высотным ландшафтам: *литоземы* и *петроземы* формируются во всех высотно растительных условиях, но большей частью в тундровой зоне; *органо-аккумулятивные* почвы преимущественно развиваются в подгольцовом (субальпийском) поясе под высоко-травянисто-разнотравными лугами; *альфегумусовые* почвы развиваются в криволесье и горной тундре; *глеевые* почвы формируются в парковом редколесье на выположенных слабопокатых террасах на границе горной тайги и паркового редколесья; во всех типах почв встречаются грубогумусированные подтипы; торфяные почвы формируются на выположенных склонах на границе паркового редколесья и лугов, и одновременно условной границе склоновой поверхности ЛВБ, выше которой начинается водораздельная поверхность хребта.

5.2 Диагностика генезиса почв по морфологии профиля

5.2.1 Распределение щебня

Многие ученые считают, что формирование мелкозема в горных почвах связано с разрушением массивно-кристаллической породы и ее обломков [Иванова, 1947; Михайлова, Градусов, 1969; Михайлова, 1976; Фирсова, 1991]. Другие ученые утверждают, что есть факты, которые противоречат этому положению [Ильина и др., 1993; Карпачевский, Шевченко, 1997; Карпачевский,

2012]. Так, часто горизонт A_1 почти или совсем лишен щебня; а в ряде случаев встречаются почвы на курумах, где мелкозем и подстилка, «проваливаясь» между камнями, заполняют пустоты между ними. Эти факты невозможно объяснить только теорией образования почвы на элювии. Наиболее вероятно в таких случаях эоловое происхождение почв [Ильина и др., 1993; Карпачевский, 2012]. Образующийся при выветривании мелкозем, как и мелкозем щебнистых глин, переносится ветром и накапливается вокруг растений [Карпачевский, Шевченко, 1997; Карпачевский, 2012]. Пыль, представленная элювием и перенесенная со склонов, смешивается с субстратом верхних горизонтов почв. Материал аэрального происхождения и его смеси, могут являться почвообразующей породой в горных территориях, где метаморфические сланцеватые породы перекрываются плащом мелкозема, в котором и формируется почва.

Содержание щебня в исследуемых почвах варьирует в широких пределах и по содержанию камней и щебня являются не каменистыми, слабо-, средне-, сильно-скелетными. Распределение щебня в профиле почв имеет разные тенденции, в контексте которых исследуемые почвы объединены в группы. Первую группу образуют почвы с ненарушенным сложением в ходе почвообразования, то есть «классическим» изменением содержания щебня по профилю: нарастанием его содержания с глубиной (приложение 7, рисунок 1а, б, в, д, е). Это указывает на формирование генетических горизонтов профиля либо в одних экологических условиях (приложение 7, рисунок 1в, г), либо за счет аэрального приноса мелкоземистой пыли на поверхность пород (приложение 7, рисунок 1а, б). Так, в тундровом поясе в «ненарушенных» почвах при низком содержании щебня в поверхностных органогенных горизонтах протекают процессы разложения, консервации, минерализации растительных остатков. Биологическое выветривание в верхней части профиля сменяется физическим и химическим в нижней части профиля. Этот тип распределения щебня встречается на разных высотах (приложение 7, рисунок 2).

Во вторую группу отнесены почвы, в профиле которых проявляется инверсия каменистости. Наиболее щебнистыми являются горизонты в верхней части профиля. Ниже доля щебня снижается (приложение 7, рисунок 3), а

затем, с увеличением глубины, может снова возрастать. Причины инверсии могут быть различными. Вероятно, это связано с проявлением и активным воздействием внутрипочвенного бокового стока в горных условиях. Атмосферные осадки, легко фильтрующиеся через каменистую толщу, задерживаются в горизонте *BM* и в дальнейшем, стекают внутрипочвенным боковым стоком по уклону местности, увлекая за собой мелкоземистую часть. Кроме этого, инверсия каменистости может указывать на наличие фрагментов погребенных горизонтов в профиле почв и смену условий почвообразования, то есть полигенетичность профиля. Пылеватость верхней толщи не могла образоваться из нижней в ходе почвообразования.

Наличие горизонта с обилием щебня в переходной зоне между двумя слоями является маркирующим и говорит об их генетической самостоятельности, об изменении условий формирования. Минеральные горизонты формируются в результате физического и морозного выветривания, и профиль почвы развивается вглубь.

В третью группу отнесены почвы, в которых верхняя часть профиля является слабокаменистой или не каменистой (прилож. 7, рис. 4). Это указывает на аэральное формирование почв. Верхний нанос почв был сформирован поверх солифлюкционного коллювия после изменения климатических условий. Граница оледенения на Урале проходила намного севернее, что говорит об отсутствии мощного водного потока, способного переотложить материал. Таким образом, слабая каменистость почв связана с поступлением мелкозема с ветром и нарастанием почв кверху. Это является важным эндогенным фактором гомогенизации почв. Такое происхождение почв уже было доказано для бурых лесных почв Южного Урала и Приморья [Карпачевский, Шевченко, 1997]. Аэральное выпадение материала приводит к формированию недифференцированных почв, с проявлением в них дернового процесса и буроземообразования. Условия почвообразования на Урале неизменны со среднего голоцена и поэтому, можно утверждать, что буроземообразование является современным процессом и формирование верхнего слоя почв является результатом влияния современных фитоценозов.

Выявлена прямая корреляционная зависимость между содержанием щебня в гумусовом горизонте и высотой местности ($r = 0,577$; $R^2 = 0,3334$). Используя полученную простую модель:

$У=0,0517Х – 10,969$, (где У – содержание щебня, %, Х – высота местности, м),

можно определить содержание щебня, что в свою очередь может дать представление о генезисе почв на определенной высоте.

Анализ распределения содержания щебня в почвах позволил выделить особенности происхождения и развития почв: преобладает щебень размером более 10 мм, что указывает на активные процессы выветривания; низкое содержание щебня или его отсутствие в органогенных горизонтах может указывать на аэральный привнос пылеватых частиц, создающих субстрат для развития растительности; содержание щебня в гумусовых горизонтах уменьшается с понижением высоты местности; горизонты, за счет различного содержания щебня являются механическими барьерами друг для друга, так как создаются неодинаковые гидротермические условия в пределах маломощного профиля.

Определены пути генезиса горных почв на основе распределения щебнистой части: 1) развитие профиля в глубину, за счет трансформации и преобразования элювия пород в мелкозем в ходе выветривания и первичного почвообразования в минеральных горизонтах почв; 2) развитие профиля вверх, за счет увеличения мощности органогенных горизонтов и аэрального привноса частиц; 3) развитие сложного профиля почв за счет смены экологических условий, погребенных горизонтов, инверсии щебнистости.

Организация и взаимодействие вертикальных (бассейнов рек) и горизонтальных геосистем (высотной поясности) оказывает влияние на формирование почв: в тундре и криволесье, соответствующим дугам и фандам (водораздельные поверхности), преобладающим является развитие профиля вверх; на выположенных склоновых поверхностях, соответствующих лугам, в большей степени характерно развитие профиля в глубину и с проявлением инверсии, а на крутых склоновых поверхностях, соответствующих подпоясу паркового редколесья – преобладающим является формирование сложного профиля и классического; в пределах водосборных воронок почвы развиваются

вверх за счет роста органогенных горизонтов; в пределах горно-лесного пояса, в зависимости от локальных условий, возможно развитие профиля по любому пути.

Профильное распределение щебня подтверждает высокую пространственную изменчивость почвенного покрова горной территории, различное соотношение и проявление процессов выветривания и почвообразования. Таким образом, распределение щебня по профилю – важный диагностический показатель горных почв.

5.2.2 Окраска почв как отражение горизонтообразующих процессов

Изучение связи между цветовой характеристикой и проявлением горизонтообразующих процессов в генетических горизонтах почв проводили в почвах, формирующихся разных высотных условиях. Изучали связь между цветовой характеристикой диагностических горизонтов и генезисом почв.

С помощью информационно-логического анализа определена теснота связи между типами почв и их цветом в гумусовых горизонтах. Все почвы сгруппированы по основным диагностическим характеристикам типов почв: подбуры – по диагностическому горизонту *BHF*, литоземы – по мощности профиля, буроземы – по диагностическому горизонту *BM*. Цветовая характеристика горизонтов также разделена на группы: бурые, темно-бурые и светло-бурые (n=17 горизонтов). Установлена достаточно тесная связь между диагностическими характеристиками типов почв и цветом гумусового горизонта. Общая информативность (Т) – высокая (0,35), как и теснота связи (К=0,25). Максимальное варьирование окраски гумусового горизонта отмечается в буроземах. Литоземы характеризуются стабильной окраской гумусовых горизонтов. Результаты демонстрируют логическую связь между типами почв и окраской их гумусовых горизонтов: для подбуров – светло-бурые тона в профиле, для литоземов – темно-бурые, для буроземов – бурые.

Все горизонты почв также разделены на не гумусовые и гумусовые для выявления специфичных цветовых характеристик горизонтов. Гумусовые горизонты в свою очередь объединены в две группы: грубогумусированные (органо-минеральные) и серогумусовые (минеральные). Цветовая характеристика разделена на группы по интенсивности бурой окраски: бурые, темно-бурые, бурые с желтоватым оттенком, бурые с сероватым оттенком (n=34 горизонта). Определена тесная связь между горизонтами и их цветом (К=0,24). Общая информативность высокая. Информативными оказались серогумусовые горизонты почв. Максимальное варьирование окраски характерно для грубогумусированных горизонтов (H(A/bj) = 1,84), а наименьшее – в серогумусовых (H(A/bj) = 1,44). Определены специфичные цветовые характеристики горизонтов. Так, для грубогумусированных (органо-минеральных) горизонтов наиболее характерна темно-бурая окраска, для серогумусовых минеральных горизонтов – бурая с сероватым оттенком, а для не гумусовых горизонтов (структурно-метаморфических, характерных для буроземов) – бурая с желтоватым оттенком.

Весь профиль прокрашен ОВ и для каждого горизонта профиля, в котором происходят различные процессы, имеется своя цветовая гамма бурых оттенков. В грубогумусированных горизонтах преобладают темные тона бурого цвета, связанные с накоплением и разложением растительных остатков. В серогумусовых горизонтах преобладают серые тона, которые указывают не только на процессы гумусонакопления, но и на процессы элювиирования. В горизонтах с ожелезнением, иллювиированием, специфичными являются бурые тона с желтоватым оттенком. Таким образом, окраска горизонтов является важным диагностическим морфологическим признаком почв, отражающим генезис горизонтов и основных элементарных почвообразовательных процессов в профиле почв.

5.2.3 Микробиоморфный анализ почв

В почвах и седиментах существует группа объектов – микробиоформы, которые хорошо известны, однако их информационная роль детально не исследована. Микробиоформы являются индикаторами особенностей функционирования почв и ландшафтов в целом. К микробиоформам относятся: пыльца и споры, детрит растений, грибные гифы, кутикулярные слепки, диатомеи, спикулы губок, раковинные амебы, фитолиты [Аристовская, Кутузова, 1968; Гольева, 2001, 2008]. Дифференциация местоположения фитолитов в почве может быть показателем различных стадий эволюции почвы [Гольева, 2001]. Наиболее главные свойства фитолитов – это их устойчивость и информативность. В кислой среде процессы растворения фитолитов и выноса кремния не могут быть существенными и с течением времени в почвенном профиле возможно накопление кремнезема в форме фитолитов в значительных количествах. В отличие от пыльцы фитолиты не летучи, и характеризуют именно ту растительность, которая формировала данную почву [Гольева, 2001].

Биоморфный анализ проведен в почвах на склоне западной и южной экспозиций (приложение 8, таблица 1, 2). Выбраны луговые поляны: на западном склоне – зверобойно-разнотравный луг, на южном склоне – полевице-разнотравный луг. По рельефу – это слабо наклонённые поверхности. На южном склоне – это поверхность от Басежат, переходящая в седловину между Северным и Средним Басегами.

Местоположение способствует формированию достаточно мощного профиля почв для горных территорий: 65-95 см, с мощным гумусовым профилем слабо дифференцированным на горизонты по цвету.

Южный склон (седловина между горами). *Разрез 62,* 641 м н.у.м. *Серогумусовая на буроземе ожелезненном*. В верхнем горизонте фитолитов много. Состав преимущественно луговой с примесью степной и сорной флоры. Ниже по профилю количество фитолитов резко падает. Скорее всего, верхняя часть (15 см) образована в современных условиях почвообразования и условно можно назвать, как почвенная дернина. Состав микробиоморф в нижней части

профиля диагностирует его как речной аллювий или озерный сапропель. Таким образом, профиль является сложным и разновозрастным.

Разрез 63, 635 м н.у.м. *Серогумусовая глинисто-иллювиированная*. Наблюдается увеличение количества фитолитов на глубине 5-15 см, где состав комплекса микробиоморф можно характеризовать как лесной, а в верхних 2-5 см – луговой. Возможно, здесь был аллювиальный нанос, поскольку в верхнем горизонте относительно много спикул губок и панцирей диатомовых водорослей (10 % от общего количества кремниевых биоморф).

Разрез 59, 591 м н.у.м. *Серогумусовая на бурозёме глинисто-иллювиированном*. По распределению фитолитов разрез близок к разрезу 63 – наблюдается увеличение количества частиц в слое 21-31 см, т.е. не в поверхностном, а под ним. При этом в обоих горизонтах (2-21 и 21-31 см) относительно много водных организмов (9 и 11 % соответственно). Скорее всего, разрез так же формируется в условиях высокой увлажненности.

Разрез 60, 589 м н.у.м. *Серогумусовая на слоисто-аллювиальном слое на погребенной серогумусовой почве*. Наблюдается два пика по распределению фитолитов – непосредственно на поверхности и, небольшой, на глубине 28-40 см. Учитывая, что в горизонте 10-28 см 18 % от всех кремниевых микробиоморф составляют спикулы губок, можно предположить, что горизонт 28-40 см является нижней частью более древней погребенной почвы. Так как, в этом слое встречаются гальки, то возможно это оставшаяся древняя часть аллювиальной почвы, сформировавшейся в свою очередь, на погребенной хорошо гумусированной серогумусовой почве.

Западный склон. *Разрез 58,* 597 м н.у.м. Фитолитов немного. Здесь, как и в разрезе 63 в верхней части относительно много (9 %) спикул губок и панцирей диатомовых водорослей – водных организмов. Вероятно, здесь так же верхний горизонт является аллювиальным наносом, на котором формируется *серогумусовая почва на бурозёме типичном иллювиально-глинистом*. *Разрез 57,* 587 м н.у.м. Фитолитов очень мало, что не типично для почв. Профиль сформирован на минеральных горизонтах возможно аллювиального генезиса.

Фитолитов в почвах в целом мало, лишь в разрезах 62 и 60 верхние горизонты обогащены ими.

Содержание микробиоморфов диагностируют современную и погребенную часть профиля почв. На южном склоне современная часть профиля изменяется с высотой местности от 52 см (641 м) до 28 см (589 м) (рисунок 5.1), а на западном: от 47 см (597 м) до 55 см (587 м).

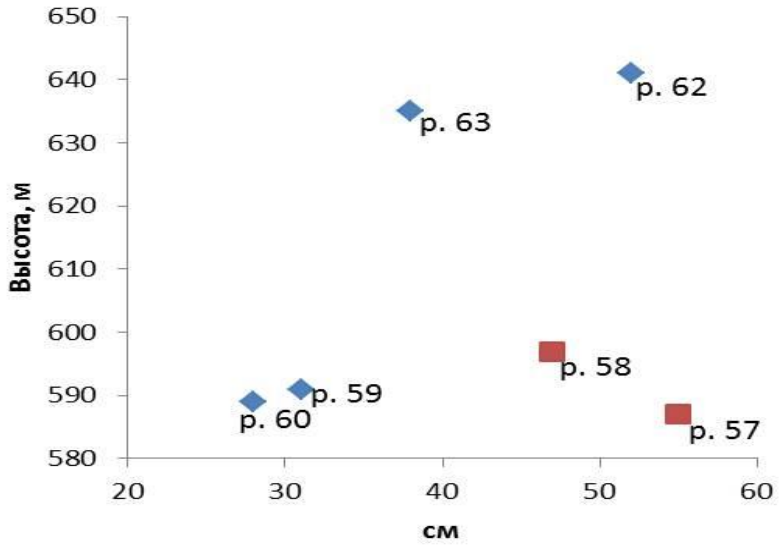


Рисунок 5.1 – Мощность современной почвенной толщи
по данным микробиоморфного анализа
(синий цвет – южный склон, красный цвет – западный склон хребта)

Все разрезы характеризуются большим количеством спор и пыльцевых зерен, а также регулярной встречаемостью спикул губок и/или панцирей диатомовых водорослей, характерных для горизонтов с повышенным увлажнением. Такой состав микробиоморфных фракций в почвах на границе луговые поляны – парковое редколесье (соответствуют фандам) не характерен для автоморфных почв и больше типичен для почв гидроморфных позиций, точнее, для почв, формирующихся на участках, где ранее были заболоченные озера, старицы.

Возможно, луговые поляны на нижнем уровне подгольцового пояса являются реликтовыми долинами рек, поднявшимся в результате орогенеза горной системы.

Глава 6. ПОЧВЕННО-ГЕОМОРФОЛОГИЧЕСКИЕ ЗАКОНОМЕРНОСТИ ФОРМИРОВАНИЯ СВОЙСТВ ПОЧВ

6.1 Гранулометрический состав

Одной из важнейших характеристик почв является гранулометрический состав (ГС), от которого зависят физические, физико-химические, физико-механические свойства [Татаринцев, Татаринцев, 2008; Блохин и др., 2010; Валеева, Копосов, 2013; Федорец и др., 2014; Самофалова, 2016, 2019а, 2019б]. Гранулометрический состав – фундаментальная характеристика почвы, дающая информацию о классификационной принадлежности почвы, количественно оценить процессы гипергенеза и трансформации твердой фазы [Березин, 1983; Самофалова, 2019а]. Свойства почв зависят от соотношения гранулометрических фракций, определяющих особенности структуры и функции на более высоких уровнях организации почвы [Татаринцев, Татаринцев, 2008; Федорец и др., 2014; Самофалова, 2014б, 2015а, 2016а; Соромотина, 2017].

Типовые особенности почв по содержанию ЭПЧ

Гранулометрический состав мелкозема в почвах варьирует от супесчаной разновидности до глинистой (таблица 6.1). Распределение ЭПЧ и их соотношения в почвах различны (приложение 9, таблица 1). Так, содержание крупного и среднего песка максимально варьирует в пространстве в почвах отдела *структурно-метаморфические* и *литоземы* (дисперсия 151,2 и 158,9; коэффициент вариации 52 и 42 % соответственно). По содержанию мелкого песка в мелкоземе максимальный размах изменчивости и варьирование показателя отмечается в *альфегумусовых* почвах. Содержание мелкого песка в почвах отделов *литоземы и органо-аккумулятивные* находится на порядок ниже, чем в альфегумусовых и глеевых почвах. Содержание крупной пыли в мелкоземе почв варьирует в диапазоне 0,75-74,20 %. Максимальный размах изменчивости в *структурно-метаморфических* и *альфегумусовых* почвах.

Следует отметить, что практически во всех почвах (кроме альфегумусовых) среднее содержание крупной пыли составляет более 20 %. Минимальный размах изменчивости наблюдается в *глеевых* почвах. Содержание средней пыли является незначительным (7-11 %) (среднее по почвам отделов). Содержание ила варьирует в широких пределах 0,16-52,70 %.

Таблица 6.1 – Пределы варьирования содержания элементарных почвенных частиц (ЭПЧ) в гранулометрическом составе различных почв (%)

ЭПЧ	Почвы отделов:				
	Литоземы	Органо-аккумуля-тивные	Альфегу-мусовые	Глеевые	Структурно-метаморфи ческие
n	20	24	16	3	127
Крупный и средний песок	1,86-43,85 15,89(12,62)	6,09-31,45 18,22(16,88)	6,22-25,60 15,31(16,30)	5,00-10,72 7,46(6,67)	3,66-56,06 23,29(19,48)
Мелкий песок	3,41-24,64 13,23(11,94)	5,83-31,39 16,73(17,38)	3,97-52,80 26,06(20,20)	19,01-36,15 28,93(31,63)	
Крупная пыль	1,09-39,22 23,81(23,16)	9,90-43,34 24,18(23,86)	2,00-49,11 18,70(15,40)	19,12-36,30 26,48(24,01)	0,75-74,20 26,07(27,56)
Средняя пыль	2,09-15,44 9,70(8,80)	3,97-16,09 9,91(9,17)	0,20-13,39 7,03(8,31)	6,11-10,13 8,22(8,42)	1,07-62,60 11,08(10,05)
Мелкая пыль	3,61-34,35 18,40(16,10)	9,63-25,98 16,26(16,43)	5,80-29,14 13,16(11,25)	6,78-10,69 8,24(7,25)	1,20-33,83 18,07(18,69)
Ил	9,61-51,16 21,24(17,44)	7,55-25,08 15,81(15,27)	0,16-32,90 19,06(21,38)	16,23-23,47 20,67(22,31)	3,17-52,70 21,65(19,75)
Физическая глина	17,01-74,57 46,40(44,56)	24,73-61,60 40,47(40,44)	21,7-58,18 40,38(37,29)	29,12-42,58 37,13(39,69)	8,30-85,75 50,22(50,65)

Примечание: в числителе указаны верхний и нижний предел варьирования показателя; в знаменателе среднее арифметическое, а в скобках медиана; n – количество горизонтов.

Наибольший размах изменчивости по содержанию ила и мелкой пыли характерен для *структурно-метаморфических и литоземов*, а наименьший для *органо-аккумулятивных* и *глеевых* почв. Содержание ила в составе мелкозема сильно колеблется, меняется его влияние на химический состав остаточных продуктов выветривания в мелкоземе. Содержание физической глины варьирует в почвах отделов от 17 до 85 %. В большей степени варьирование показателя отмечается в *структурно-метаморфических* и *литоземах,* которые формируются во всех высотных поясах.

В почвах отделов в разной степени проявляется дерновый процесс, на который накладываются сопутствующие процессы, связанные с локальными условиями (оглеение, элювиирование, ожелезнение) и влиянием рельефа. Все это в комплексе приводит к формированию типов-подтипов почв различного ГС. В ходе формирования профиля почв происходит перемещение и трансформации ЭПЧ. Процессы гипергенеза в большей степени проявляются в литоземах. Органо-аккумулятивные и альфегумусовые почвы близки по содержанию физической глины в мелкоземе: варьируют от легкосуглинистой до глинистой разновидности. Эти почвы формируются в условиях подгольцового и тундрового пояса на крутых (альфегумусовые) и выположенных террасированных участках (органо-аккумулятивные) и постоянно испытывают принос почвенного материала и обломков пород, а также аэрального приноса частиц. Глеевые почвы характеризуются более стабильным содержанием физической глины: ГС варьирует в пределах двух разновидностей (средне- и тяжелосуглинистой). Разновидности структурно-метаморфических почв варьируют от среднесуглинистой до глинистой.

Таким образом, в почвах, в пределах отдела, определились фракции с преобладающим содержанием и оказывающих определенное влияние на формирование профиля почв отдела, процессы внешнего и внутрипочвенного выветривания. Для выявления типовых особенностей почв отделов построены ряды почв по убыванию содержания ЭПЧ (таблица 6.2).

Таблица 6.2 – Ряды почв по убыванию содержания ЭПЧ

ЭПЧ, мм	*Ряды почв отделов по убыванию содержания ЭПЧ*
1- 0,25	органо-аккумулятивные > альфегумусовые > литоземы >> глеевые
0,25-0,05	глеевые > альфегумусовые > органо-аккумулятивные > литоземы
0,05-0,01	глеевые > структурно-метаморфические > органо-аккумулятивные > литоземы > альфегумусовые
0,01-0,005	структурно-метаморфические > органо-аккумулятивные > литоземы > глеевые > альфегумусовые
0,005-0,001	литоземы > структурно-метаморфические > органо-аккумулятивные > альфегумусовые > глеевые
< 0,001	структурно-метаморфические > литоземы > глеевые > альфегумусовые > органо-аккумулятивные
<0,01	структурно-метаморфические > органо-аккумулятивные, литоземы, альфегумусовые > глеевые

Типовые особенности почв по ГС проявляются в следующем. Для литоземов, где одновременно протекают процессы первичного почвообразования, гумусообразования, физического и химического выветривания характерно большее содержание тонких дисперсных частиц (мелкой пыли и ила) в сравнении с почвами других отделов. Почвы отдела органо-аккумулятивные отличаются высоким содержанием крупного и среднего песка, а также средней пыли. Преобладание крупных частиц связано с постоянным поступлением грубого материала с вышележащих прилегающих территорий, так как органо-аккумулятивные почвы развиваются на выположенных поверхностях выравнивания на высоте 600-750 м н.у.м. Почвы отдела альфегумусовые отличаются от почв других отделов тем, что в их составе мелкозема содержатся ЭПЧ примерно в равных частях. Вероятно, это связано с профилеобразующим альфегумусовым процессом. Почвы отдела *глеевые* характеризуются более высоким содержанием мелкого песка и крупной пыли. Тонко дисперсные частицы преобладают в почвах отдела структурно-метаморфические: средняя пыль, ил, а также мелкая пыль. Кроме этого, в них высоко содержание и крупной пыли в сравнении с почвами других отделов.

Таким образом, почвы разного генезиса различаются по содержанию ЭПЧ в составе мелкозема и преобладающей фракции, что в свою очередь, формирует соотношения гранулометрических частиц и фракций, определяющих особенности структуры и функции на более высоких уровнях организации почвы.

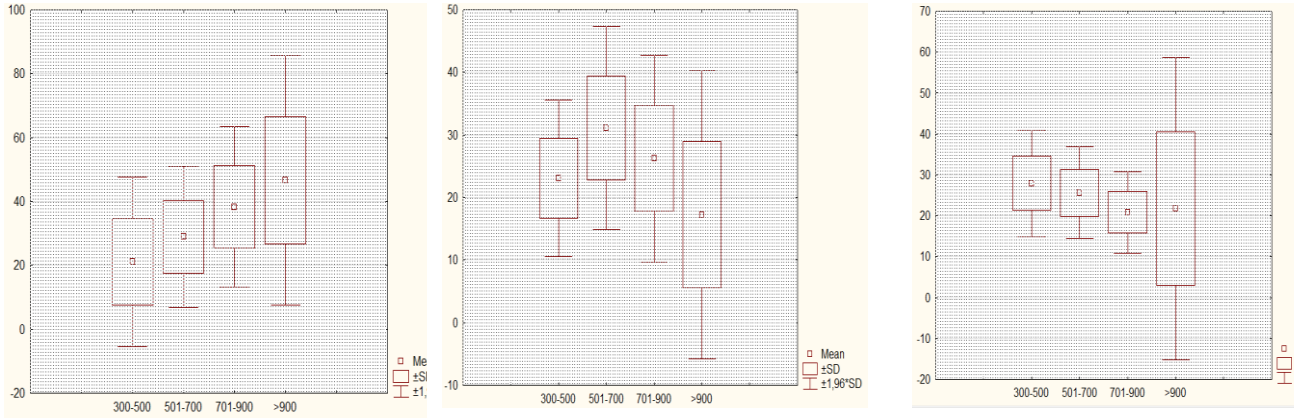
Влияние высотных условий на изменение
гранулометрического состава почв в пространстве

Местоположение почвы по высоте оказывает влияние на ГС за счет разного проявления денудации и крутизны склона, что сказывается на процессах, происходящих в почвах, и соответственно и на распределении элементарных почвенных частиц [Samofalova, 2015b].

Почвы по содержанию физической глины в мелкоземе в I группе являются тяжелосуглинистыми и глинистыми разновидностями, во II группе преобладают средне- и легкосуглинистые разновидности, редко встречаются

тяжелосуглинистые; в III группе – средне- и легкосуглинистые почвы; в IV группе – легкосуглинистые и супесчаные почвы. Таким образом, с увеличением высоты местности ГС мелкозема почв становится более легким.

С целью установления достоверности полученных данных проведен статистический анализ распределения ЭПЧ в поверхностных горизонтах почв по высотно-растительным поясам. Диаграммы размаха изменчивости фракций в зависимости от высоты местности представлены на рисунке 6.1. Количество песчаной фракции возрастает с высотой от 19,17 до 45,86 %. Четкой тенденции изменения фракции крупной пыли не прослеживается: минимум в тундровом поясе (17,26 %), максимум в поясе субальпийских лугов (31,13 %).



а) Песчаная (1,0-0,05) б) Крупнопылеватая (0,05-0,01) в) Пылеватая (0,005-0,001)

г) Илистая (<0,001) д) Физическая глина (< 0,01)

(Mean – среднее арифметическое, +-SD – доверительный интервал, +-1,96 SD – размах изменчивости)

Рисунок 6.1 – Статистическое распределение элементарных почвенных частиц в поверхностных органо-минеральных горизонтах

Характер распределения фракции пыли отличается от распределения фракции песка, изменяясь в диапазоне 21,75-27,97 %. Илистая фракция изменяется с увеличением высоты местности от 27,95 в горно-лесном поясе до 14,21 % в тундре. Физическая глина повторяет распределение в пространстве пылеватой и илистой фракций: на высоте 300-500 м – максимум 55,92 %, немного меньше в поясе субальпийских лугов (40,24 %), минимум в криволесье и тундре (35,45 и 35,96 %).

В почвах горно-лесного пояса (300-500 м) наиболее стабильным содержанием отличаются пылеватая фракция, а также большее значение для почвообразования имеет илистая фракция. Почвы субальпийских лугов (500-700 м) имеют более стабильное содержание пылеватой фракции, а большее содержание и максимальное варьирование характерно для крупнопылеватой фракции, что может указывать на взаимодействие процессов и почвообразования, и выветривания. В почвах криволесья более стабильным содержанием отличаются фракции, входящие в физическую глину, а большее варьирование характерно для крупной пыли и песчаной фракции, что может диагностировать преобладание процессов выветривания над почвообразованием. В тундровой зоне стабильно низкое содержание илистой фракции, а максимально изменчиво содержание песчаной фракции, крупной пыли и особенно пылеватой фракции, что указывает на приоритетное проявление процессов выветривания над почвообразованием.

Следует отметить, что происходит изменение ГС в поверхностных органо-минеральных горизонтах по сравнению с почво-элювием. Поверхностный горизонт, как известно, в противоположность другим горизонтам профиля, непосредственно контактирует с атмосферой и, следовательно, подвергается в процессе почвообразования наибольшей трансформации, но и также ГС почв в значительной степени унаследован от соответствующих почвообразующих (материнских) горных пород и в своих основных чертах мало меняется в процессе почвообразования.

Установлена зависимость между высотой местности и фракциями гранулометрического состава (таблица 6.3). В гумусовых горизонтах содержание песчаных ЭПЧ (1,0-0,25; 0,25-0,05 мм) зависит от высоты местности в поясе субальпийских лугов (средняя) и в горной тундре (сильная обратная).

Таблица 6.3 – Корреляционная матрица взаимосвязи между высотой местности и фракциями гранулометрического состава

h, м	1-0,25	0,25-0,05	0,05-0,01	0,01-0,005	0,005-0,001	<0,001	<0,01
Поверхностные органо-минеральные горизонты							
315-500	-0,09	0,23	-0,58*	-0,04	-0,05	0,35	0,21
501-700	0,48*	0,41*	-0,24	-0,19	-0,32	-0,30	-0,45*
701-900	0,19	0,02	-0,23	0,56	-0,31	0,01	-0,01
>900	**-0,64**	**-0,90**	-0,43	**0,78**	**0,62**	**0,71**	**0,74**
Почво-элювий							
315-500	-0,11	-0,04	-0,11	-0,17	0,10	0,32	0,16
501-700	0,48*	-0,28	0,39*	-0,08	-0,05	-0,35	-0,40*
701-900	0,57	-0,37	0,27	0,06	**-0,61**	**-0,80***	**-0,76**
>900	-0,11	**-0,98***	**0,94***	-0,32	-0,34	-0,52	-0,46

Примечание. *- достоверно при P=0,95

В почво-элювии данная тенденция не сохраняется. В поясе субальпийских лугов и криволесья содержание крупных и средних песчаных частиц имеет среднюю связь с уменьшением высоты, а содержание мелкого песка (0,25-0,05 мм) имеет только обратную связь, закономерно усиливающуюся с высотой до –0,98. Фракция крупной пыли в гумусовых горизонтах имеет обратную слабую (субальпийские луга, криволесье) и среднюю (горно-лесной пояс, тундра) связи с высотой местности. В почво-элювии такая связь является прямой, а в тундровом поясе данная зависимость прямой и сильной.

По выявленной связи между содержанием средней пыли и высотой местности можно сказать, что в гумусовых горизонтах средняя пыль участвует в почвообразовании на высоте более 700 м н.у.м., а в формировании почво-элювия средняя пыль практически не участвует (корреляционная связь очень слабая). Содержание мелкой пыли в гумусовых горизонтах имеет обратную среднюю связь с высотой в почвах на высоте 500-900 м и прямую в почвах тундры (более 900 м). В почво-элювии данная связь является обратной средней, и более сильной для почв криволесья.

Взаимосвязь между содержанием илистой фракции и высотой местности является неоднозначной. Так, и в гумусовых горизонтах, и в почво-элювии эта связь является средней, причем в поясе горной тайги и парковых лесов – прямой. В гумусовых горизонтах почв криволесья эта связь практически отсутствует, а в почво-элювии становится сильной обратной. В тундровой зоне эта связь является сильной в гумусовых горизонтах и обратной средней в почво-элювии.

Корреляционный анализ между высотой местности и содержанием фракций ГС почв показал различную тесноту прямой и обратной взаимосвязи между переменными (0,41-0,98). Это указывает на пестроту химического и минералогического состава гумусовых горизонтов и почво-элювия, и на различные соотношения физического и химического выветривания и процессов почвообразования.

Для установления вклада фракций в формирование почвенного профиля в разных высотных поясах проведен информационно-логический анализ. Для выявления связей между фракциями ГС почв и высоты местности составляли таблицы распределений высоты местности (300-500 м, 501-700 м, 701-900 м, >900 м), в зависимости от каждого параметра. Параметры (содержание фракций) в свою очередь разбивали на 5 классов, величина шага которых определялась минимальным и максимальным его значением. Коэффициенты эффективности передачи информации (К) дают количественную оценку зависимости гранулометрических фракций от высоты местности для верхних и нижних горизонтов (таблица 6.4).

Таблица 6.4 – Вклад фракций гранулометрического состава почв в формирование почвенного профиля

Показатель ИЛА	Фракция, мм					
	1-0,25	0,25-0,05	0,05-0,01	0,01-0,005	0,005-0,001	<0,001
Поверхностные органо-минеральные горизонты						
Т	0,34	0,23	0,33	0,17	0,32	0,39
К	0,20	0,13	0,19	0,10	0,19	0,23
Условно почвообразующая порода						
Т	0,43	0,30	0,19	0,08	0,19	0,20
К	0,25	0,17	0,11	0,05	0,11	0,12

Примечание. Т - общая информативность; К - коэффициент эффективности передачи информации в каналах связи.

Результаты ИЛА показали, что наибольший вклад в формирование ГС поверхностных органо-минеральных горизонтов имеет илистая фракция. Образован ряд по уменьшению вклада частиц: *ил > крупный песок > крупная пыль = мелкая пыль > мелкий песок > средняя пыль*. В условно почвообразующей породе (почво-элювии) решающую роль играет фракция крупного песка и действительно на первичном этапе почвообразования в трансформации минеральной массы играют гидротермические условия, под воздействием которых идет физическое разрушение и измельчение горных пород и рыхлых отложений: *крупный песок > мелкий песок > ил > крупная пыль > мелкая пыль > средняя пыль*. Породы в процессе почвообразования претерпевают существенные изменения: происходит трансформация минеральных частиц, накапливается органическое вещество (гумус), а как известно, гумус входит в состав илистой фракции.

Вероятностная интерпретация данных гранулометрического состава

Современный уровень развития почвоведения на фоне внедрения информационных технологий во все сферы науки приводит к пониманию необходимости строгого математического количественного описания почв, их свойств, взаимосвязей с факторами почвообразования, точной оценки и прогноза изменений почв при современных процессах [Михеева, 2010; Строгонова, 2012; Самофалова, Шутов, 2015; Самофалова, 2017а-б]. Новые информационные возможности гранулометрического метода изучения почв дают более полное представление о ГС. В этом отношении интересен метод вероятностной интерпретации распределений частиц по размерам на уровне ГС [Березин, 1983; Березин, 2007; Блохин и др., 2010; Самофалова, 2014б]. Содержание гранулометрических фракций в почвах существенно колеблется в пространстве. Причиной варьирования является пространственная и временная не стационарность процессов переноса и седиментации [Михеева, 2001, 2010], денудационные процессы [Samofalova, 2015b], естественная полигенетичность пород, а также чередование водных и эоловых фаз в истории развития территории [Татаринцев, Татаринцев, 2008].

По доле глинных компонентов (Ф5) ГС мелкозема почв изменяется от супесчаного до глинистого. Распределение разновидностей почв по высотным поясам следующее: в горно-лесном – глинистые, тяжелосуглинистые, среднесуглинистые; в субальпийских лугах и криволесье – легкосуглинистые, среднесуглинистые; в горной тундре доля глинных компонентов резко снижена, ГС почв супесчаный (приложение 9, таблица 2). С помощью ИЛА установлено, что для гумусовых горизонтов почв в горно-лесном поясе и парковом редколесье (300-500 м н.у.м.), наиболее специфичным является содержание глинных компонентов более 40 %, а в почво-элювии – более 60 %, что соответствует тяжелосуглинистому и глинистому составу (таблица 6.5).

Таблица 6.5 – Вероятностные специфичные состояния гранулометрических показателей в почвах

Показатель	Горизонт	Высотные ландшафты, м над уровнем моря			
		300-500	500-700	700-900	> 900
Ф5, %	Верхний	40-60; >60	20-30	20-30	<20
	Нижний	>60	>30	<20	<20
k	Верхний	<0,30	>0,40	>0,40	<0,30
	Нижний	<0,30	>0,40	0,31-0,40	0,31-0,40
α, мкм	Верхний	31-50	<20	31-50	<20
	Нижний	21-30	31-50	31-50	<20
n	Верхний	3,1-4,0; >4,0	2,1-3,0	<2,0	<2,0
	Нижний	>4,0	2,1-3,0	<2,0	<2,0

Примечание: $Ф_5$ – содержание глинных компонентов; , k – дисперсность глинных компонентов, α – зернистость или средний диаметр песчаных частиц; n – отсортированность песчаных частиц.

По дисперсности глинных компонентов чаще в почвах встречаются грубодисперсные и среднедисперсные, реже высокодисперсные частицы. Дисперсность глинных компонентов *k* в почвах изменяется с высотой нелинейно. Высокодисперсные глинистые компоненты содержатся в верхних горизонтах в почвах на высоте ниже 500 м и выше 900 м н.у.м, а на высотах 500-900 м наиболее специфично содержание грубодисперсного материала. То есть, глинные компоненты в почвах под субальпийскими лугами и в криволесье прошли более длительный путь трансформации и доля участия в их формировании крупных фракций значительна. Дисперсность почво-элювия изменяется с высотой местности иначе: ниже 500 м материал характеризуется

как высокодисперсный, на уровне 500-700 м грубодисперсный, выше 700 м средне дисперсный.

Существует связь между величиной показателя k и минералогическим составом глинных компонентов [Березин, 1983]. Установлено, что в почвах, формирующихся ниже 700 м н.у.м. отсутствует минералогическая дифференциация профиля. Однако, абсолютные значения показателя свидетельствуют о различном минералогическом составе почв в горной тайге (возможное преобладание высокодисперсных минералов вермикулит-монтмориллонитовой группы) и под луговой растительностью (преимущественное содержание грубодисперсных минералов хлорит-иллитовой группы). Минералогическая дифференциация профилей почв в криволесье и тундре указывает на разный возраст горизонтов профиля: в тундре (> 900), верхний горизонт моложе, чем почво-элювий; в криволесье, напротив, верхний горизонт имеет больший возраст, чем почво-элювий.

Наиболее устойчивая к разрушению часть ГС почв – это песчаные компоненты. Зернистость песчаных компонентов (α) варьирует от незернистых до грубозернистых. В горно-лесном поясе преобладающими являются среднезернистые песчаные компоненты в гумусовом горизонте и тонкозернистые в почво-элювии. В почвах субальпийских лугов на высоте 500-700 м для верхних горизонтов более специфичным является содержание незернистых песчаных компонентов, а в почво-элювии – среднезернистых. В почвах криволесья песчаные компоненты в профиле характеризуются как среднезернистые, в горной тундре – незернистые. Итак, наименьший диаметр песчаных частиц отмечен в почвах тундры, что может означать, во-первых, интенсивное физическое, химическое, биологическое разрушение наименее стойких первичных минералов на фоне уменьшения размеров песчаных частиц; во-вторых, более длительное время воздействия процессов гипергенеза, что может указывать на больший возраст почв тундры.

Степень сортированности песчаных частиц изменяется с высотой местности: увеличивается с понижением абсолютной высоты от

неотсортированных в почвах в горной тундре до сильноотсортированных в почвах в горно-лесном поясе. По степени сортированности песчаных частиц более дифференцированы профили почв горно-лесного пояса. В почвах, формирующиеся на высоте более 700 м (криволесье и горная тундра), наиболее специфичным состоянием является неотсортированность песчаных компонентов, что при малом среднем диаметре песчаных частиц в почвах горной тундры может свидетельствовать о постоянном поступлении свежего выветрелого минерального материала, а также органического.

Установлена степень влияния гранулометрических показателей ($Ф_5$, k, α, n) на гранулометрический состав верхних и нижних горизонтов (таблица 6.6).

Таблица 6.6 – Результаты информационно-логического анализа

Показатель	Ф5	k	α	n
верхние минеральные горизонты				
Т (бит)	**0,51**	0,23	**0,34**	0,29
К	0,30	0,13	0,20	0,17
условно почвообразующая порода (почво-элювий)				
Т (бит)	**0,26**	**0,26**	0,12	0,16
К	0,15	0,17	0,07	0,09

Примечание: Т – общая информативность; К – коэффициент эффективности передачи связи

ГС верхних горизонтов почв зависит в первую очередь от содержания глинных компонентов, среднего диаметра песчаных частиц, затем, от сортированности песчаных частиц и степени дисперсности глинистых компонентов. Формирование ГС почво-элювия в большей степени связано с дисперсностью глинных компонентов и их содержанием. Свойства песчаных компонентов в почво-элювии передают мало информации, что указывает на отсутствие фактической связи.

Итак, ГС почв хребта Басеги закономерно изменяется в пространстве от супесчаной в тундре до глинистой разновидности в горной тайге. С помощью вероятностных характеристик ГС установлено, что в почвах интенсивно протекают процессы трансформации, переноса и локализации тонкодисперного материала и преобладает содержание среднедисперсных и грубодисперсных частиц различной отсортированности и зернистости. Процессы гипергенного

разрушения и перераспределения первичных пород в большей степени проявляются на высоте 300-700 м. Формирование гранулометрического профиля почвы в значительной степени зависит от наличия глинных компонентов в гумусовых горизонтах почв, а также от степени их дисперсности в почвообразующих породах. В высотных ландшафтах Среднего Урала (хребет Басеги) выявлена пространственная и профильная литологическая неоднородность гранулометрического состава почв. Это указывает на разновозрастность высотных ландшафтов и почв, полигенетичность профилей.

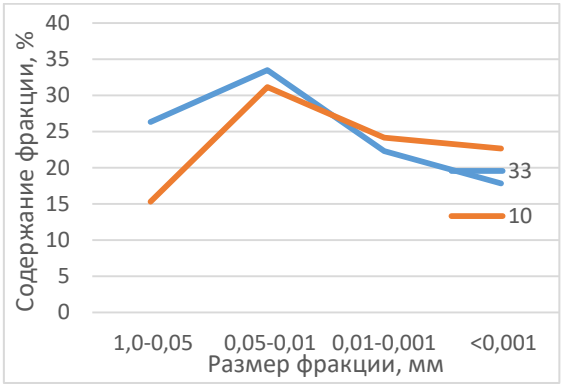
Структурные формулы гранулометрического состава и их вязь с высотой

Способом представления данных ГС почв при большом объеме данных является устойчивое среднее соотношение фракций ГС, определенное как «формула» гранулометрического состава. Структурная формула ГС почв определяется по средневзвешенному содержанию фракций по профилю, что дает наиболее точное представление по профильному распределению фракций [Татаринцев, Татаринцев 2008; Михеева, Кузьмина, 2000]. Формула ГС может быть записана как пять-шесть чисел, отражающих среднее содержание основных фракций (ила, мелкой, средней и крупной пыли, мелкого, крупного и среднего песка).

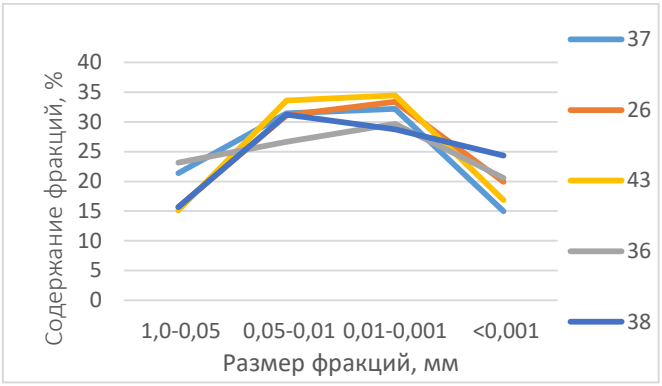
Для выявления влияния высотных условий на изменение ГС и генезис почв, необходимо ГС преобразовать так, чтобы в нем априори могли бы быть учтены и одновременно нивелированы различия в формировании почв. Считается, что эту функцию выполняет интерпретация ГС через структурные формулы [Татаринцев, Татаринцев 2008; Михеева, Кузьмина, 2000], определяемые как средневзвешенное содержание фракции в профиле.

Структурные формулы ГС в почвах горно-лесного пояса по преобладающему средневзвешенному содержанию фракций в структурной формуле ГС и их соотношениям (песчаная-крупнопылеватая-пылеватая-илистая) условно объединены в 5 групп. Первую группу представляют почвы, в которых резко преобладает крупнопылеватая фракция (рисунок 6.2А) с

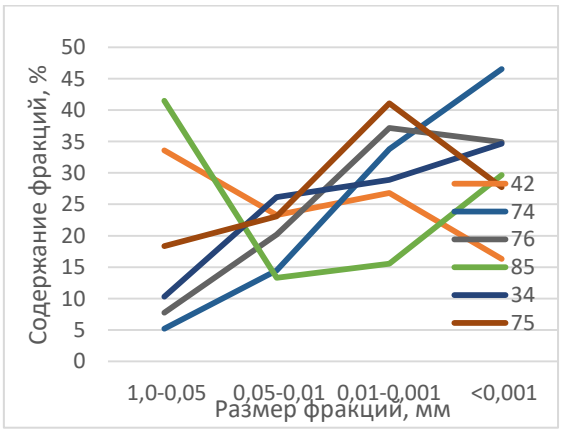
постепенным снижением пылеватой и илистой фракций (аллювиальные серогумусовые почвы); вторую группу образовали почвы с максимальным средневзвешенным содержанием пылеватой и крупнопылеватой фракций – буроземы элювиированные и глееватые (рисунок 6.2Б).



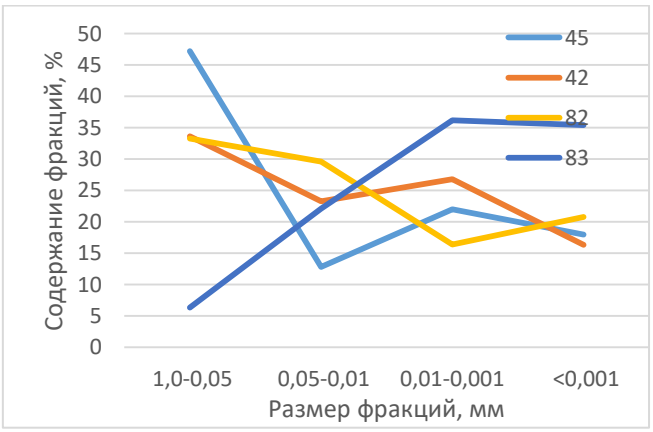
а) 21:32:23:20



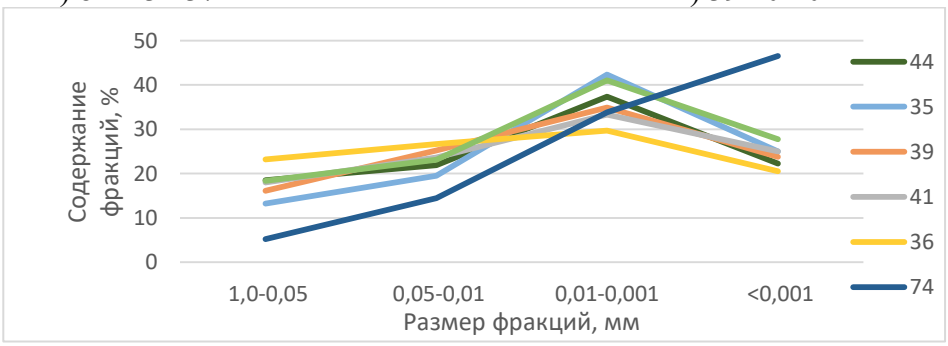
б) 18:31:32:19



в) 8:22:32:37



г) 39:20:20:21



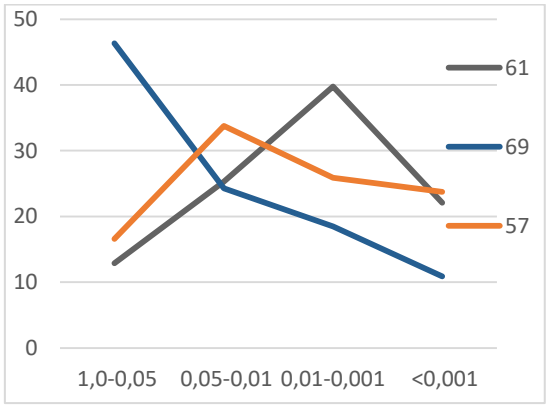
д) 17:23:36:24

Рисунок 6.2 – Структурные формулы гранулометрического состава мелкозёма в почвах горно-лесного пояса, 300-500 м н.у.м.

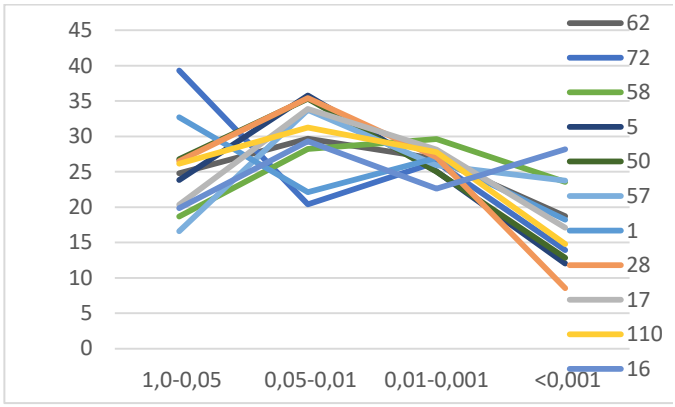
Третью группу формируют почвы с центральными значениями (максимальные в формуле) илистой фракции (рисунок 6.2В) и минимальным содержанием песчаной фракции (8:22:32:37). Эту группу образовали бурозёмы

с признаками элювиирования и хорошо выраженным накоплением грубого гумуса. В отдельную группу объединились (рисунок 6.2Г) литозёмы, в которых содержание песчаной фракции преобладает над всеми другими (39:20:20:21). Самостоятельную группу (рисунок 6.2Д) образовали буроземы глееватые ожелезненные и литоземы ожелезнённные с преобладанием пылеватой фракции (17:23:36:24). Таким образом, определенные соотношения фракций, выявленные по структурным формулам для почв горно-лесного пояса, могут диагностировать проявление в профиле почв процессы ожелезнения, эллювиирования, оглеения.

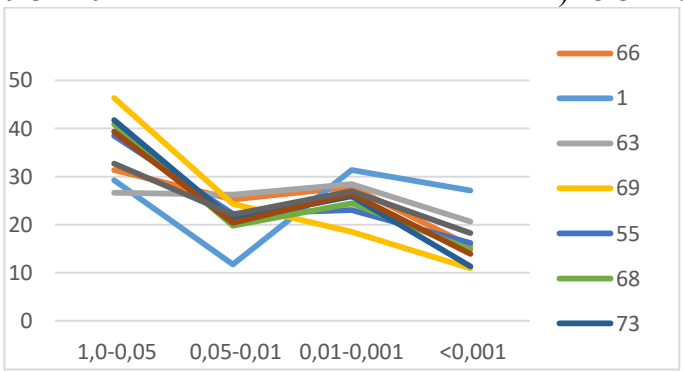
В поясе паркового редколесья и субальпийских лугов почвы по изменению средневзвешенных значений фракций ГС условно разделены на три группы. Структурную формулу ГС с преобладанием пылеватой фракции в составе имеют буроземы глинисто-иллювиированные (рисунок 6.3А).



а) 19:29:31:20



б) 23:34:27:16



в) 36:21:27:17

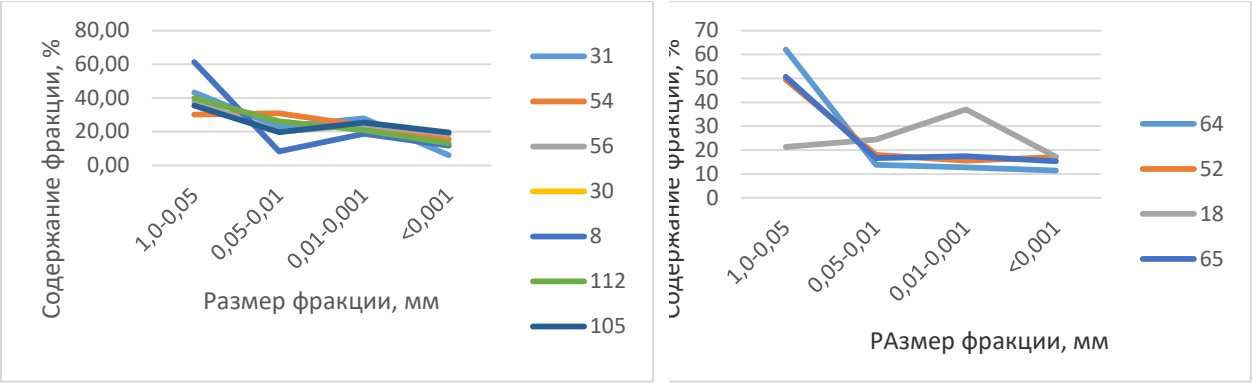
Рисунок 6.3 – Структурные формулы гранулометрического состава почвах подгольцового пояса, 500-700 м н.у.м.

В буроземах грубогумусированных элювиированных центральным значением в формуле является крупнопылеватая фракция (рисунок 6.3Б).

Третью группу образуют почвы с преобладанием песчаной и пылеватой фракций при более низком содержании крупной пыли и ила (рисунок 6.3В). Эта группа объединила почвы отдела органо-аккумулятивные.

Структурные формулы первой и второй групп, объединяющие различные подтипы бурозёмов в подгольцовом поясе на высоте 500-700 м н.у.м., имеют аналогичное графическое изображение со структурными формулами 5 и 1 групп почв горно-лесного пояса соответственно.

На высоте 701-900 м структурная формула ГС почв отличается тем, что в них преобладающей является содержание песчаной фракции (рисунок 6.4А). Содержание илистой фракции находится в минимуме. Почвы, формирующиеся на этих высотах, независимо от их генезиса (бурозёмы, подбуры, подзолы, литозёмы), имеют схожие структурные формулы гранулометрического состава почв.



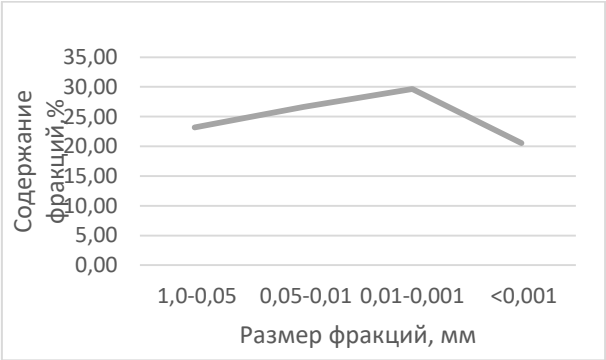
А) 39:24:24:13, 700-900 м Б) 54:16:15:15, > 900 м

Рисунок 6.4 – Структурные формулы гранулометрического состава в почвах криволесья (А) и горной тундры (Б)

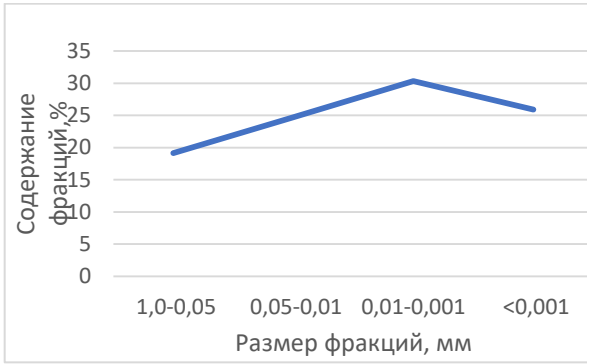
На высоте более 900 м (рисунок 6.4Б) структурная формула имеет особенности: фракция песка в максимуме (в 3,5 раза больше), содержание других фракций – примерно на одном уровне. Такие соотношения образуются в *подбурах, перегнойно-темногумусовых* почвах и *литозёмах*.

Содержание илистой фракции почти во всех формулах является наименьшим, в пределах 15-24 %. Содержание пылеватой фракции в составе мелкозема почв снижается с увеличением высоты местности с 32 до 15 %, а песчаной, напротив, увеличивается с 8 до 54 %. Определены устойчивые средние

соотношения фракций ГС для всех почв. Рубежной границей является высота 700 м н.у.м., так как структурные формулы ГС в почвах как ниже этой высоты, так и выше, являются близкими и похожими по преобладающей фракции (рисунок 6.5).



19-25-30-26 (горная тайга)



27-27-28-17 (парковое редколесье, луговые поляны)

39-24-24-13 (криволесье)

46-18-21-15 (горная тундра)

Рисунок 6.5 – Устойчивые средние соотношения фракций гранулометрического состава почв

В почвах, формирующихся в горной тайге, парковом редколесье и луговых полянах, преобладает средневзвешенное содержание пылеватой фракции (19-25-30-26 и 27-27-28-17, соответственно). Однако, по структурным формулам отчетливо видны и различия по средневзвешенному содержанию песчаной и илистой фракций. Различная степень снижения содержания фракций диагностирует разные процессы в почвах: оглинение в горно-лесном поясе; кислотный гидролиз, лессивирование и, возможно, элювиирование в поясе луговых полян и переходных экотонах (парковый лес – луговые поляны, луговые поляны – редколесье-криволесье) на 500-700 м.

В почвах, формирующихся в суровых условиях, отмечается высокое средневзвешенное содержание песчаной фракции, что косвенно указывает на преобладание в первую очередь процессов физического и морозного

выветривания. Снижение содержания илистой фракции почти в 2 раза в сравнении с содержанием крупнопылеватой и пылеватой фракциями в почвах криволесья (39-24-24-13), диагностирует процессы элювиирования. Почвы горной тундры отличаются максимально высоким содержанием песчаной фракции (46-18-21-15) и более низким – илистой и крупнопылеватой. Такое соотношение фракций диагностирует облегченный ГС, что приводит к быстрому промачиванию почвы и быстрому ее промерзанию в холодных условиях.

Определена корреляционная связь между средневзвешенным содержанием фракций и высотой местности н.у.м. (таблица 6.7).

Таблица 6.7 – Корреляционная матрица между средневзвешенным содержанием фракций в почвах и высотой местности

h	1,0-0,05	0,05-0,01	0,01-0,001	<0,001	<0,01
300-500	-0,13	-0,25	-0,06	**0,45**	0,26
501-700	0,35	0,14	-0,38	**-0,46**	**-0,48**
701-900	**0,72**	**-0,62**	**-0,8**	0,03	**-0,48**
>900	**-0,71**	**0,74**	**0,73**	0,36	**0,7**

Примечание: **0,45** – связь достоверна.

В почвах на высоте 300-500 м выявлена связь содержания илистой фракции с высотой, а на высоте 500-700 м – обратную среднюю связь проявляют илистая фракция и физическая глина. В почвах на высоте более 700 м эта связь более сильная, и практически отмечается во всех фракциях.

Для выявления специфичных состояний по средневзвешенному содержанию отдельных фракций в разных высотно-растительных условиях проведен информационно-логический анализ. Наиболее информативным показателем по общей информативности *T* и коэффициенту эффективности передачи связи *K* является содержание песчаной фракции 1,00-0,05 мм (таблица 6.8). По снижению энергии передачи информации по каналам связи можно построить следующий ряд: песчаная фракция > физическая глина > пылеватая фракция > илистая > крупнопылеватая фракция.

Содержание песчаной фракции и физической глины закономерно изменяется с высотой местности в диаметрально противоположных

направлениях. Стабильно высокое содержание песчаных частиц на высоте более 900 м может означать, во-первых, активное и интенсивное разрушение первичных минералов; во-вторых, более длительное время воздействия процессов гипергенеза, что может указывать на больший возраст почв на данной высоте, соответствующей горной тундре.

Таблица 6.8 – Специфичные состояния средневзвешенного содержания гранулометрических фракций в почвах в зависимости от высотных условий

Высота, м н.у.м.	Гранулометрические фракции, мм (%)				
	1,00-0,05	0,05-0,01	0,01-0,001	< 0,001	< 0,01
300-500	< 20	20-30	20-30	>20	>50
500-700	20-30	30-40	> 30	10-20	40-50
700-900	30-40	< 20	20-30	< 10	<40
>900	> 40	< 20	< 20	10-20	<40
Т, бит	0,412	0,165	0,333	0,325	0,345
К	0,242	0,098	0,196	0,190	0,203

Примечание: Т – общая информативность, бит; К – коэффициент эффективности передачи связи

Стабильное содержание пылеватой фракции более 30 % на высоте 500-700 м может указывать на проявление почвообразовательных процессов оглинения, иллювиирвания, оглеения, лессиважа. В суровых условиях (> 900 м) отмечается иное специфичное состояние: содержание пылеватой фракции стабильно меньше 20 %, что диагностирует преобладание процессов физического морозного выветривания и первичного почвообразования. Интересным является факт, что в почвах на этих же высотах (500-700 и > 900 м) стабильным является средневзвешенное содержание илистой фракции, в пределах 10-20 %. Этот показатель является различным для почв на высоте 300-500 м, где отмечается стабильное накопление илистых частиц на выположенных склонах хребта и 700-900 м, где преимущественно крутые склоны и в почвах развит поверхностный и боковой внутрипочвенный вынос тонких частиц с потоком воды. Такое распределение илистой фракции в пространстве диагностирует наличие процессов оглинения и оглеения в почвах на 300-500 м, а на 700-900 м – альфегумусовый процесс, элювиирование. Гумусовые вещества большей частью входят в состав илистой фракции, в связи с чем, по ее пространственному распределению можно диагностировать

процессы гумусообразования и гумусонакопления в почвах по убыванию: на высоте 300-500 > 500-700, более 900 > 700-900 м.

Таким образом, по вероятностным состояниям средневзвешенного содержания гранулометрических фракций в почвах в зависимости от высотных условий выстраивается ряд процессов: 300-500 м – оглинение, оглеение, гумусонакопление; 500-700 м – оглеение, оглинение, иллювиирование, лессивирование, гумусонакопление; 700-900 м – альфегумусовый процесс, элювиирование (подзолистый), выветривание физическое, морозное; > 900 м – преобладают процессы выветривания, первичное почвообразование, гумусонакопление.

Внутри каждого высотного пояса определяется несколько структурных формул ГС, которые показывают взаимодействие высотных факторов и типовой принадлежности почв через проявление ЭПП. Для каждого высотного пояса определена своя структурная формула ГС с разными центральными значениями, которые наиболее «точно» соответствуют среднему уровню сочетания факторов почвообразования, а другие значения варьируют и отражают локальные колебания факторов. Установлено, что структурная формула отражает особенности генезиса почв в пространстве; определен рубеж на высоте 700 м н.у.м., в пределах которого отмечается резкое изменение ГС, диагностирующих смену ЭПП с высотой местности.

Фракционный состав мелкозёма

Частицы почв различного размера значительно отличаются друг от друга по своим физико-химическим свойствам, определяющим особенности взаимодействия и закрепления на поверхности частиц ионов тяжелых металлов (ТМ). Это проявляется в различном распределении ТМ по формам соединений в составе каждой гранулометрической фракции.

Разделение мелкозема почв на фракции (>0,005; 0,005-0,001; <0,001 мм) методом гранулоденсиметрического фракционирования позволило выявить и установить закономерности содержания и соотношения этих фракций в почвах в различных высотно-растительных условиях (таблица 6.9). Содержание

грубодисперсной фракции (>5 мкм) имеет некоторые тенденции изменения по высоте и типам почв. Так, в буроземах, на высоте менее 500 м (р. 26), содержание грубодисперсной фракции является наименьшим в сравнении с другими почвами. В буроземах, формирующихся на высоте 500-700 м, содержание фракции повышается и варьирует в пределах 61-66 %, а в буроземе на более высоких позициях (794 м) этот показатель становится несколько выше (71 %). Следует отметить, что на высоте более 700 м, содержание грубодисперсной фракции выше, и варьирует в диапазоне 71-91 %. Максимальное содержание данной фракции отмечается в подзоле. Установлена связь средней тесноты между высотой местности и накоплением грубодисперсной фракции в почвах (r=0,56).

Таблица 6.9 – Содержание фракций в органо-минеральных горизонтах почв

Разрез	Экспозиция склона	Высота над уровнем моря, м	Горизонт	Глубина, см	Размер фракций, мкм		
					<1	1–5	>5
					%		
18	Вершина	930	AY	6–24	8,1	21,1	70,9
30	Запад	794	AYao	13-23	10,9	17,9	71,2
31	Юго–Запад	743	ao	6-9	5,0	3,7	91,4
32	Юго–Запад	691	ay	5-9	10,0	24,3	65,6
29	Юго–Запад	613	ay	3-8	10,6	13,2	76,1
28	Юг	609	AY	4-13	13,6	12,6	73,8
27	Юг	595	Ayf	4-12	28,4	23,0	48,6
17	Восток	590	AY	4-13	17,9	18,0	64,2
15	Восток	577	AYao	10-14	17,8	15,4	66,8
19	Запад	565	AY	6-15	13,6	24,6	61,7
24	Север	518	G	16-36	13,4	23,2	63,4
26	Северо–Запад	315	AY	5-22	26,0	22,2	51,8

Содержание мелкопылеватой фракции изменяется в почвах в пределах от 15 до 24 % и имеет очень слабую обратную связь с высотой местности. Отличается подзол по содержанию фракции 1-5 мкм, всего 3,7 %. Содержание илистой фракции варьирует в почвах в более широком диапазоне: от 5,0 до 28,4 % и имеет среднюю связь с высотой местности (r=0,44). Менее всего этой фракции накапливается в подзоле (р. 31) и в дерново-подбуре (р. 18).

Таким образом, установлена закономерность изменения содержания грубодисперсной и илистой фракций в почвах с высотой местности. Минимальное накопление тонкодисперсных фракций отмечается в подзоле.

Удельная поверхность почв

Процессы, происходящие в почвах, обусловлены величиной и свойствами поверхности их твердой фазы [Воронин, Витязев 1971]. Удельная поверхность ($м^2/г$) – свойство, характеризующее степень дисперсности почвы и состояние поверхности почвенных частиц [Шеин, 2001]. Величина удельной поверхности зависит от таких фундаментальных свойств почвы, как минералогический и гранулометрический состав, содержание и состав гумуса и ППК [Сапожников, 1994]. Величиной удельной поверхности определяются практически все структурно–механические и гидрофизические свойства, многие физико-химические свойства, в том числе определяющие буферность почв, их устойчивость к загрязнению.

Среди исследованных почв большинство характеризуются достаточно высокой величиной удельной поверхности (>100 $м^2/г$) (таблица 6.10).

Таблица 6.10 – Удельная поверхность верхних горизонтов почв и фракций ила и мелкой пыли, $м^2/г$

Разрез	Экспозиция склона	Высота над уровнем моря	Горизонт	Глубина, см	<1 мкм	1–5 мкм	почва
					S, $м^2/г$		
18	Вершина	930	AY	6–24	357	218	118
30	Запад	794	AYao	6–9	315	217	81
19	Запад	565	AY	16–36	287	139	110
26	Северо–Запад	315	AY	4–13	303	143	146
24	Север	518	G	5–22	296	–	105
17	Восток	590	AY	6–24	310	182	171
15	Восток	577	ay	6–15	274	–	113
31	Юго–Восток	743	ao	5–9	240	58	37
32	Юго–Восток	691	ay	3–8	308	–	114
29	Юго–Восток	613	AY	4–12		–	128
28	Юг	609	AY	4–13	294	–	149
27	Юг	595	AYf	4–10	288	157	–

Средняя удельная поверхность (81 $м^2/г$) отмечена в бурозёме (р.30). Подзол (р.31) отличается наименьшей удельной поверхностью (37 $м^2/г$), что связано с низким содержанием илистой фракции <1 мкм (5%). При этом илистые фракции почв отличаются высокими величинами удельной поверхности, что говорит о том, что минералогический состав их представлен минералами с разбухающей кристаллической решёткой. Наличие такого рода

глинистых минералов, а также ОВ, отличающихся высокой удельной поверхностью, определяет способность почвы поглощать тяжелые металлы.

6.2 Магнитная восприимчивость

Магнитная восприимчивость почв обусловлена генетически и является интегральным показателем ее магнитных свойств, унаследованных от почвообразующей породы, а также приобретенных свойств в процессе педогенеза [Соловьева, 2000]. Магнитная восприимчивость (МВ) почв является мерой ее намагниченности [LeBorgne, 1954; Лукшин, 1968;Бабанин и др., 1995; Коснырева, 2007]. Магнитные свойства почвы связаны с первичными и вторичными минералами, а также ОВ, характеризующимися различными магнитными свойствами. Показатель МВ в первую очередь определяется содержанием в почвах сильномагнитных оксидов железа [Бабанин, 1995]. Магнитный профиль почвы определяется ее типом, геохимическими особенностями местности, степенью техногенного воздействия [Глазовская, 1988]. Кривая распределения МВ по профилю определяется фракцией содержания ила, где сосредоточены в дисперсном состоянии ферромагнитные минералы.

Исследования МВ горных почв проведены [Самофалова, Лузянина, 2014а; Лузянина, 2016]. Магнитную восприимчивость исследовали в буроземах, дерново-подбуре, органо-аккумулятивных почвах и аллювиальной гумусовой глеевой, расположенных на г. Северный Басег и в районе р. Малый Басег на территории заповедника.

В горных почвах в пределах хребта Басеги, показания объемной магнитной восприимчивости (ОМВ) не высокие (0,01-1,8*10^{-5} СИ). Внутри профильное распределение ОМВ в почвах на высоте от 315 м до 430 м варьирует от 0,22 до 1,8*10^{-5} СИ; с увеличением высоты (н.у.м.) изменение признака сводится к минимуму (0,02-0,16*10^{-5} СИ).

В анализируемых почвах наблюдается увеличение МВ с глубиной, а самые высокие значения отмечаются в срединных горизонтах. Увеличение восприимчивости в иллювиальных горизонтах происходит вследствие привноса

магнетиков с илистыми частицами за счет внутрипочвенного бокового стока и внутрипочвенного выветривания.

На рисунке 6.6 приведены коэффициенты Кχ по [Вадюнина, Корчагина, 1986], которые показывают во сколько раз магнитная восприимчивость верхних горизонтов почв выше восприимчивости почвообразующих пород. Рассчитанные коэффициенты колеблются в почвах горно-лесного пояса от 0,1 до 0,9; в подгольцовом поясе – от 0,1 до 3,5. В почвах (р. 8, 18, 31) высокие значения коэффициентов (2,3; 2; 3,5) могут быть связаны с образованием сильно магнитных соединений и условиями хорошей аэрации.

№ разреза, высота н.у.м.	Кχ
18, 955 м	2,0
32, 655 м	0,5
31, 755 м	3,5
8, 800 м	2,3
5, 700 м	0,6
29, 613 м	0,25
15, 577 м	0,1
1, 570 м	1,2
9, 430 м	0,1
34, 346 м	0,2
33, 344 м	1,9
26, 315 м	0,9

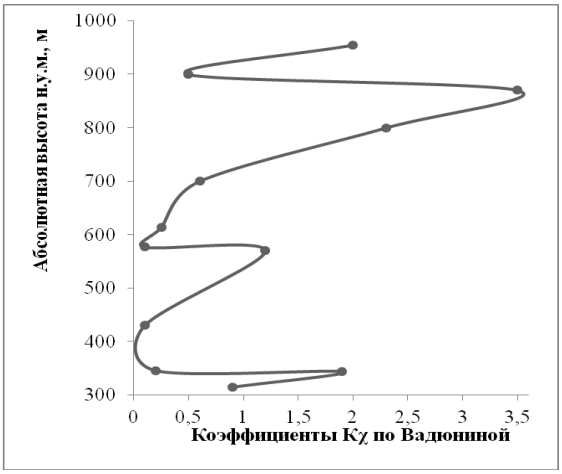


Рисунок 6.6 – Влияние высоты (н.у.м.) на значения коэффициента Кχ

По утверждению [Бабанин и др., 1995] величина Кχ выше там, где более благоприятные условия для гумификации органического вещества.

В почвах, расположенных у нижней границы горно-лесного пояса (на высоте 300-450 м н.у.м.) коэффициенты ниже, что может быть обусловлено застоем влаги в весенний период. В анаэробных условиях в присутствии органического вещества идет образование из ферромагнетиков слабомагнитных минералов железа. Математическая обработка данных доказывает зависимость многих параметров почвы с ОМВ (таблица 6.11). Наблюдается прямая (р. 29 и р. 31 r=1,0) и обратная (р. 34, 9, 5, 8, 32) зависимости между ОМВ и содержанием гумуса. Во всех горных почвах наблюдается сильная зависимость между МВ и реакцией среды, как прямую, так и обратную. Между показателями ОМВ и содержанием валовых форм Fe_2O_3 существует обратная

связь. Таким образом, низкие значения МВ могут указывать на отсутствие загрязнения почв заповедника тяжелыми металлами.

Таблица 6.11 – Коэффициенты корреляции между ОМВ и свойствами почвы

Разрез, №	26	33	34	9	1	15	29	5	8	31	32
ОМВ и содержание гумуса											
r	0,3	-0,4	-0,8	-0,8	-0,1	-0,4	1,0	-1,0	-0,9	1,0	-0,7
ОМВ и pH											
r	-0,3	-0,8	-0,8	0,7	0,5	0,6	-0,5	1,0	-0,9	-0,3	0,5
ОМВ и Fe_2O_3											
r	-0,8	0,2	-0,2	-0,6	0,4	-0,3	-1,0	-0,3	-0,2	-	-

Магнитные профили почв объединены в шесть групп (приложение 10, рисунок 1-6). В группу с равномерно-аккумулятивным типом профильного распределения МВ отнесены только: подзол (р. 31, 745 м) и бурозем глееватый ожелезненный (р. 27, 590 м). В этих почвах имеет место сезонное оглеение, что сказывается на понижении показателя МВ. В верхней части профиля почв МВ выше за счет накопления ОВ.

В группу с равномерно-элювиальным типом распределения МВ отнесены почвы разных высотно-растительных поясов. Постепенное возрастание МВ к плотной породе может диагностировать формирование почвы на более зрелой стадии развития, а также указывает на моногенетичность почв. Почвы этой группы объединяет укороченная мощность профиля (30-50 см), потечность гумуса в профиле, ожелезненность в нижней части профиля.

Регрессивно-элювиальный тип распределения МВ отмечается в буроземах элювиированных (р. 16, 9) и буроземе ожелезненном (р. 32), где отчетливо выражено резкое возрастание МВ к плотной породе. В диагностическом горизонте *BM* отмечается повышение МВ. Такое распределение МВ по профилю может указывать на полигенетичность почв.

Прогрессивно-элювиальный тип распределения МВ отмечается в почвах подгольцового пояса (р. 5, 22). В гумусовом горизонте в пределах 20-30 см наблюдаются более низкие значения МВ, а далее МВ стабильно удерживается примерно на одном уровне без изменений до породы, что указывает на некоторую заторможенность процессов выветривания и почвообразования. Почвы этой группы (бурозем темногумусовый элювиированный и

серогумусовая глинисто-иллювиированная) объединяет процесс переноса вещества: в буроземе – гумусовых веществ, в серогумусовой – пылеватых и илистых частиц, что сопровождается повышением содержания магнетиков и соответственно МВ. Такое распределение также может указывать на полигенетичность почв.

Для почв характерно и элювиально-иллювиальное распределение МВ с максимумом значений в срединной части профиля и убыванием с глубиной (р. 29, 26, 34, 36, 1, 43, 37, 19). В эту группу попадают почвы как горно-лесного пояса, так и подгольцового до высоты 700 м. В группу элювиально-иллювиального распределения МВ попали почвы отделов структурно-метаморфического и органо-аккумулятивного. Однако, тип профильного распределения МВ является близким и объединил исследуемые почвы по проявлению ЭПП: элювиирование, ожелезнение, метоморфизация, иллювиирование, оглеение. Наличие данных процессов способствует накоплению магнетиков в горизонтах почв. По значениям МВ в почвах отдела структурно-метаморфические четко выделяется метаморфический горизонт ВМ, в котором МВ резко возрастает с последующим снижением к горизонту элювия метаморфических пород. Кроме того, следует отметить, что почвы, вошедшие в группу с элювиально-иллювиальным типом распределения МВ, имеют более полноразвитый профиль (66-100 см) при крутизне 3-7 градусов. Таким образом, диффиренцированное распределение МВ по профилю почв может указывать на наличие ЭПП, которые могут накладываться на основные процессы, происходящие в почвах, а также, возможно, на полигенетичность профиля почв.

Аккумулятивно-элювиально-иллювиальный профиль распределения МВ отмечен для почв горно-лесного и подгольцового поясов, где можно констатировать два максимума МВ в профиле. Скорее всего это может указывать на: а) смену окислительно-восстановительных условий в пределах профиля; б) на различное соотношение в горизонтах диа-, пара-, и феррамагнетиков; в) наличие «погребенных» горизонтов (смена минимума на

максимум в нижней части профиля) с формирующимся новым профилем молодой почвы из свежих наносов.

По приросту магнитной восприимчивости исследуемые почвы хорошо различаются на уровне отдела, типа и даже подтипа. Показатель МВ может быть использован как диагностический, а по магнитному профилю можно судить о степени дифференциации почвы по данному показателю.

Применен модуль «Геостатистический анализ» для пространственного моделирования магнитной восприимчивости в почвах. Пространственное распределение ОМВ в почвах характеризуется разбросом значений от 0,01 до 0,56 единиц СИ (таблица 6.12). Среднеарифметическое содержание признака (0,160) и медианное значение (0,125) не совпадают, что указывает на то, что выборка (n =30) все же не подчиняется закону нормального распределения, которое в данном случае имеет правую асимметрию.

Таблица 6.12 – Статистические показатели выборки данных о МВ, (æ×10^{-5} СИ), используемой для оценки моделей интерполяции

Название показателя	Число наблюдений	Значение показателя			Std.	Med	Эксцесс	Асимметрия
		min	max	среднее				
Значение показателя	30	0,01	0,56	0,16	0,13	0,125	5,64	1,64

Примечание: Sd – среднеквадратическое отклонение; Med – медиана.

Установлено, что на территории хребта Басеги магнитная восприимчивость почв обладает пространственной зависимостью. Результаты интерполяции магнитной восприимчивости геостатистическим методом представлены на рисунке 6.7.

Выделение градаций МВ почв проведено по методу «Естественные интервалы»: < 0,13; 0,13-0,18; 0,18-0,26; >0,26. Данный метод создает классы для группировки данных, близких по значениям, т.е. этот метод дает «правильное» представление о пространственном распределении показателей признака почвы. Параметры выделенных интервалов представлены на рисунке 6.8. Полученные прогнозные модели демонстрируют изменение признака с высотой местности. Так, для гольцовых условий и выраженной мохово-

кустарничковой тундры (более 811 м н.у.м.) значения магнитной восприимчивости составляют более $0,26\times10^{-5}$ СИ, что связано с активными процессами физического и морозного выветривания первичных и вторичных минералов и накоплением грубого органического аморфного материала на поверхности на выравненных слабонаклоненных платообразных поверхностях.

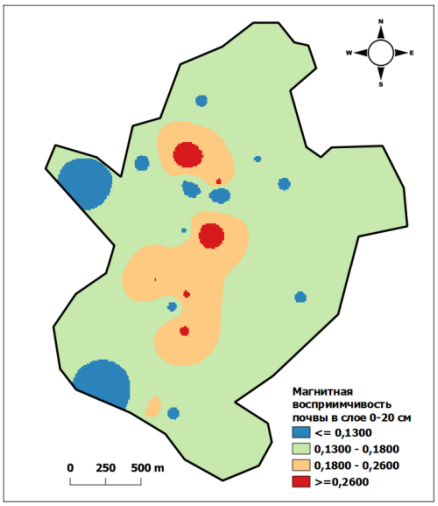


Рисунок 6.7 –Модель распределения МВ почв методом Simple Kriging в пространстве

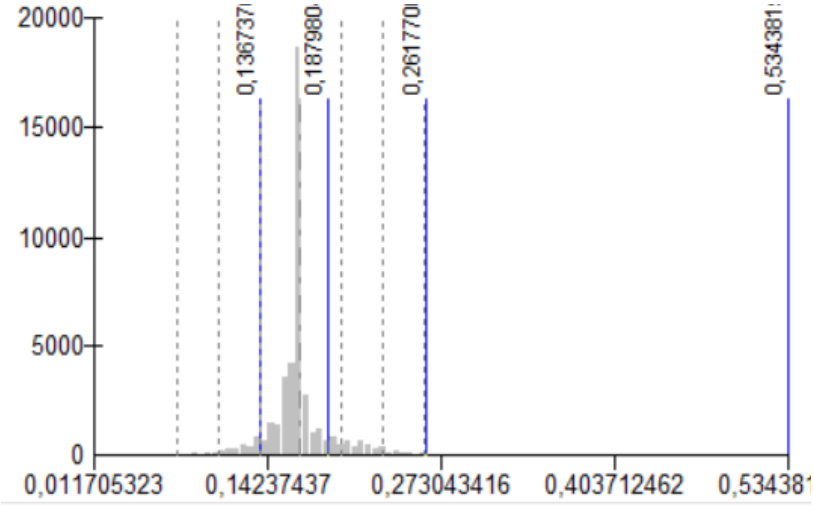


Рисунок 6.8 – Распределение магнитной восприимчивости методом «Естественные интервалы»

В пределах криволесья (700-800 м) и луговых полян значения магнитной восприимчивости варьируют в пределах $0,18\text{-}0,26\times10^{-5}$ СИ. На этом высотном уровне почвы также характеризуются накоплением грубого органического вещества. На нижней границе подгольцового пояса (луговые поляны-парковое редколесье) на слабонаклоненных поверхностях значения магнитной восприимчивости ниже и варьируют в диапазоне $0,13\text{-}0,18\times10^{-5}$ СИ. В пределах подгольцового пояса выделяются участки со значениями ОМВ менее $0,13\times10^{-5}$ СИ, что соотносится с переувлажненными лугами.

По результатам перекрестной проверки установлено, что средняя ошибка прогнозирования (ME) близка к нулю (0,001356) и указывает, что модель несмещенная. Это свидетельствует о надежности результатов интерполяции [Самофалова и др., 2019] для дальнейшего картографирования магнитной восприимчивости в почвах. Среднеквадратичная ошибка (RSME=0,133307)

является низкой и указывает, насколько близко модель прогнозирует измеренные значения.

6.3 Химический состав почв

6.3.1 Макроэлементный состав почв

При наличии сходных физических и морфологических показателей профиля, нет твердых оснований судить об идентичности процессов дифференциации твердой фазы сравниваемых почв [Градусов, 2005], а полевой диагностики оказывается недостаточно для определения их генезиса. Окончательная диагностика должна проводиться на основании совокупности показателей химического состава генетических горизонтов профиля [Иванова, 1947, 1949; Михайлова, 1975; Зонн и др., 1976; Зонн, Рукака, 1978; Карманова, 1978; Кузьмин, Чернегова, 1978; Барри Абдулай, 1979; Урушадзе, 1979; Дедков, Павлова, 1982; Зонн, 1982; Васильев, 1989; Ильина и др., 1993; Водяницкий, Шишов, 2004; Владыченский и др., 2006; Айсина, 2008; Двуреченский, 2010а,б, 2011; Дымов, Жангуров, 2011; Борисова, 2012; Карпачевский, 2012; Водяницкий, Шоба, 2013; Семиколенных и др., 2013; Васильев и др., 2014].

Элементный состав почв – одна из основных характеристик почвы, которая отражает деятельность почвообразовательного процесса.

Валовой состав макроэлементов

Учеными установлено, что среднее содержание оксида кремния в почвах составляет около 70 % [Орлов, Садовникова, 2005].

Высокие содержания SiO_2 (более 75%) встречается в двух типах осадочных пород – терригенных кварцевых псаммитах и псефитах – типичных рециклизованных породах типа *second cycle*, и в биогенных кремниевых породах – силицитах [Кетрис, 1976; Юдович, Кетрис, 2000]. Исходным петрофондом, при этом, выступают каолинитовые коры выветривания по субстрату изверженных и метаморфических пород кислого состава – гранитов и гнейсов.

В почвах на Среднем Урале валовое содержание SiO_2 варьирует от 66,18 % до 74,28 % в гольцовом поясе (р. 18, 30). В почвах криволесья (р. 32) содержание оксида варьирует в пределах 61-65 % (приложение 11, таблица 1, 2). В почвах под субальпийскими лугами содержание SiO_2 несколько ниже (57,2-63,3 %). В этой группе почв, формирующихся на высоте более 600 м н.у.м., выделяется подзол (р. 31), где валовое содержание SiO_2 составляет 80,3-82,6 %, понижаясь в почво-элювии до 76,9 %.

Валовое содержание SiO_2 в почвах в парковом редколесье и в горно-лесном поясе колеблется в пределах 58,8-71,6 %. По мере приближения к горно-лесному поясу, накопление SiO_2 на некоторой глубине профиля возрастает, но заметной дифференциации не наблюдается. Это указывает на тенденцию к обеднению SiO_2 верхних и средних частей профиля по сравнению с нижними неизмененными (на плотных породах) горизонтами.

Отмечается положительная средняя корреляционная связь между содержанием SiO_2 и содержанием илистой фракции (r=0,5) в горизонтах почв, т.е. накопление ила в почвах в некоторой степени зависит от разрушения и выветривания обломков коренных и почвообразующих пород.

Алюминий является литогенным компонентом. В исследуемых почвах содержание Al_2O_3 варьирует в среднем от 11,45 % до 16,84 %, что указывает на вероятность присутствия в почвах свободных гидроксидов алюминия (бокситов). Почвы обогащены глиноземом. Однако, на некоторых высотных позициях содержание Al_2O_3 ниже кларкового в почвах:

- в криволесье на высоте 794 м (р. 30, бурозем грубогумусированный) и 743 м н.у.м. (р. 31, подзол иллювиально-железистый грубогумусированный) по всему профилю почв;

- в парковом редколесье в буроземах на высоте 577 м (р. 15, восточная экспозиция) и 565 м (р. 19, западная экспозиция хребта) в гумусовом горизонте. Возможно, в этих почвах частицы гидроксида алюминия являются неустойчивыми к действию органических лигандов.

Содержание Fe_2O_3 варьирует от 0,93 % до 8,53 % в подгольцовом и гольцовом поясах, а в горно-лесном, содержание Fe_2O_3 составляет 3,55-7,81 %. Среднее значение $Fe_{вал}$ в почвах составляет 6 %, что по шкале [Водяницкий, 2010] позволяет отнести их к категории с умеренно высоким содержанием железа, за исключением р. 18, 30 и 31, в которых установлено среднее и умеренно низкое содержание Fe_2O_3 соответственно. В целом, почвы можно отнести к среднеожелезненным. Наибольшие колебания значений $Fe_{вал}$ в почвах (от 3,3 до 7,3 %) отмечаются в верхних гумусовых горизонтах, в переходных гумусовых и срединных горизонтах профиля, где среднее содержание $Fe_{вал}$ несколько увеличивается (рисунок 6.9).

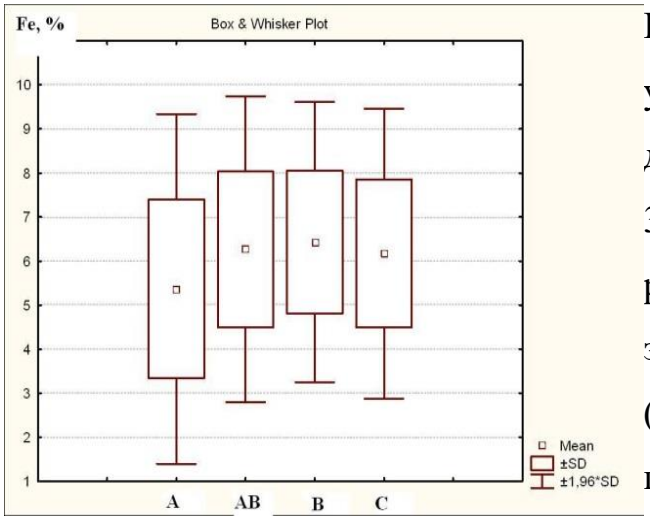


Рисунок 6.9 – Изменение содержания *$Fe_{вал}$* (%) по горизонтам в почвах г. Северный Басег (n=12 разрезов)

По распределению $Fe_{вал}$ по профилю условно можно выделить три группы: 1) дифференциация отсутствует (р. 18, 19, 29, 32); 2) элювиально-иллювиальный тип распределения (р. 17, 26, 30); 3) элювиальный тип различной интенсивности (р. 15, 24, 28, 27, 31). Разные типы профильного распределения $Fe_{вал}$ указывают на различное участие в процессе почвообразования физического выветривания, физико-химического преобразования материала и переноса вещества. В почвах хребта Басеги содержание оксида железа варьирует в зависимости от высоты местности:

- в почвах, формирующихся на высоте более 700 м н.у.м. (криволесье, горная тундра), содержание оксида меньше кларкового значения (5,43 %) и самые низкие значения выделяются в подзоле (р. 31) 0,93-3,39 %;

- в почвах на высоте 577-695 м отмечается максимально высокое содержание Fe_2O_3 (7,1-8,5 %), превышающее почвенный кларк (5,43 %);

- в низкогорных ландшафтах горно-лесного пояса Fe_2O_3 варьирует в почвах в пределах 5,02-7,59 %.

Для оценки дифференциации профиля рассчитано содержание основных элементов (Si, Al, Fe), входящих в силикаты и алюмосиликаты, и определены их статистические показатели распределения в гумусовом горизонте и в горизонте, залегающем на плотных породах (почво-элювии). В почвах практически отсутствует дифференциация по содержанию элементов. Максимальная дисперсия и коэффициент вариации по содержанию кремния отмечаются для гумусового горизонта в почвах горно-лесного пояса и для почво-элювия гольцово-подгольцового поясов. Среднее содержание алюминия и железа, напротив, различается между гумусовыми горизонтами и почво-элювием. В почвообразующей породе содержание элементов несколько выше и, причем, с наименьшей дисперсией и коэффициентом варьирования. Выделяется еще одна особенность: в горно-лесном поясе среднее содержание Al_2O_3 и Fe_2O_3 повыше, чем в гольцово-подгольцовом поясе. Вариабельность по содержанию Fe_2O_3 выше (3,39 и 2,39), чем Al_2O_3 (2,73 и 0,84) в гольцово-подгольцовом поясе. В горно-лесном поясе вариабельность по содержанию Al_2O_3 выше (2,26), чем Fe_2O_3 в гумусовом горизонте почв. В целом, наибольшая дисперсия и коэффициент варьирования элементов (в 2 и более раз) отмечаются в большей степени для почв гольцово-подгольцового пояса.

Натрий и калий, широко распространенные элементы в земной коре и играют важную роль в почвообразовательном процессе. Содержание оксидов калия и натрия в горно-лесном поясе варьирует в широких пределах 1,3-2,45 % и 0,16-1,59 %, соответственно; а в гольцовом и подгольцовом поясах – от 0,98 до 2,7 % и от 0,33 до 2,21 %. Почвы обогащены щелочными металлами, так как их значения выше Кларка (1,51 % K_2O и 0,84 % Na_2O). Повышенный фон по содержанию Na_2O характерен для почв, формирующихся под луговой растительностью и под высокотравными, папоротниковыми лесами. Для почв криволесья и горной тундры характерно содержание натрия ниже кларкового значения. Исключение составляет подзол, в котором отмечается максимальное

содержание натрия (1,52-2,21 %). Повышенный фон K_2O свойственен практически всем исследуемым почвам, а пониженный фон отмечается только в подзоле с низким содержанием гумуса (р. 31). Тонкодисперсные минеральные частицы, а также органическое вещество почвы обладают высокой способностью депонировать щелочные элементы. Кроме того, калий входит в состав минералов, образующих вторичные глинистые минералы.

Почвы различаются по содержанию кальция и магния. Все исследуемые типы почв обеднены CaO в сравнении с Кларком (1,92 %). В почвах криволесья и горной тундры (р. 18, 30, 31, 32) содержание CaO изменяется в пределах 0,07-0,36 % и является наиболее низким среди изучаемых профилей. В серогумусовых почвах и буроземе глееватом ожелезненном на южном склоне на высоте 613-590 м н.у.м. содержание CaO значительно выше и составляет 0,76-1,20 %. Это указывает на большее проявление процессов почвообразования над выветриванием на данной высоте, в сравнении с другими условиями формирования почв. В буроземах паркового редколесья на восточном склоне на высоте 590-577 м содержание CaO изменяется по профилю в пределах 0,51-0,42 и 0,30-0,39 %, соответственно. Причем, в буроземе, расположенном выше (590 м), более низкое содержание CaO связано с проявлением поверхностно-бокового выноса вещества в почвы, расположенные ниже. В буроземах на западном склоне содержание CaO изменяется по профилю более дифференцированно.

Содержания магния в почвах выше, чем содержание кальция. Так, в почвах субальпийских лугов, паркового редколесья и горно-лесного пояса содержание MgO изменяется в диапазоне 1,13-2,92 % при Кларке 1,04 %. Менее всего MgO содержится в почвах криволесья, и особенно в подзоле (р. 31), но при этом, его содержание все равно выше, чем CaO. В буроземах криволесья (р. 30 на 794 и 32 на 691 м н.у.м.) отмечается резкое разделение профиля по содержанию MgO: в гумусовых горизонтах до глубины 22-32 см MgO содержится меньше кларка (0,41-0,71 и 0,96-0,82 % соответственно). В парковом лесе и горной тайге содержание магния стабильно выше Кларка. Таким образом, валовое

содержание CaO, MgO в большей степени варьирует в почвах подгольцового пояса, чем в горно-лесном поясе.

Титан относится к числу широко распространенных элементов в земной коре и занимает девятое место, среднее содержание его в осадочных породах 0,45%, а в земной коре 0,65% [Перельман, 1979, 1999; Орлов, Садовникова, 1985]. Титан образует минералы и находится в природе в рассеянном состоянии, а также встречается в живых организмах. Территория хребта входит в литогеохимическую зону по содержанию титана и марганца [Копылов, 2011], и естественный фон этих элементов следует ожидать достаточно высоким.

Исследуемые почвы характеризуются околонормальной (1,0-1,5 %) и повышенной (>1,5 %) титанистостью. Изменяются в некоторой степени пределы содержания TiO_2 в почвах в зависимости от местоположения в высотно-растительном поясе. Максимальное содержание элемента (1,59-1,69 %) отмечается в почвах под травянистой растительностью лугов (р. 32, 29, 28) на высоте 700-600 м н.у.м., где процессы почвообразования преобладают над выветриванием почвенной массы. В почвах с морфологическими признаками оглеения, заметно понижение содержания оксида до 1 % (р. 27, 15, 24).

Содержание оксида марганца варьирует в почвах в широком диапазоне (0,01-0,15 %) при кларковом содержании его в земной коре 0,1 %. Наименьшие значения характерны для подзола (0,01 %) и глеезема (0,02 %). Содержание Cl в почвх является низким и варьирует от 0,001 до 0,012 %, причем в некоторых горизонтах профилей почв микроколичества хлора не обнаруживаются. Валовое содержание P_2O_5 и серы в почвах горно-лесного пояса варьирует в пределах 0,01-0,72 % и 0,01-0,53 % соответственно, а в пределах гольцового и подгольцового поясов содержание оксидов составляет 0,04-0,80 % – фосфора, 0,06-0,59 % – серы. Низкое содержание оксидов отмечается в основном в нижней части профиля буроземов (р. 15, 26) и глеезема (р. 24) в горно-лесном поясе. В целом, почвы обогащены фосфором и серой, но особенно почвы, формирующиеся под луговой растительностью (р. 29, 28) и парковыми высокотравными лесами (р. 27, 17). Таким образом, высокое содержание

биогенных элементов является особенностью химического состава почв Среднего Урала.

Определились элементы с диапазоном варьирования:

- как ниже кларка, так и выше (SiO_2, Al_2O_3, Fe_2O_3);

- стабильно выше почвенного кларка: K_2O, Na_2O, MgO, TiO_2, P_2O_5, SO_3;

- стабильно ниже почвенного кларка MnO, Cl, CaO.

Таким образом, почвы сильно обеднены Mn, Ca независимо от высотных условий. Макроэлементный состав почв является результатом развития процессов буроземообразования, оглеения, оподзоливания.

Геохимические ряды распределения макроэлементов, серы и хлора

Для оценки различий в химическом составе природных компонентов были составлены геохимические ряды распределения макроэлементов, серы и хлора по отношению к Кларку почв мира [Виноградов, 1957].

В почвах гольцово-подгольцового пояса максимальная степень накопления определяется значениями 1,2-4,4 с максимальными коэффициентами концентрации по фосфору (Кк=1,6-4,4). Минимальный коэффициент концентрации отмечается для CaO, который варьирует от 0,1 в буроземах до 0,2-0,7 в серогумусовых почвах. В почвах горно-лесного пояса *Кк* > 1имеют элементы: P, Mg, Ti, Na, K, Fe, Al, иногда Si, Cl, Mn (приложение 11, таблица 3, 4).

В буроземах горно-лесного пояса и в серогумусовых почвах подгольцового пояса заметно накопление железа в профиле почв, и особенно в срединных и гумусовых горизонтах соответственно. Аккумуляция Si наблюдается только в почвах на высоте более 700 м н.у.м. Содержание кальция, хрома, серы в почвах очень низкое.

Таким образом, в составе почв преобладают элементы первичных минералов, что в свою очередь указывает на процессы выветривания в почвах и их биологическое закрепление. В почвах с интенсивным выветриванием аккумулируется Na, Ti, K, Mg.

Эколого-генетическая оценка содержания макроэлеметов

Анализ соотношения концентраций пар элементов позволяет получить принципиально важную и новую информацию о свойствах почв и протекающих в ней процессах. Отношения SiO_2/Al_2O_3 и SiO_2/Fe_2O_3 используют для разделения коры выветривания и почв на типы по их химическому составу. Коэффициент-отношение SiO_2/R_2O_3 используют как показатель продвинутости выветривания. Выделяют четыре характерных соотношения: < 3,5; 3,5-5,5; 5,5-12; > 12,0 [Волобуев, 1973], коренным образом различающихся в свойствах глин в почвах.

Молекулярные отношения SiO_2/R_2O_3 в изучаемых почвах более 3,5 (сиаллитная обызвесткованная и ненасыщенная кора выветривания), что характерно для умеренных широт, где в значительной степени может преобладать миграция соединений Al и Fe при относительной стабильности Si (приложение 11, таблица 5, 6). Кроме того, отношение SiO_2/R_2O_3 более 4, что указывает на дериват ферралитной фазы, фазу ее глубокого опесчанивания.

Отношение SiO_2/R_2O_3 изменяется в интервале 4,8-18,9. Соответственно, выделяется три группы соотношений, различающие почвы по степени выветрелости, изменяющихся при этом еще и с высотой местности. Так, в почвах горной тайги, до высоты 590 м н.у.м. (бурозёмы, глееземы) SiO_2/R_2O_3 варьирует в диапазоне 5,5-7,7. Почвы, сопряженные с интервалом SiO_2/R_2O_3 > 5,5, обладают меньшей способностью к катионному обмену, чем интервал 3,5-5,5, за счет меньшей дисперсности. Для почв интервала SiO_2/R_2O_3 > 5,5 характерными минералами являются гидрослюды и в меньшей мере монтмориллонит. На границе паркового редколесья и луговых полян, (600-700 м н.у.м., серогумусовые, бурозёмы) значения SiO_2/R_2O_3 сужаются до 4,8-5,4. В этих почвах особенно выражены «глинные» свойства: богаты илом, имеют высокую емкость катионного поглощения, способны к насыщению влагой [Волобуев, 1973]. Низкие значения SiO_2/R_2O_3 указывают на более глубокую стадию выветривания (аллитную). Таким образом, на этом рубеже высот, почвы являются более зрелыми, имеющие больший возраст.

Выделяется высота 700-760 м н.у.м., в пределах которой SiO_2/R_2O_3 в почвах более 12 в верхних 22 см профиля (13,7-18,9). Большие значения характерны для подзолов. Именно на этой высоте диагностированы подзолы (р. 31, 56, 120) и лито-подзолы (р. 118, 67) с белесым горизонтом Е. Значения соответствуют опесчаненной фазе минеральных преобразований в почве. Ниже подзолистого горизонта расположен альфогумусовый горизонт, в котором значения SiO_2/R_2O_3 соответствуют сиаллитной ненасыщенной фазе минеральных преобразований (9,3). Таким образом, профиль разделен на две разнокачественных части, различающиеся по фазам минеральных преобразований, и соответственно по возрасту.

Выше 760 м н.у.м. (бурозем ожелезненный, дерново-подбур) значения SiO_2/R_2O_3 сужаются до 6,3-8,6, что указывает на сиаллитную ненасыщенную фазу минеральных преобразований в почвах.

Таким образом, в пределах хребта происходит смена фаз минеральных преобразований в почвах (сверху вниз): сиаллитная ненасыщенная (> 760 м, преобладание гидрослюд, монтморилонита) → опесчаненная (760-700 м, кврц, каолинит) → глинная (700-600 м, значительное преобладание монтмориллонита над гидрослюдами) → сиалитная ненасыщенная (< 600 м н.у.м., преобладание гидрослюд, монтморилонита). Итак, на высоте 600-700 и 700-760 м расположены почвы, прошедшие больше фаз минеральных преобразований, которые стадийно связаны между собой. Конечной фазой преобразования почв является опесчаненная [Волобуев, 1973].

Наиболее узкие молекулярные отношения определены между оксидом кремния и оксидом алюминия, в частности в буроземах горно-лесного пояса (SiO_2/Al_2O_3 = 6-8). Молекулярные отношения между остальными оксидами и кремнием находятся в более широком диапазоне, что указывает на процессы внутрипочвенного и физического выветривания в профиле почв. Молекулярные отношения SiO_2/Fe_2O_3 являются максимальными в почвах, формирующихся на высоте > 700 м н.у.м. В структурно-метаморфических горизонтах *BM* в буроземах это отношение повышается. Величина SiO_2/MgO сильно варьирует:

более узкие отношения SiO_2/MgO (14-19) отмечаются в почвах (р. 29, 28) на высоте 609-613 м н.у.м.; в буроземах горной тайги отношение шире в 1,5-2 раза; максимальные значения – в подзоле (р. 31). Отношения SiO_2/K_2O в почвах горно-лесного пояса на порядок шире, чем в почвах подгольцового пояса (р. 32, 29, 28). В почвах гольцово-подгольцового пояса (р. 18, 30, 31) это отношение еще шире в 1,5-2,0 раза. Такие различия, возможно, связаны с высвобождением калия из минералов и вовлечением его в почвообразовательный процесс и биологический круговорот. Таким образом, для отношение SiO_2/K_2O может быть диагностическим признаком.

Степень выноса и накопления оксидов определяли по коэффициенту элювиально-иллювиальной миграции (приложение 11, таблица 7). В почвах наблюдается слабое накопление Al_2O_3 в сравнении с породой. Для Fe_2O_3 также характерно слабое накопление для большинства почв. Однако, в подзоле грубогумусированном (р. 31), глееземе грубогумусированном (р. 24), в буроземах глееватых (р. 27, 15) заметен вынос железа. В целом, для R_2O_3 характерно достаточно равномерное распределение, кроме разрезов 31 (подзол) и 24 (глеезем), где заметна убыль компонента.

В почвах, формирующихся на высоте выше 650 м (р. 18, 30, 32) отмечается интенсивный вынос K_2O, CaO и MgO. В подзоле (р. 31) вниз по профилю мигрируют практически все элементы и в большей степени Fe_2O_3 и CaO, максимально накапливается только MgO, который, высвобождается в больших количествах при физическом и химическом выветривании минералов и пород. Почвы, формирующиеся под злаково-разнотравными лугами (р. 28, 29) отличаются интенсивным накоплением Ca в верхней части профиля и некоторой убылью Mg по профилю. Распределение остальных элементов по профилю более-менее постоянно, либо слабая убыль или слабое накопление. В буроземах распределение оксидов по профилю происходит следующим образом: в парковом редколесье (р. 17, 19) накопление Fe_2O_3 при интенсивном выносе из профиля MgO и CaO; в буроземах глееватых (р. 27, 15), происходит средняя убыль по Fe_2O_3 и интенсивная убыль по MgO; в горно-лесном поясе (р. 26) отмечается накопление

Al, Fe, Ti, а другие элементы имеют слабое накопление в пределах всего профиля. В глееземе (р. 24) практически все элементы (кроме Ti) по профилю дифференцированы, с интенсивным и средним выносом из глеевого горизонта.

Степень контрастности по содержанию SiO_2 очень низкая (таблица 6.13), т.е. оксид распределен достаточно равномерно (кроме р. 19, 17). Характер внутрипрофильного распределения SiO_2 свидетельствует о слабо выраженной степени развития иллювиально-элювиальных процессов, либо об их отсутствии, что указывает на буроземообразования и луговой процесс [Лузянина, 2016]. Коэффициенты элювиально-иллювиальной миграции позволяют судить о слабой контрастности валового состава в профиле.

Таблица 6.13 – Коэффициенты дифференциации профиля почв

№	SiO_2	Al_2O_3	Fe_2O_3	CaO	MgO	K_2O	Na_2O	MnO	TiO_2	Cr_2O_3	P_2O_3	SO_3
18	0,99	1,03	0,96	1,24	1,04	0,96	1,21	0,71	0,93	0,86	0,67	0,74
30	1,05	1,16	**1,50**	1,67	3,17	1,05	1,31	2,11	1,24	1,50	2,74	1,93
31	1,03	1,39	**1,76**	**2,24**	1,36	1,21	1,45	1,33	1,09	1,00	**3,82**	**3,67**
32	1,04	1,11	1,06	1,10	1,47	1,04	1,86	1,40	1,13	1,13	1,91	1,63
29	1,04	1,03	1,03	1,05	1,06	1,08	1,46	1,03	1,01	1,33	1,49	1,13
28	1,09	1,30	1,30	1,48	1,51	1,10	1,85	1,41	1,10	1,57	1,68	1,37
27	1,01	1,15	1,16	1,13	1,33	1,05	**3,03**	2,16	1,17	1,50	2,80	**7,24**
17	1,18	1,09	1,18	1,35	1,44	1,10	**4,49**	2,15	1,06	1,25	**12,24**	5,24
15	1,06	**1,25**	1,27	1,21	1,94	1,05	1,04	2,79	1,03	1,50	2,97	4,53
19	1,42	**1,99**	1,07	**2,24**	2,96	1,96	1,27	1,32	**1,51**	**4,00**	2,76	3,28
24	1,04	1,10	**1,97**	1,02	1,34	1,03	1,02	**2,38**	1,08	1,57	1,19	1,09
26	1,07	1,11	1,01	1,16	1,22	1,02	1,65	1,36	1,04	1,33	1,05	2,49
D	0,01	0,07	0,10	0,18	0,49	0,05	0,04	0,05	0,03	0,03	0,03	0,02

Примечание: D – дисперсия.

Содержание R_2O_3 характеризуются контрастностью, особенно в разрезах (30, 31, 28, 15, 19, 24), где наблюдается вынос. Для оксидов Na, Mg, P, S, K, Ca, Cr, Mn характерна некоторая контрастность в профиле, особенно, для Mn, P, Mg, S. Почти равномерное распределение Ti в профиле свидетельствует о преобладании первичных минералов в составе почвы, и о постоянном вовлечении в почвообразование новых слоев породы.

Дисперсия показывает, что в большей степени варьирует содержание MgO, CaO, а также Fe_2O_3. Самый низкий показатель дисперсии отмечается для SiO_2. Итак, в горных почвах для оксидов алюмосиликатов и силикатов выделяются элювиальный и элювиально-иллювиальный типы профилей с

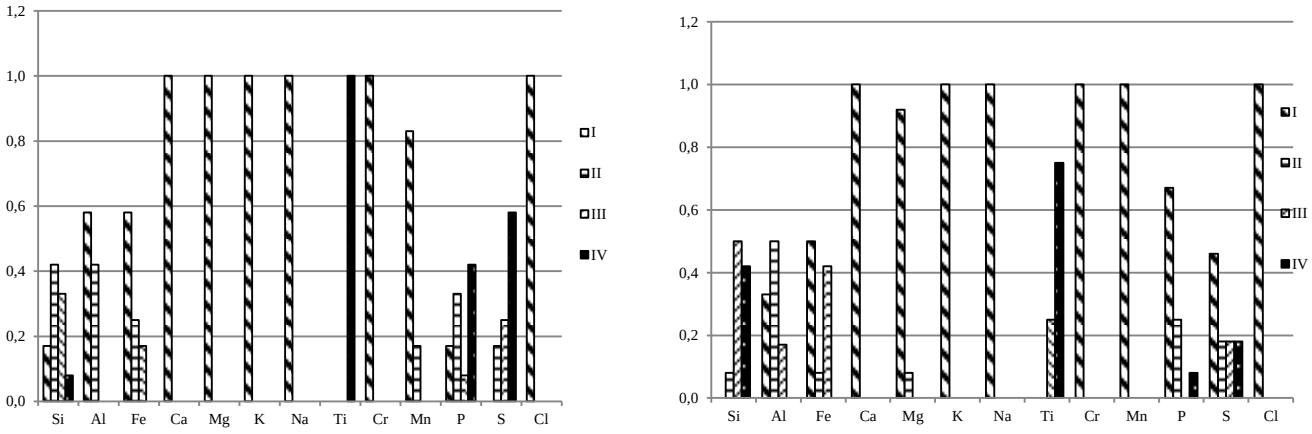
различным проявлением элювиальности и иллювиальности. Для группы элементов биогенного характера, накапливающихся за счет растительности, выделяется аккумулятивный тип распределения профиля.

Таким образом, распределение оксидов по профилю почв зависит от сочетания процессов в почвах. Интенсивная трансформация минералов в почвах на щебнистом элювии происходит с активным и интенсивным высвобождением значительных количеств веществ, что оказывает корректирующее влияние на проявление процессов почвообразования.

Геохимические ассоциации макроэлементов

Исходя из результатов валового состава почв, выделены четыре группы элементов в сравнении с их содержанием в земной коре и определена частота встречаемости элемента в той или иной группе в гумусовых горизонтах и в почво-элювии, залегающем на плотных породах (рисунок 6.10).

Сопоставив содержание элементов в верхних и нижних горизонтах горных почв по частоте встречаемости, можно заключить, что особенностью почв является высокое содержание Ti, Si, S, P, Al, Fe в пределах всего профиля, не имеющих техногенной природы.



А) в гумусовом горионте

Б) в почво-элювии

Группы: I – значительно ниже кларка; II – около кларковое содержание; III – выше кларка; IV – в несколько раз выше кларка

Рисунок 6.10 – Частота встречаемости химических элементов в изучаемых объектах по сравнению со средним содержанием в земной коре

Анализ парной корреляции показал достоверную тесную связь концентраций следующих макроэлементов (приложение 11, таблицы 8-10): SiO_2-Fe_2O_3 (r= -0,70); Al_2O_3-K_2O (r=0,85); Al_2O_3-Cr_2O_3 (r=0,70); Fe_2O_3-K_2O (r=0,77); CaO-MgO (r=0,80); P_2O_5-SO_3 (r=0,80). Средняя связь концентраций отмечается для многих пар макроэлементов. Определена обратная связь валового содержания между SiO_2 и всеми оксидами. Концентрация Al_2O_3 коррелирует с MnO и Fe_2O_3; а также Fe_2O_3-MnO, Fe_2O_3-TiO_2, Fe_2O_3-MgO. Причем, содержание K_2O связано с содержанием этих же оксидов.

В каждом поясе выделяются пары элементов, формирующие геохимическую обстановку в ландшафте. Интересным является факт проявления взаимосвязи между оксидами P_2O_5, SO_3, Cl, которые сохраняют тесноту связи их концентраций в почвах независимо от условий и высоты местности. Таким образом, в условиях гольцово-подгольцового пояса более активны элементы, входящие в состав силикатов и алюмосиликатов. В почвах горно-лесного пояса в большей степени проявляются щелочные и щелочноземельные металлы, входящие в состав калиево-натриевых шпатов, а также биофилы P_2O_5, SO_3, Cl.

Кластерный анализ методом Варда (по коэффициенту Пирсона) демонстрирует различные объединения химических элементов в зависимости от приуроченности почв к высотно-растительному поясу и генетического горизонта (приложение 11, рисунок 1). Так, в гумусовом горизонте почв гольцово-подгольцового пояса обозначились кластеры с наиболее тесными связями по 2-3 элемента. Например, *MnO-Fe_2O_3-K_2O; TiO_2-P_2O_5; Cr_2O_3-Al_2O_3; CaO-MgO*. Отдельный кластер образуют *SiO_2-Na_2O* и *Cl-SO_3*. В гумусовом горизонте почв горной тайги обозначаются 3 кластера с теснотой связи менее 1. Один из кластеров, объединил биогенные элементы (*Cl, S, P*), имеющие высокую степень близости. В один кластер попали CaO-MgO и TiO_2 (с валентностью 2+ и 4+), в другой – элементы с валентностью 3+ и 1+. Обособленно отдаленными оказались *Na_2O* и в некоторой степени кластер *MnO-Fe_2O_3*.

Рассматривая элементный состав почво-элювия, обозначаются иные геохимические ассоциации элементов как в горно-лесном, так и в гольцово-подгольцовом поясе. Так, в почвах, формирующихся на элювии пород в суровых условиях, обозначаются 3 кластера по тесноте связи менее 0,5: *Fe-K-Mn-Al; Mg-Ca-Na; P-Cl-S-Ti*. Обособленным из всех элементов оказался *Si*. В почвах горной тайги под елово-пихтовой крупнопапоротниковой растительностью формирование геохимической ситуации происходит под действием интенсивной латеральной миграции веществ, выветривание пород происходит под действием другой растительности, иного микроклимата, что, по-видимому, приводит к формированию тесных группировок *P-Ti-K-Na; Fe-Mg-Ca*. Кроме этого, выделяются два обособленных кластера: *S-Si* и *Mn-Al,* которые, менее всего, участвуют в формировании почво-элювия.

Особенности валового состава макроэлементов почв на Среднем Урале заключаются в следующем:

- высокое содержание *Ti, Si, S, P*, а также *Al* и *Fe* в пределах всего профиля почв, не имеющей техногенной природы;
- в зависимости от конкретных условий создается различная геохимическая обстановка: в суровых условиях гольцово-подгольцового пояса более активны элементы, входящие в состав силикатов и алюмосиликатов; в почвах горно-лесного пояса в большей степени проявляется роль щелочных и щелочноземельных металлов, входящих в состав калиево-натриевых шпатов, а также высока роль биофилов P_2O_5, SO_3, *Cl*;
- в химическом составе почв преобладают элементы, входящие в состав первичных минералов, что указывает на преобладание процессов выветривания в почвах и биологическое закрепление элементов, и особенно, на высоте более 700 м н.у.м.;
- различие геохимических ассоциаций элементов в разных высотных поясах может указывать на различную скорость и интенсивность воздействия факторов почвообразования и как следствие, проявление разных горизонто- и профилеобразующих почвообразовательных процессов и выветривания;

- различные объединения элементов по генетическим горизонтам в зависимости от приуроченности почв к высотно-растительному поясу.

Таким образом, перераспределение и смена соотношений элементов в почвах диагностируют физическое выветривание и почвообразовательные процессы, и соответственно изменение условий почвообразования.

6.3.2 Диагностика почв по групповому составу соединений железа

Железо относят к типоморфным химическим элементам в почвах гумидных ландшафтов [Водяницкий, 2010]. Многие исследователи [Mehra, Jackson, 1960; Зонн, 1966, 1976; Blume, Schwertmann, 1969; Маунг Вин Хтин, 1970; Михайлова, 1975; Зонн и др., 1976; Карманова, 1978; Кузьмин, Чернегова, 1978; Матинян и др., 1980; Зонн, 1982; Schwertmann, Fizpatrick, 1992; Недбаев, 1995; Schwertmann et al., 1995; Карпачевский, Шевченко, 1997; Bodegom et al., 2003; Tyler, 2004; Орлов, Садовникова, 2005; Двуреченский, 2010а,б; Двуреченский, 2011; Карпачевский, 2012; Ковалев, Ковалева, 2012; Тоцкая, Гончарова, 2012; Сымпилова, Гынинова, 2013], отмечали, что соотношение различных форм соединений железа по профилю, и даже в пределах одного горизонта, выполняет диагностическую роль для выявления ЭПП, которые могут проявляться накоплением или перераспределением соединений железа. Соединения этого элемента являются наиболее чувствительным индикатором изменения условий, отражающим изменения интенсивности процессов выветривания и почвообразования в целом [Богатырев, Ногина, 1962; Зонн и др., 1976; Зонн, Рукака, 1978; Водяницкий, Шишов, 2004; Васильев и др., 2014].

Соотношения форм соединений этого элемента во многом определяют физико-химические свойства почв, их сорбционные свойства, влияют на подвижность многих акцепторных элементов [Богатырев, 1947; Маунг Вин Хтин, 1970; Михайлова, 1975, 1976; Барри Абдулай, 1979; Дедков, Павлова, 1982; Зонн, 1982; Васильев, 1989; Водяницкий, 1992, 2002а, 2010; Ильина и др., 1993; Карпачевский, Шевченко, 1997; Мурашкина и др., 2004; Градусов, 2005; Белоусова, 2006; Владыченский и др., 2006; Ковалев, Сарычева, 2007; Айсина,

2008; Молчанов, 2010; Двуреченский, 2010, 2011; Дымов, Жангуров, 2011; Борисова, 2012; Ковалев, Ковалева, 2012; Карпачевский, 2012; Водяницкий, Шоба, 2013, 2014; Козлова, Халбаев, 2014].

Работ, посвященных изучению диагностики малоизученных горных почв Урала по групповому составу соединений железа очень мало, и в основном они приурочены к 60-70-м годам прошлого века.

Валовое содержание железа ($Fe_{вал}$) характеризует суммарное количество всех его форм (рисунок 6.1).

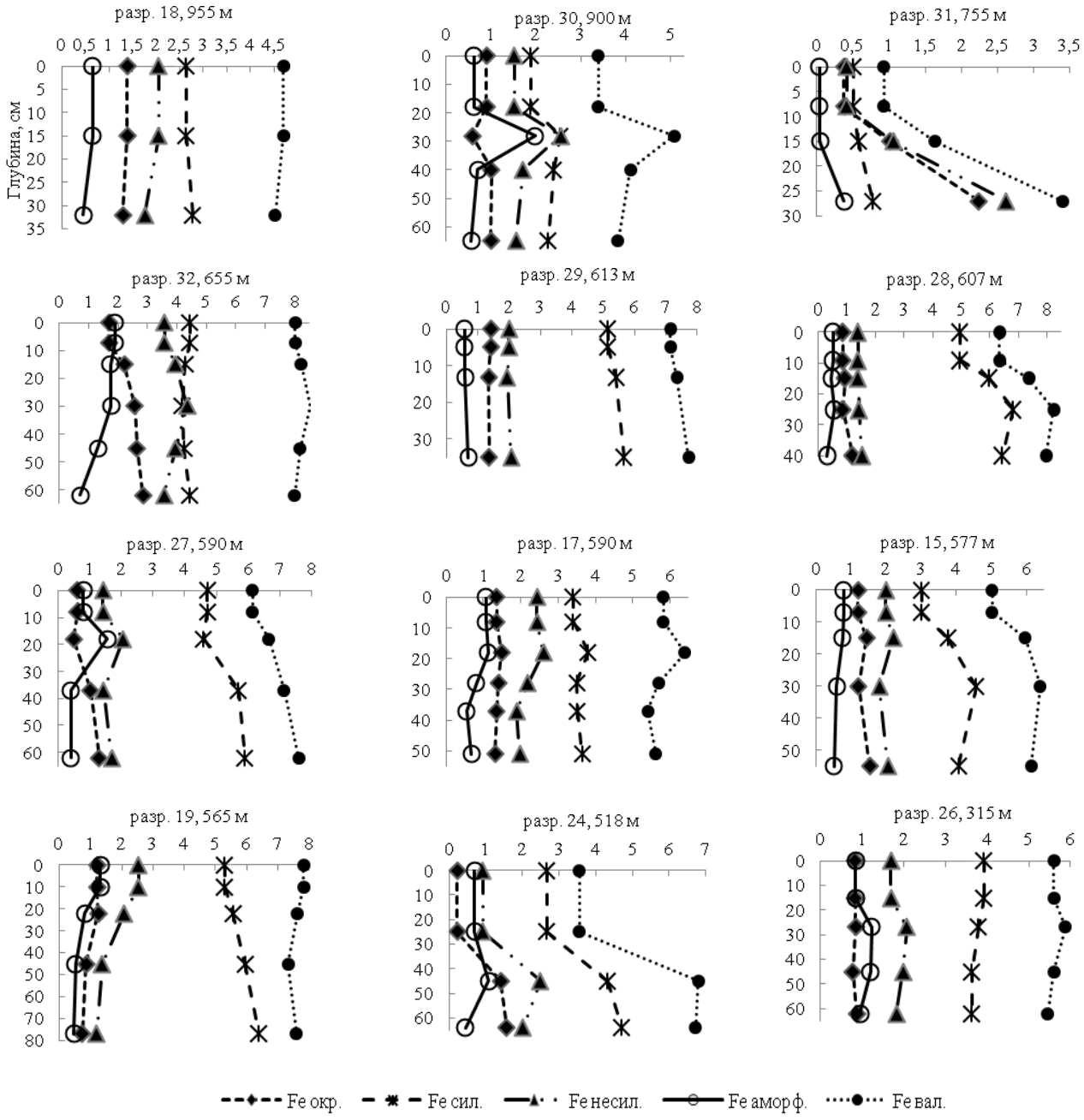


Рисунок 6.11 – Профильное распределение соединений железа в почвах

Среднее содержание $Fe_{вал}$ в почвах составляет 6 %, что является выше кларка почв и литосферы (по Виноградову) (см. п. 6.3.1). Кроме $Fe_{вал}$, традиционно условно выделяют две группы соединений железа: силикатное (Fe_c) и так называемое свободное (несиликатное, $Fe_{нс}$). Содержание Fe_c колеблется от 1 до 7 % от массы почвы, в среднем – 4 % и составляет больше половины от $Fe_{вал}$ – в среднем 65 %, в некоторых случаях достигая 85 % (рисунок 6.11), что позволяет отнести эти почвы к сиаллитной группе. Такое содержание указывает на значительное содержание его окристаллизованных оксидов. Содержание Fe_c преобладает над несиликатными формами в большинстве профилей, то есть развитие почв идет по типу буроземообразования и возможному проявлению процесса внутрипочвенного оглинения.

В буроземах и глееземах горно-лесного пояса (р. 15, 17, 19, 26, 27, 24), органо-аккумулятивных почвах подгольцового пояса (р. 28, 29) основная масса железа представлена его силикатными соединениями (58,2-84,2 % от валового). Преобладание Fe_c над $Fe_{нс}$ свидетельствует о преобладании физической дезинтеграции и, возможно, минералогической трансформации минеральной части почвы, при которой происходит менее интенсивное высвобождение железа из минералов. В почвах гольцового (р. 18, 30) и подгольцового пояса (р. 31, 32) содержание Fe_c меньше, чем в почвах горной тайги (22,7-61,0 % от валового). Итак, в почвах на высоте более 700 м н.у.м. преобладают процессы физико-химического выветривания. Профильные кривые распределения Fe_c имеют различный характер.

По содержанию $Fe_{нс}$ почвы по шкале [Водяницкий, 2002b] относятся к группе с умеренно низким содержанием $Fe_{нс}$: в среднем около 2 %, и только в р. 32 – 4,4 % в горизонте *AYf*. Накопление $Fe_{нс}$ в срединной части профиля (р. 30, 32, 27) в сравнении с выше- и нижележащими горизонтами указывает на полигенетичность почвы, где горизонты накопления являются маркирующими, т.е. некоторой границей, разделяющей верхние современные гумусовые горизонты и нижнюю часть профиля. Гумусово-кислотный гидролиз первичных минералов здесь проявляется слабо и железо, освобождающееся в

результате ферсиаллитизации, связывает кислое органическое вещество в устойчивые комплексы.

Доля $Fe_{нс}$ от $Fe_{вал}$ оценивает степень развития оксидогенеза в почвах. Относительное содержание $Fe_{нс}$ от $Fe_{вал}$ в среднем, составляет 35 %. По шкале [Водяницкий, 2002b] изучаемые почвы по доле $Fe_{нс}$ от $Fe_{вал}$ относятся к категориям от очень низкого (р. 27, 28) до умеренно низкого (р. 18, 32, 31, 30, 15, 17) и среднего содержания (р. 26, 24, 19, 29). Величина $Fe_{нс}$:$Fe_{вал}$ в почвах варьирует в пределах 0,17-0,45, что указывает на слабую степень проявления оксидогенеза. Только в почвах на верхней границе подгольцового (р. 30, 31) и нижней границе гольцового поясов (р. 32) величина $Fe_{нс}$:$Fe_{вал}$ близка к 0,5 и более, в нижней части профиля, что характерно для ферраллитного, ферритного, либо аллитного процессов. Таким образом, здесь оксидогенез проявляется больше, чем в почвах на высоте ниже 700 м н.у.м.

Окристаллизованные соединения $Fe_{окр}$ формируются при старении аморфных осадков. Среднее содержание $Fe_{окр}$ составляет 1 %, максимальное – 3 % по массе почвы. Распределение содержания $Fe_{окр}$ по профилю почв повторяет распределение $Fe_{нс}$, с некоторым накоплением в срединной части профиля, что указывает также на внутрипочвенное оглинение.

Аккумуляция $Fe_{ам}$ проявляется в органо-минеральных горизонтах буроземов, серогумусовых почвах, глееземах (р. 15, 17, 18, 19, 32; 28 и 24) и в срединной части профиля буроземов (р. 26, 27, 30). Слабая дифференциация по аморфным и окристаллизованным формам железа указывает на проявление лессиважа. Типы распределения указывают на различные окислительно-восстановительные условия, приводящих к усилению подвижности, а также о меньшей роли физического дробления пород в процессах первичного почвообразования. Вниз по профилю содержание $Fe_{ам}$ снижается, подвижность падает (кроме р. 29, 31). Максимальная подвижность $Fe_{ам}$ отмечается в горизонтах, имеющих временное переувлажнение и, как следствие этого, признаки оглеения.

В кислой среде подвижность элемента значительно усиливается. При изменении степени окисления элемента из-за переизбытка влаги и недостаточной аэрации, соединения железа приобретают наибольшую подвижность [Ковалев, Ковалева, 2012], что может приводить, при переменном водном режиме (влажность, сухость), к образованию кирас и конкреций, обесцвечиванию почвенной массы (что и наблюдаем в р. 31), к полному выносу соединений железа вертикальным и боковым стоком (р. 30). Наиболее благоприятные условия для аккумуляции $Fe_{ам}$ складываются в почвах субальпийского пояса, там его количество по всему профилю выше относительно других почв.

В качестве самостоятельного показателя степени выветрелости почвенной массы использовали отношение $Fe_c/Fe_{нс}$: чем уже отношение $Fe_c/Fe_{нс}$, тем выше степень выраженности процессов выветривания. В почвах подгольцового пояса (р. 27-29) на склоне южной экспозиции в большей степени проявляются процессы почвообразования, чем выветривания (рисунок 6.12). В буроземах на западном склоне г. Северный Басег почвообразование выражено сильнее, чем в почвах на восточном склоне. В почвах, формирующихся на высоте более 650 м н.у.м., активней проявляются процессы выветривания: подбур, подзол, бурозём.

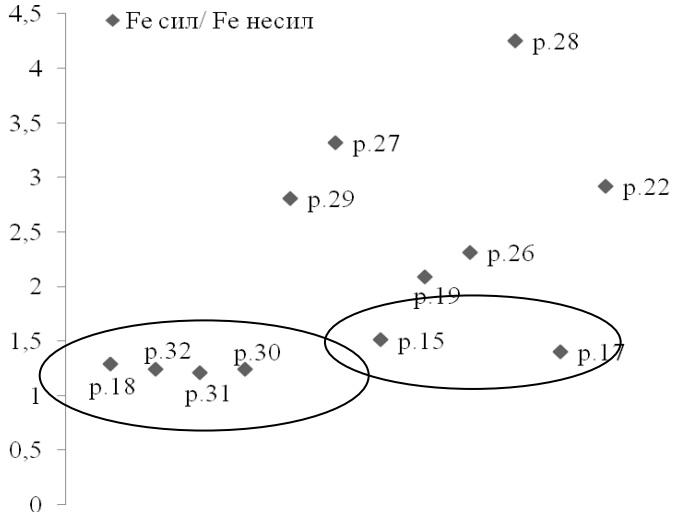


Рисунок 6.12 – Степень выветривания в горных почвах

Установлено [Schwertmann, 1988; Ковалев, Сарычева, 2007; Ковалев, Ковалева, 2012; Водяницкий, Шоба, 2014], что $К_{Ш}$ позволяет диагностировать степень избыточного гидроморфизма в почвах поверхностного типа увлажнения.

Горные территории отличаются промывным водным режимом. В исследуемых горных почвах хребта Басеги $К_{Ш}$ <1 (что также может указывать на аддитивность вытяжек). Кроме того, существует мнение, что очень низкие значения $К_{Ш}$ (0,00-0,06) характеризуют унаследованный глей [Водяницкий, Шоба, 2014]. Такие низкие значения встречаются в разрезе 31 в срединном горизонте (0,05), который имеет сероватую окраску без видимых признаков переувлажнения и соответствует подзолистому горизонту.

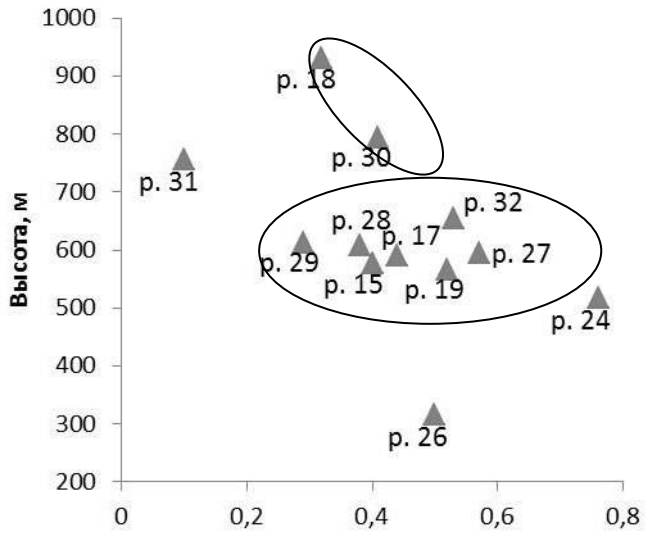


Рисунок 6.13 – Группировка почв в пространстве по критерию Швертманна в верхнем горизонте ($Fe_{ам}/Fe_{нс}$)

Для почв, формирующихся на высоте около 700 м н.у.м. и выше (р. 18, 30, 31, соответствует типам: дерново-подбур, бурозём, подзол), $К_{Ш}$ наиболее высокий, что указывает на сезонный гидроморфизм в суровых условиях горных ландшафтов (рисунок 6.13). Коэффициент диагностирует молодость отложений в буроземах и серогумусовых почвах в подгольцовом поясе на границе луговые поляны-парковое редколесье, формирующихся на высоте менее 700 м. Среди этой группы почв выделяются бурозем глееватый (р. 27) и ожелезненный (р. 32), имеющие более высокий *Киш*. В меньшей степени испытывают гидроморфизм почвы (р. 28, 29, 15), где сильнее всего, видимо, выражен внутрипочвенный боковой сток. Наибольший коэффициент отмечается в глееземе грубогумусированном (р. 24, высота менее 600 м), где в большей степени

выражен гидроморфизм за счет более мощной лесной подстилки в пихтово-еловых лесах горно-лесного пояса. Почвы меняются в пространстве вместе с условиями среды, отражая пространственную структуру ландшафта.

Групповой состав соединений железа в горных почвах диагностирует преобладание и нарастание с глубиной окристаллизованных форм железа и уменьшением аморфных его форм (буроземообразование); биологическое закрепление Fe, оксидогенез; оглеение, альфегумусовое иллювиирование; редокс-альфегумусовую дифференциацию. Уменьшение силикатности и увеличение количества свободных форм соединений железа происходит с повышением абсолютной высоты местности и сменой растительности.

6.3.3 Энтропия – как характеристика информационного разнообразия валового состава горных почв

Характеристикой разнообразия является энтропия S, которая служит мерой информации объекта в количественном отношении. Известная формула К. Шеннона [Shannon, 1948], в которой энтропия выражена через сумму ряда вероятностей, помноженной на их логарифмы, позволяет вычислить количество информации. Положительными сторонами формулы Шеннона является ее отвлеченность от индивидуальных свойств системы, но учитывает различность, разновероятность состояний, то есть формула имеет статистический характер, делающий ее удобной для практических вычислений. Шеннон расширил понятие энтропии, доказав что она может характеризовать степень дифференциации компонентов любой системы, в том числе информационной. Главный смысл процесса самоорганизации: создание определенных структур из хаоса неупорядоченного состояния, чем меньше производство энтропии, тем более организованна система. Открытые системы будто бы структурируют энергию окружающей их среды, причем упорядоченная часть энергии остается внутри системы, а неупорядоченная энергия сбрасывается системой обратно в окружающую среду [Гленсдорф, Пригожин, 1973]. Энтропия близка к нулю при

максимально неравномерном распределении компонентов в системе (упорядоченная система) и максимальна при полностью равномерном их распределении в системе (неупорядоченная система) [Филлипов, Попович, 1980]. Категория энтропии привлекала внимание ученых, и развивалось ее применение в науках и в том числе и в почвоведении для характеристики меры неупорядоченности системы [Pelto, 1954; Шамбадаль, 1967; Пономарев, Микаилов, 1978, 1983; Linres, 1983; Водяницкий, 1986; Михеева, 2004, 2005, 2007; Singh, 2010, 2010b; Хэ и др., 2011; Самофалова и др., 2014а-в].

В отношении химического состава (ХС) почв энтропия (S) характеризует меру дифференциации химических элементов или оксидов. Рассчитаны минимально и максимально возможные величины энтропии для ХС различных типов почв, пород [Водяницкий, 1986]. Для среднего ХС литосферы с 8 оксидами S = 1,93, для среднего состава – S = 1,36, т.е. элементы в почвах более дифференцированы, чем в литосфере. Данные определены для почв равнинных территорий.

Энтропия состава для горных почв Среднего Урала не рассчитывалась. Максимальные значения энтропии ХС отмечаются в верхних горизонтах и по всему профилю в почвах под субальпийскими лугами (S = 1,66-1,73; р. 29, 28), что является выше среднего для почв (1,36-1,40). Это указывает на слабую дифференциацию ХС в почвах под луговым разнотравьем и возможное преобладание процессов почвообразования над выветриванием (рисунок 6.14). Степень варьирования признака по профилю почв является незначительной (V = 1,0-1,9 %). В буроземах, значения энтропии несколько ниже, что вероятно, как раз связано с большей дифференциацией оксидов под елово-пихтовыми крупнотравными лесами (р. 15, 17, 19, 26, 27). Причем, на склоне западной экспозиции энтропия в почвах выше (1,54-1,65), чем в буроземах на склоне восточной экспозиции (1,32-1,47). Установлена большая дифференциация ХС почв на восточных склонах.

В почвах, развивающихся в суровых условиях (600-955 м н.у.м.), S меньше. Так, в дерново-подбуре (р. 18, 930 м н.у.м.) S = 1,36-1,37, варьирование

показателя по профилю незначительно. В подзоле (р. 31, 743 м н.у.м.) значения S < 1,0 и только в почво-элювии составляет 1,09. В профиле максимально выражена дифференциация ХС и соотношения элементов являются контрастными. Коэффициент варьирования признака по профилю только в этих почвах максимальный и соответствует 14,1 %.

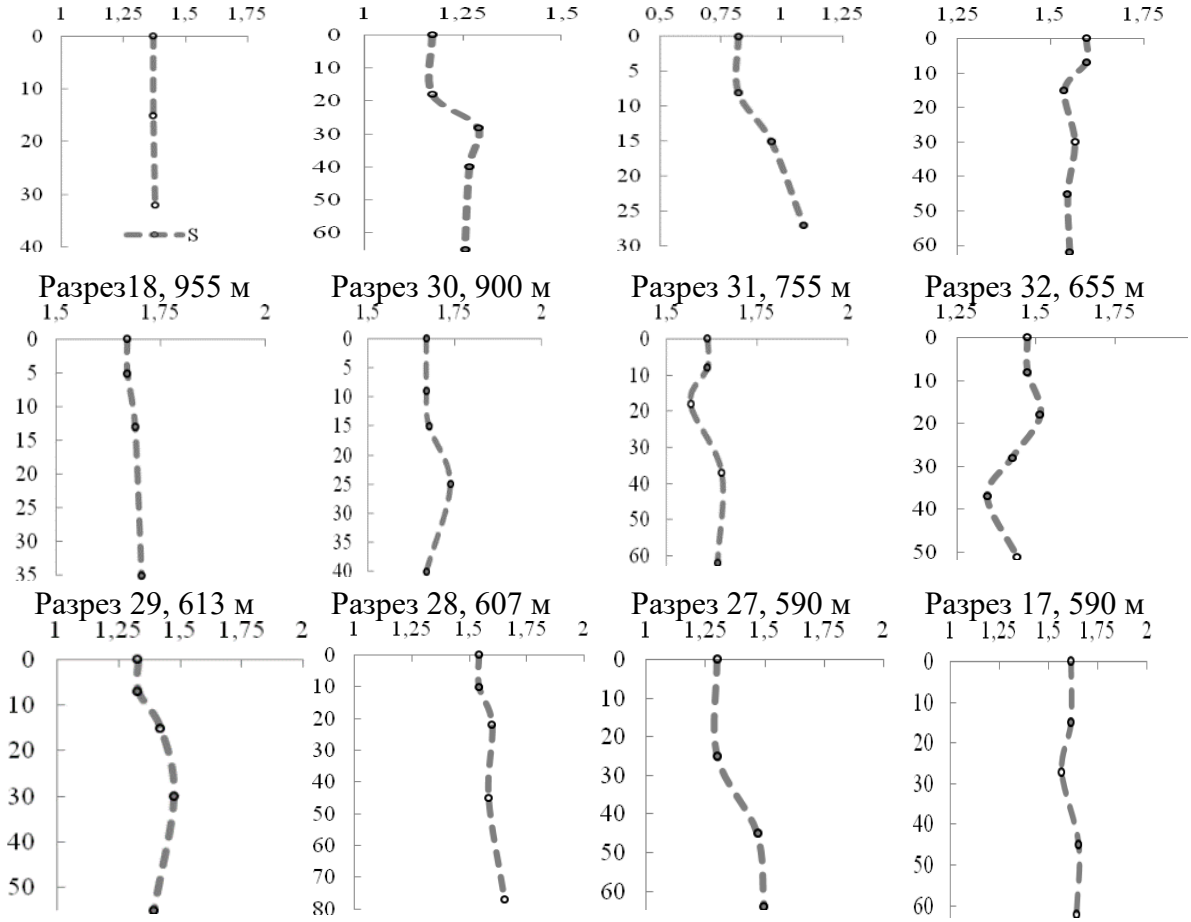


Рисунок 6.14 – Профильное распределение энтропии в почвах

Энтропия характеризует педогенез [Водяницкий, 1986] и ее используют для диагностики почвообразовательных процессов по ее изменению по профилю почвы. Так, в горизонтах с признаками оглеения, отмечается возрастание S (глеезем, р. 24). В горизонтах, где отмечается элювиирование, S падает, так как удаляются неустойчивые соединения, а накапливаются устойчивые. В иллювиальных горизонтах соотношения элементов выравниваются, что приводит к возрастанию S. Итак, встречается два типа

профиля: дифференциация оксидов в гумусированных горизонтах выражена сильнее, чем в породе; так называемый «аномальный профиль», с высокими значениями энтропии в верхних горизонтах.

Энтропия валового состава связана с физико-химическими свойствами и гранулометрическим составом почв (приложение 12). При повышении содержания крупной пыли и ила в мелкоземе, S также повышается, так как в илистой фракции (по данным [Водяницкий, 1986]) слабая дифференциация оксидов. Энтропия ХС очень слабо зависит от содержания гумуса в почве.

Изменение S по профилю почв оценивали по парным коэффициентам корреляции со всеми оксидами ХС по высотно-растительным поясам и по типам почв. В почвах горно-лесного пояса средняя связь установлена между энтропией и содержанием оксидов Fe_2O_3, TiO_2, CaO, MgO. С остальными оксидами связь менее 0,5, а с Al зависимость отсутствует. В подгольцовом и гольцовом поясах между энтропией и содержанием оксидов установлена высокая (более 0,7 с K_2O, Fe_2O_3, SiO_2, Al_2O_3, MnO, MgO, P_2O_5) и средняя зависимости (TiO_2, CaO). Таким образом, в других экологических условиях (на высоте 600-955 м), большее количество элементов участвует в дифференциации химического состава почв.

В целом, независимо от приуроченности к высотно-растительному поясу и от высоты местности, отмечается высокая зависимость энтропии от Fe_2O_3, K_2O, MgO и отрицательная с SiO_2. Вероятно, высвобождение и распределение этих оксидов является признаком буроземообразования, в результате которого происходит разрушение первичных минералов с образованием вторичных глинистых минералов.

Существенным признаком подзолообразования является высокая связь между энтропией и содержанием SiO_2, Al_2O_3, Fe_2O_3 [Водяницкий, 1986]. В исследуемых почвах тесная связь одновременно с тремя оксидами проявляется в почвах гольцово-подгольцового пояса, что указывает на возможность проявления подзолистого процесса.

Оценка степени дифференциации почв по ХС проведена по типам почв. В подбуре, сильная корреляция между S и содержанием всех оксидов. В подзоле степень дифференциации профиля по ХС более всего зависит от содержания Al_2O_3, K_2O, Fe_2O_3, TiO_2, MnO. В бурозёмах дифференциация профиля обусловлена распределением валового Fe_2O_3. В серо- и темногумусовых почвах S сильно связана с распределением Na_2O (0,85) и средне (> 0,5) с содержанием Al_2O_3, Fe_2O_3. В глееземах энтропия зависит от распределения оксидов: MgO, Al_2O_3, Fe_2O_3, TiO_2, K_2O, SiO_2, MnO.

Энтропия валового состава почв во всех высотно-растительных поясах зависит от содержания силикатных форм соединений Fe_2O_3, а с содержанием аморфных и окристаллизованных соединений Fe_2O_3 проявляется обратная связь. С увеличением доли не силикатных форм Fe_2O_3 от валового содержания S понижается, что указывает на снижение равновесия в системе и неравномерное распределение ее компонентов.

Рассматрена взаимосвязь S с формами соединений Fe_2O_3 по типам почв. В подзоле и глееземе с понижением содержания силикатных форм Fe_2O_3 энтропия повышается, что указывает на удаление системы от статического равновесного состояния и упорядоченность снижается. В бурозёмах S прямо коррелирует с Fe_c. В серогумусовых почвах S больше зависит от доли $Fe_{ам}$ в составе не силикатной части. С понижением доли $Fe_{ам}$ снижается S, что свидетельствует о приближении системы к статическому равновесию и ее большей организованности.

Энтропия ХС горных почв ниже энтропии литосферы, что указывает на проявление горизонтообразующих и профилеобразующих процессов почвообразования, которые нарушают установившееся равновесие компонентов в системе, приводящее к снижению или увеличению S этой системы. Более дифференцированы по ХС почвы гольцового пояса и подпояса криволесья. В бурозёмах паркового редколесья и горной тайги отмечается слабая дифференциация почв по ХС с повышением S в горизонте *BM*, что диагностирует буроземообразование при меньшей организованности системы в

этом горизонте. В серогумусовых почвах под субальпийскими лугами профиль более однороден по содержанию оксидов. Энтропия зависит от содержания Fe_2O_3, щелочных и щелочноземельных металлов, Ti, Mn.

Соотношение процессов выветривания и почвообразования в горных почвах приводит к формированию следующих типов профилей:

- метаморфический – первичное почвообразование, когда на фоне интенсивного глинообразования элювиально-иллювиальные процессы перераспределения веществ и частиц еще не проявляются или их проявлению препятствует постоянная денудация и перемещение почвенной массы;

- элювиально-метаморфический – формирование профиля за счет активного проявления вертикального и бокового выноса веществ и частиц в результате длительного почвообразования и менее интенсивного проявлении денудации, что сопровождается активно идущими процессами оглинения и высвобождении веществ при выветривании, признаки иллювиирования отсутствуют в результате бокового выноса веществ из профиля почвы;

- элювиально-иллювиально-метаморфический – формируется при длительном почвообразовании при сочетании оглинения с выносом вещества и дисперсных частиц из верхней части профиля и осаждением их в средней части, рельеф также благоприятствует осаждению частиц и веществ;

- аккумулятивный – формирование профиля происходит либо за счет эолового привноса мелкозема и профиль растет вверх, либо за счет накопления продуктов гумификации под луговым разнотравьем;

- полигенетичный – наложение разных типов почвообразования в связи со сменой экологических условий формирования почв.

6.3.4 Микроэлементный состав почв

При ландшафтно-геохимических исследованиях изучение микроэлементного состава почв и факторов его пространственной дифференциации является одной из основных задач. Высокая информативность ХС почв определяется тем, что он отражает, с одной стороны, характер

литологического строения территории, а с другой – особенности биологического круговорота веществ.

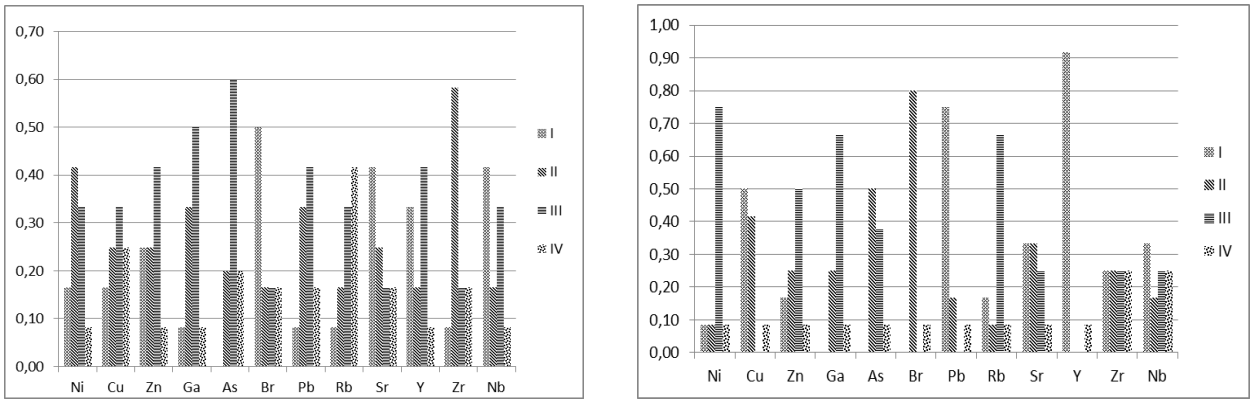
Валовое содержание микроэлементов

Проведено сравнение величин содержания микроэлементов с их почвенными Кларками (приложение 13, таблица 1, 2): элементы Ni, Cu, Pb, Sr – по Виноградову А.П. [1962], а кларки элементов As, Zn, Rb, Y, Ga – по Овчинникову Л.Н. [1990]. По содержанию микроэлементов по отношению к Кларку почв мира выделились 4 группы элементов. Содержание основной части элементов является ниже Кларка или равно околокларковому значению (таблица 6.14). Превышает Кларк только Zr. Причем, состав элементов по горизонтам почти не меняется для верхней и для нижней части профиля. Таким образом, превышение содержания некоторых элементов по отношению к Кларку не означает их техногенной природы накопления.

Таблица 6.14 – Группа элементов по отношению к кларку почв мира

Горизонт почв	<K	=K	>K	>>>K
Гумусовый	Ni, Cu, Zn, Rb, Sr, Ga, As	Ga, Pb, Y, Nb, Br, Ni	Br, Nb	Zr
Почво-элювий	Ni, Cu, Zn, Rb, Sr, As	Ni, Ga, Br, Pb, Y, Nb	Br, Pb, Nb, Y,Cu	Zr

Результаты по частоте встречаемости микроэлементов в каждой из выделенных групп представлены на рисунке 6.15.



Гумусовый горизонт Почво-элювий

Группы: I – значительно ниже кларка; II – околокларковое содержание; III – выше кларка; IV – в несколько раз выше кларка

Рисунок 6.15 – Частота встречаемости микроэлементов в почвах

Содержание микроэлементов варьирует в почвах достаточно широко (таблица 6.15). Максимальные значения содержания элементов превышают Кларк, и только по Sr, Zr нет превышения.

Таблица 6.15 – Статистическое распределение содержания элементов в почвах на горе Северный Басег

Показатель	Ni	Cu	Zn	Ga	Pb	Rb	Sr	Y	Zr	Nb
Кларк	*40*	*20*	*84*	*23*	*10*	*95*	*300*	*50*	*400*	-
Min	4	8	24	9	10	32	85	18	215	13
max	63	78	110	26	33	108	241	77	359	43
X	36	24	71	17	17	85	141	26	295	26
Rv	59	70	86	17	23	76	156	59	144	30
Sx	1,92	1,55	3,07	0,53	0,56	2,45	5,99	1,25	5,03	1,47
Me	36	23	71	18	17	88	130	25	301	21
S^2	166	109	423	13	14	271	1619	71	1141	98
S	13	10	21	4	4	16	40	8	33	10
V	36	44	29	20	22	19	29	32	11	38

Примечание: min – минимум, max – максимум X – выборочная средняя, Sx – ошибка выборочной средней, Mo – мода, Me – медиана, S^2 – дисперсия; S – стандартное отклонение; V - коэффициент варьирования; Rv – размах варьирования.

Содержание элементов в почве соответствует нормальному распределению. Для Cu, Pb, Rb, Y характерна хорошо выраженная правосторонняя асимметрия, так как коэффициенты асимметрии являются значимыми, асимметрия является сильной, так как более 1. Максимальная дисперсия отмечается для элементов Sr, Zr, Zn, Rb. Максимальное варьирование (дисперсия) микроэлементов в почвах гольцово-подгольцового пояса отмечается для Zr, Sr, Rb, Zn, Ni. Микроэлементы в почвах горно-лесного пояса отличаются высоким варьированием (Sr, Zr, Zn). Наименьшее варьирование отмечается для свинца и галлия.

По размаху изменчивости все элементы условно разделены на 3 группы: 1) изменчивость менее 45 мг/кг (Ga, Pb, Nb); 2) 46-90 мг/кг (Ni, Cu, Zn, Rb, Y); 3) более 90 мг/кг (Sr, Zr).

Установлена взаимосвязь между содержанием микроэлементов и свойствами почв. Выявлена средняя (r=0,40-0,55) связь содержания микроэлементов (Ni, Cu, Zn, Pb, Sr, Nb) и слабая (Ga, As, Br, Rb, Y, Zr) с реакцией почвенного раствора. Обнаружена отрицательная взаимосвязь между содержанием гумуса и микроэлементами Ni, Cu, Sr, Zr (приложение 13, таблица

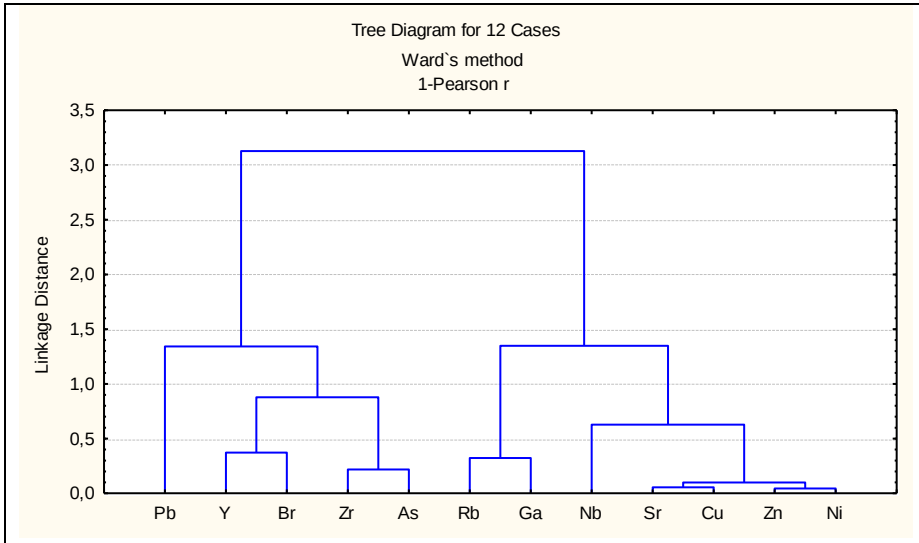
3). Высокая Нг не влияет на концентрацию микроэлементов, кроме Nb (r=-0,59) и Sr (r =-0,72). В гольцово-подгольцовом поясе усиливается влияние pH на концентрацию Ni, Cu, Zn, Rb и ослабевает для Pb, Sr, Y, Zr, Nb (приложение 13, таблица 4). В почвах горной тайги концентрация элементов в большей степени, чем в гольцово-подгольцовом поясе, зависит от физико-химических свойств почвы (pH, S, Нг) и содержания гумуса (приложение 13, таблица 5).

Проведен анализ взаимосвязи содержания микроэлементов в почвах методом парной корреляции (приложение 13, таблица 6). Выявлена средняя зависимость между концентрацией Ni и Zn (r= 0,69), Cu (r= 0,59), Sr (r= 0,54). Концентрация Cu зависит от концентрации Y (r=0,84). Содержание Zn связано прямой средней связью с наличием Rb, Nb и Ga (0,67-0,52-0,50 соответственно). Взаимосвязаны концентрации Ga и Rb (r=0,54), Br и Rb (r= 0,36), Sr и Nb (r= 0,67). Концентрация As имеет обратную среднюю связь с концентрацией Nb (r= -0,40), Zn (r= -0,47) и Ga (r= -0,37).

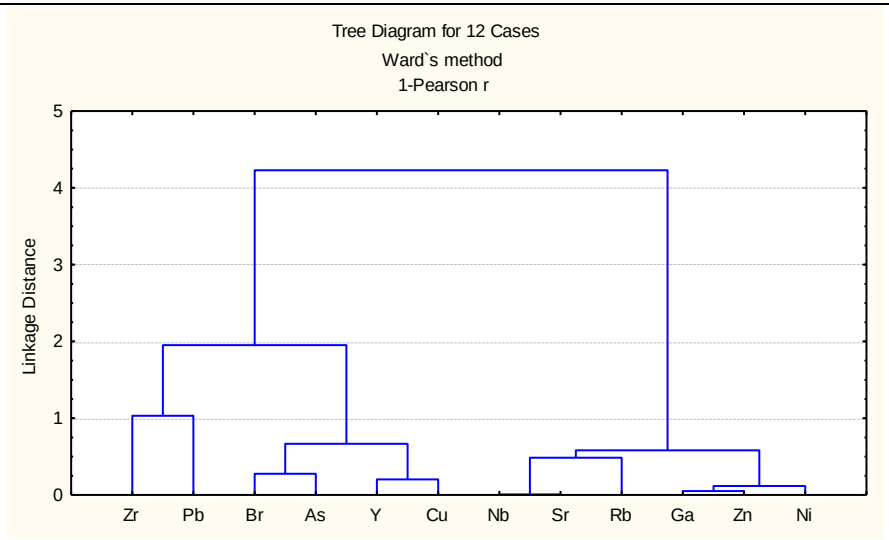
Для определения преобладающего влияния пар элементов в различных высотно-растительных поясах, были рассчитаны парные зависимости концентраций микроэлементов. В гольцово-подгольцовом поясе достоверная высокая связь обнаружена в парах Ni-Cu, Ni-Zn, Zn-Cu, Zn-Rb (приложение13 , таблица 7), проявляющиеся сильнее, чем в горной тайге (приложение 13, таблица 8). Возможно, связано с меньшей мощностью профилей почв и большим проявлением физического и морозного выветривания в суровых условиях на высоте более 600 м.н.у.м. Так, например взаимосвязь Zn-Ni-Cu, проявляющаяся в почвах в гольцово-подгольцовом поясе, отсутствует в почвах горной тайги, а взаимосвязь Ga-Zn, наоборот несколько усиливается.

Парные взаимосвязи концентраций микроэлементов выявили основные элементы, формирующие геохимические условия в высотных поясах.

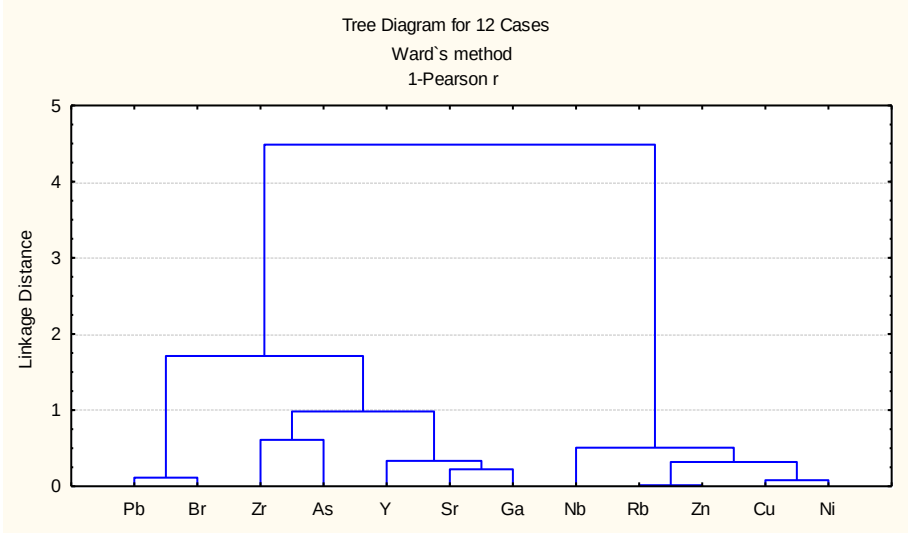
Кластерный анализ множественной взаимосвязи элементов подтвердил закономерности парной корреляции. В гумусовом горизонте почв гольцово-подгольцового пояса выделяются геохимические ассоциации Zn–Ni–Sr–Cu, Pb–As (рисунок 6.16а).



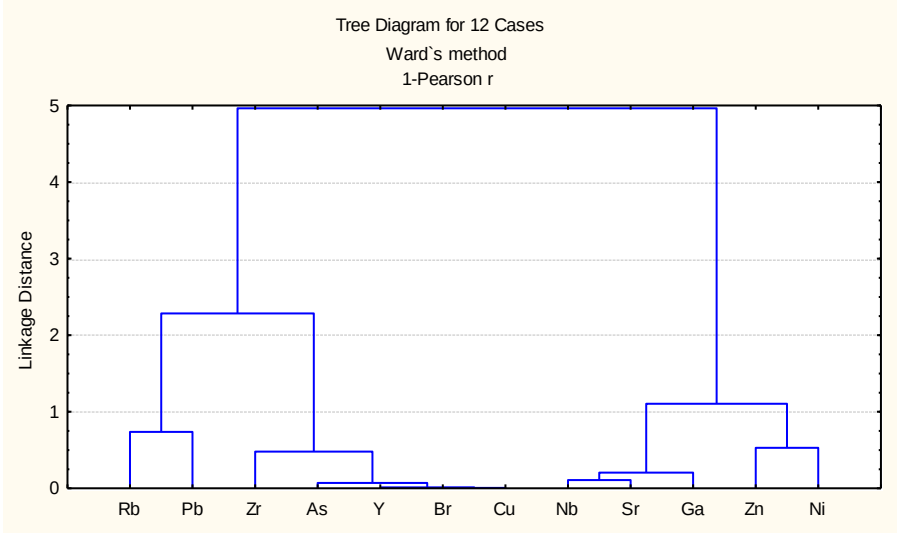
а) в гумусовом горизонте, гольцово - подгольцовом поясе



б) в гумусовом горизонте, горно-лесного пояса



в) в почвообразующей породе, гольцово - подгольцовом поясе



г) в почвообразующей породе, горно-лесного пояса

Рисунок 6.16 – Дендрограммы содержания микроэлементов в почвах

В гумусовом горизонте почв горной тайги выделены кластеры Nb–Sr, Ga–Zn–Ni, которые имеют между собой связь и образуют единый более крупный кластер. Отдельный кластер образовали Cu–Y–Br–As (риунок 6.16б). Разные ассоциации обнаружены в почво-элювии (рисунок 6.16 в,г).

Таким образом, литология, уровень высотного пояса и растительности комплексно влияют на геохимические связи и геохимические ассоциации элементов в почвах.

Геохимические ряды аккумуляции и рассеяния микроэлементов в почвах

По соотношению показателей аккумуляции и рассеяния составлены геохимические ряды микроэлементов по отношению к Кларку почв мира для гумусовых горизонтов и почво-элювия (в приложение 13, таблица 9, 10). В почвах гольцово-подгольцового пояса аккумулируется Br, Pb, Zn, Cu, Ni. В рассеянном состоянии обнаружены Sr, Y, Ga, Rb. Стронций является легковымываемым элементом в кислых почвах. Y, Ga, Rb жизненно необходимы и активно поглощаются голосеменными растениями, мхами, лишайниками, которые в большей степени развиваются в гольцово-подгольцовом поясе. Породы, на которых формируются почвы на высоте 600-940 м н.у.м. обогащены Br, Pb, Zn, Zr, Ga, Ni. В почвах горно-лесного пояса аккумулируются те же элементы, что и в гольцово-подгольцовом поясе: Pb, Zn, Cu, Ni, Br. В рассеянном состоянии находятся также Y, Sr, Ga. Породы обогащены Pb, Zn, Cu, Zr.

Региональный фон Пермского края по некоторым микроэлементам является повышенным [Копылов, 2011, 2012[. Согласно опубликованным данным, территория хребта входит в Усьвинскую литогеохимическую аномалию (площадная аномалия по Ga, Pb, Zn, Cr, Mn, Cd, Ti, Zr). Локальное распространение на территории аномалии имеют Cu, Ba, P, Ni, V, Sn.

Геохимические ряды микроэлементов составлены и по соотношению показателей аккумуляции и рассеивания к региональному кларку почв (приложение 13, таблица 11, 12). Относительно регионального фона, в почвах в первую очередь накапливаются Sr, As, Rb, Nb, Y, Ga, Ni, как в поверхностных

горизонтах, так и в почво-элювии во всех высотных поясах. В гольцово-подгольцовом поясе коэффициент накопления As, Nb, Sr, Ga несколько выше, чем в горно-лесном поясе. Заметно накопление Zn в гольцово-подгольцовом поясе. В рассеянном состоянии находятся Cu, Pb, Zr.

Таким образом, почвы хребта имеют повышенный естественный фон некоторых микроэлементов, которые при условии антропогенного воздействия могут стать загрязнителями окружающей среды.

Миграция микроэлементов в горных ландшафтах

Определен коэффициент радиальной дифференциации R относительно почвообразующей породы: $R = C_i/C_c$, где C_i и C_c – содержание элемента в i–горизонте и в породе.

Наибольшая убыль минеральных компонентов наблюдается в подзоле (р. 31, 743 м н.у.м.), где R варьирует в зависимости от элемента, от 0,3 (Ni)-0,4 (Ga) до 0,9 (Cu). Убыль остальных компонентов изменяется в этих же пределах. Мы наблюдаем, подвижность некоторых элементов, проявляющуюся в большей или меньшей степени, что, по-видимому, связано с очень сильнокислой реакцией среды.

Во всех буроземах горно-лесного пояса накапливается Pb, Rb. Кроме того, в буроземах на склонах южной (р. 27), западной (р. 19) и северной (р. 26) экспозиции отмечается накопление Ga и Zn. В буроземах восточной экспозиции заметно накопление As и Br (р. 15, 17). В глееземе (р. 24) отмечен слабый вынос по всем элементам кроме Ga, Pb, Rb, Zr, накапливающихся в глеевом горизонте. Меньшее содержание элементов в верхней части профиля связано с биологическим поглощением растений, а также, элементы, которые адсорбируются слабо подвижными органическими кислотами (фульвокислоты, т.к. pH очень сильнокислая), с внутрипочвенным и боковым стоком перемещаются в нижнюю часть профиля почв или могут накапливаться в почвах, расположенных ниже по высоте над уровнем моря.

Для выявления влияния экспозиции склона на геохимические особенности почв был рассчитан коэффициент латеральной миграции (L). Так,

по отношению к р. 18 (север) рассчитан коэффициент миграции по экспозициям: С, С-З, С-В; по отношению к р. 30 (южная экспозиция горы) коэффициент миграции рассчитан по экспозициям: Ю, Ю-З, Ю-В. Коэффициент латеральной миграции показывает, какие компоненты почвенной массы могут перемещаться в ландшафте (таблица 6.16).

Таблица 6.16 – Коэффициенты латеральной миграции на г. Северный Басег

№ разрезов	Микроэлементы											
	Ni	Cu	Zn	Ga	As	Br	Pb	Rb	Sr	Y	Zr	Nb
Север												
18-26 север	1,4	0,9	1,5	1,2	-	-	1,0	1,4	0,8	0,9	0,8	0,9
18-22 запад	1,7	1,3	1,7	1,1	-	0,6	0,9	1,2	1,1	1,4	0,9	1,8
18-17 восток	1,4	1,1	1,1	1,0	-	1,3	1,2	1,2	0,7	1,1	0,8	0,8
Юг												
30-27 юг	2,8	1,6	2,3	1,3	-	-	1,2	1,7	1,8	1,3	0,9	1,4
30-22 запад	3,1	2,5	2,6	1,1	0,8	-	0,9	1,4	1,6	1,9	1,1	1,4
30-17 восток	2,5	2,2	1,7	1,0	1,5	-	1,2	1,4	1,1	1,5	1,0	0,6

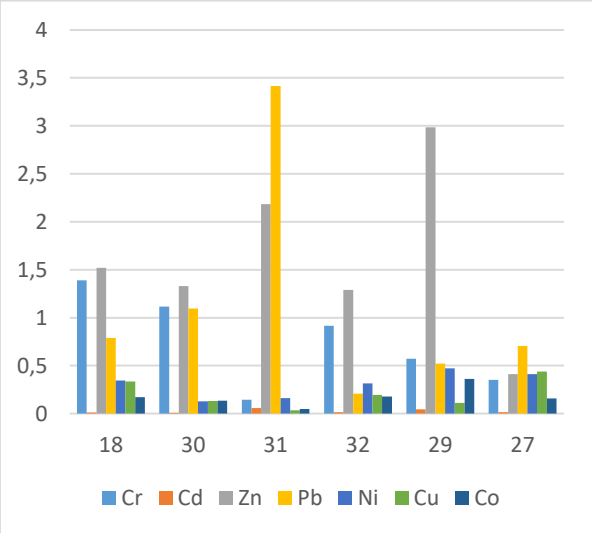
На холодных склонах северной и северо-восточной экспозиции мигрируют Sr, Zr и Nb. Рассматривая восточные склоны (С-В и Ю-В), выделяется миграция Nb, причем на южном направлении более, чем на северо-восточном. На склоне южной экспозиции отмечается небольшая миграция Zn (0,9), а остальные компоненты имеют тенденцию накапливаться. Возможно, это связано с тем, что именно на южном склоне чаще встречаются луговые субальпийские поляны с богатым высокорослым травостоем.

На склоне западной экспозиции, как в северном (по отношению к р. 18), так и в южном (по отношению к р. 30) направлениях, отмечается некоторая миграция Pb. Рассматривая С-З экспозицию склона, необходимо отметить усиленную миграцию Br (0,6), а на склоне Ю-З экспозиции As (0,8).

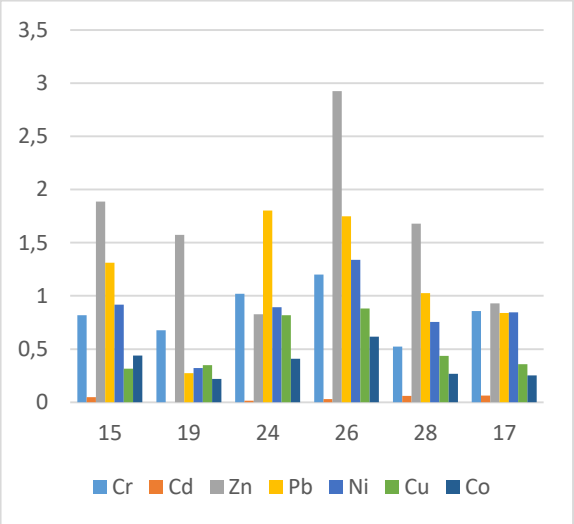
Обеднение почв микроэлементами связано с их выносом с инфильтрующимися водами через профили легкодренируемых кислых почв, с поглощением микроэлементов растениями. Содержание и распределение микроэлементов (редких, рассеянных) в почвах еще раз подтверждает сложное сочетание процессов выветривания и почвообразования.

6.3.5 Подвижные соединения тяжелых металлов в почвах

Аналитическое данные по подвижным элементам почв приведены в приложении 13 (таблица 13). По содержанию Zn, Pb профили почв соответствуют равномерно-аккумулятивному типу распределения, максимальное содержание зафиксировано в гумусовых горизонтах с постепенным снижением содержания вниз по профилю. По содержанию Cr и Co профили также слабо дифференцированы. Зафиксировано лишь незначительное увеличение количества Cr и Co вниз по профилю к почвообразующей породе, что объясняется их низкой миграционной способностью в кислой среде, которой характеризуются почвы. Незначительное превышение ориентировочно допустимой концентрации (ОДК) выявлено по содержанию элемента – Cd в гумусовых горизонтах в разрезах 31, 28, 15, 17 (рисунок 6.17).



а) Среднее содержание подвижных элементов в гольцово-подгольцовом поясе



б) Среднее содержание подвижных элементов в горно-лесном поясе

Рисунок 6.17 – Среднее содержание подвижных элементов почв

Содержание Pb в горизонте *ao* в подзоле грубогумусированном превышает предельно допустимую концентрацию (ПДК) в два раза. Содержание подвижного Ni в почвах уменьшается с возрастанием высоты местности, что обсловлено приуроченостью Ni к глинистой фракции (с высотой ГС облегчается). Значения Cu слишком малы по отношению установленных ориентировочно допустимых значений (4 мг/кг). Содержание подвижного Mn в

почвах колеблется от 0,8 до 78,5 мг/кг. Максимальное содержание Mn обнаружено в буроземе глинисто-иллювиированном 151 мг/кг (AY + AYi + BM +C). Помимо свойственных марганцу биохимических процессов образования хелатных комплексов с ОВ в верхних горизонтах [Варшал, 1979], это можно объяснить удаленностью объектов исследования друг от друга, разной экспозицией склонов, высокой степенью расчлененности рельефа.

Таким образом, элементный состав характеризуется как естественной, не загрязненной территории, поэтому территория хребта может служить эталоном при оценке загрязнения горных почв региона.

6.3.6 Особенности распределения тяжелых металлов в гранулометрических фракциях

Частицы почв различного размера значительно отличаются друг от друга по своим физико-химическим свойствам, определяющим особенности взаимодействия и закрепления на поверхности частиц ионов тяжелых металлов (ТМ). Считается, что основные свойства, определяющие поведение в почве ТМ, связаны с содержанием и составом ее наиболее тонкодисперсной части. В почвах, не подверженных техногенному воздействию, содержание ТМ зависит от минералогического состава отдельных фракций и степени их трансформации в процессе выветривания и почвообразования [Самонова, 2004]. В то же время, необходим контроль за содержанием и составом соединений ТМ во фракциях и более крупного размера, которые, перемещаясь в несвязанном состоянии под воздействием ветра, могут вызывать вторичное загрязнение территории [Виноградов, 1957; Кулижский, Родикова, 2009; Мартынов, 2015; Пляскина, Ладонин, 2016; Безуглова и др., 2019].

Высокие концентрации ТМ приурочены большей частью к тонкодисперсным фракциям размером 5-1 и менее 1 мкм (приложение 13, таблица 14). Илистая фракция обладает высокой сорбционной емкостью по отношению к Cu и Zn: в ней 1,5-2,5 раза больше накапливается элементов, в сравнении с другими фракциями (таблица 6.17). Такие элементы как, Ni, Ga, Pb, Rb

значительно сорбируются с мелкой пылью, и илом в сравнении с содержанием в грубодисперсной фракции. Превышение составляет в 2 и более раз.

Таблица 6.17 – Валовое содержание ТМ в органо-минеральных горизонтах почв

Фракции	Ni	Cu	Zn	Ga	As	Br
>5 мкм	24,82±3,41	21,17±2,18	56,08±7,44	14,7±089	5,57±0,43	6,00±2,00
5-1 мкм	55,92±8,08	34,25±2,66	133,00±10,15	35,50±2,60	7,50±1,08	12,50±3,18
<1 мкм	53,25±3,35	59,17±4,78	187,25±16,06	37,33±3,86	12,00±2,86	19,58±5,30
Фракции	Pb	Rb	Sr	Y	Zr	Nb
>5 мкм	18,00±1,58	69,83±5,00	48,67±18,01	28,25±0,99	354,92±13,07	29,58±3,67
5-1 мкм	41,00±11,31	163,67±7,15	144,08±18,14	29,17±2,47	246,83±25,08	33,08±3,59
<1 мкм	43,17±7,96	136,58±5,70	105,17±22,22	23,25±1,67	196,5±21,17	20,33±2,69

Метод квантилей позволяет оценить большое число данных и представить не только общую картину изменения распределения ТМ в гранулометрических фракциях (рисунок 6.18). Высокий размах изменчивости наблюдается Ga, Zn, Cu, As, Br во фракции <0,001 мм. Также, отмечается высокое варьирование содержания Ni, Y, Nb, Zr во фракции частиц размером 0,005-0,001 мм.

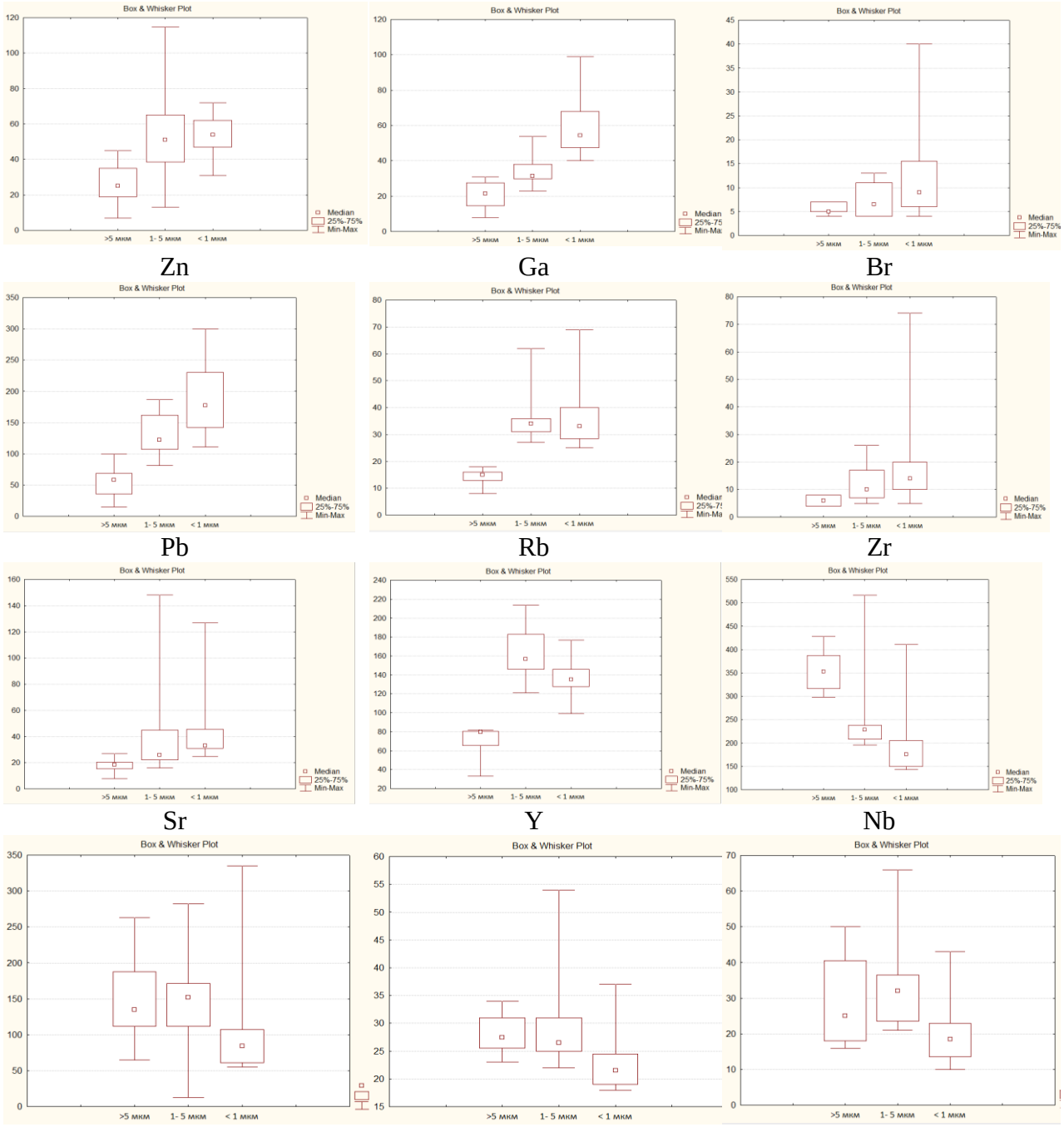
Содержание Rb в минимуме замечено в грубодисперсной фракции, размах изменчивости стабилен во всех фракциях. По содержанию Sr отмечается высокое варьирование. Таким образом, в горных почвах большее содержание и максимальное варьирование характерно для элементов, приуроченных к мелкопылеватой и тонкодисперной фракциям. Стабильным содержанием отличается содержание Rb. Минимальное варьирование и минимальные значения ТМ приурочено к грубодисперсной фракции. Накопление Cu, Zn, Br с максимальным содержанием отмечается в илистой, а Ga в илистой и мелкопылеватой фракциях, независимо от типовой принадлежности почв.

Почвы, формирующиеся в разных высотно-растительных условиях, различаются поглощением элементов. Например, серогумусовая почва (р. 28), формирующаяся под луговым разнотравьем, отличается высокой сорбционной способностью по отношению к Zn, причем, во всех фракциях.

Почвы с признаками оглеения – бурозем глееватый (р. 27) и глеезем (р. 24) – характеризуются минимальным закреплением Br во всех гранулометрических фракциях.

В накоплении элементов Cu и Br проявляется закономерность в их поглощении, связанная с высотными условиями. Так, поглощение меди в

почвах, формирующихся на высоте более 600 м, повышается в среднем в 1,4 раза (в среднем составляет 75 %), а в почвах паркового редколесья и горной тайги (<600 м), в среднем составляет 52 %. Похожая тенденция отмечается и для Br, но с резкой границей по накоплению на большей высоте – 690-700 м.



(Median – медиана, 25%-75% – процентиль, Min - Max – минимальное и максимальное значения)

Рисунок 6.18 – Статистическое распределение ТМ в гранулометрических фракциях горных почв органо-аккумулятивных горизонтов

Отмечаются закономерности по накоплению никеля. Во-первых, максимальное поглощение Ni отмечается под разнотравно-злаковыми лугами в серогумусовой почве (р. 28) и буроземе (р. 29). Во-вторых, существенно наименьшее накопление выявлено в криволесье в подзоле (р. 31). В-третьих, еще одной особенностью в поглощении Ni является некоторая избирательность почв: на высоте > 700 м Ni сорбируется илистой фракцией, а на высоте <700 м – мелкопылеватой фракцией (1-5 мкм).

Мышьяк в горных почвах закрепляется илистой фракцией. Причем, максимальная аккумуляция элемента отмечается в подзоле (р. 31). Закрепление Pb в почвах происходит в тонкодисперсных фракциях и в большей степени в почвах на высоте более 700 м н.у.м., с максимумом в подзоле, буроземе грубогумусированном и дерново-подбуре иллювиально-железистом. Формирование подзола сказывается на накоплении некоторых элементов в тонкодисперсных фракциях. Так, аккумуляция Rb, Sr, Y, Zr, Nb является максимально высокой в сравнении с другими типами почв, причем при минимальном содержании тонкодисперсных фракций в мелкоземе.

Почвы горных ландшафтов активно поглощают Zr, Zn, Pb, Sr фракциями >0,005, 0,005-0,001, <0,001 мм. Для почв на высоте более 700 м н.у.м. приоритетным является поглощение элементов илистой фракцией мелкозёма, несмотря на ее низкое содержание. Обнаружены элементы, поглощение которых изменяется с изменением высотных условий: Pb, Cu, Br, As, Ni. Установлены возможные элементы-маркеры диагностических горизонтов соответствующих конкретным типам почв: в дерново-подбурах – Rb, в подзолах – Rb, Sr, Y, Zr, Nb, в серогумусных – Zn, Ni, в бурозёмах – Ni, Rb, в глееземах – низкое накопление Br.

6.3.7 Геохимическая индикация выветривания и элементарных процессов в горных почвах

Геохимические коэффициенты, характеризующие особенности почвообразования, помогают изучить и понять геохимию валового состава

почв, дают дополнительную информацию о почвообразовательных процессах, позволяют диагностировать почвы в соответствии с современными подходами в классификации почв [Кулижский, Родикова, 2009; Nordt, Driese, 2010; Самофалова, 2014а].

Образование почв сопровождается основными типами реакций, которые очень редко достигают химического равновесия. Наиболее важной реакцией в почвах является гидролиз – растворение минералов с образованием глин и выносом щелочных и щелочно-земельных катионов в почвенный раствор. Информационным показателем хода этой реакции в почвах является молярное отношение оксида алюминия к сумме кальция, магния, натрия и калия [Алексеев, Алексеева, 2012; Спиридонова и др., 2016]. Конечными твердыми продуктами химического выветривания служат оксид SiO_2 и алюмосиликаты (глинистые минералы). Выветривание зависит от климата, это постоянно идущий монотонный процесс, скорость которого могут резко изменить катастрофические тектонические явления.

В почвенно-генетических исследованиях применяют литохимические индексы и геохимические индикаторы, рассчитанные по валовому содержанию макро- и микроэлементов [Калинин, 2009; Дружинина, 2012; Родионова, 2012; Рябогина и др., 2013; Калинин, 2014; Самофалова и др., 2014б; Лисецкий, Маринина, 2015; Масленникова, Дерягин, 2016; Калинин и др., 2016; Самофалова, 2020г-д; Bowen, 1979; Nesbitt, Young, 1982; Nesbitt, Young, 1989; Retallack, 2001; Determination of soil…, 2009; Samofalova, 2020]. Изучение геохимии почв с использованием геохимических параметров позволяет минимизировать влияние неоднородности и пестроты ПП, диагенетических изменений [Дьяконова, 2009; Калинин, 2014; Калинин и др., 2016; Tunçay, Dengiz, 2016; Senol et al., 2018]. С помощью методов геохимической индикации выветривания и элементарных процессов почвообразования определяют эволюционно-генетические особенности валового состава в почвах.

Геохимические индексы оценки степени выветрелости

Суммарное содержание Si и Al варьирует в почвах от 33 до 43 % (приложение 14, таблица 1, 2). Более 40 % кремнезема и глинозема содержится в горизонтах подзола (р. 31). Суммарное содержание Si и Al изменяется в почвах с высотой. Профили почв паркового редколесья и горной тайги более преобразованы в процессе развития в сравнении с породой (r = 0,41), чем почвы на большей высоте, где связь между верхним и нижним горизонтами профиля по содержанию Si+Al является более тесной (r = 0,78).

Отношение суммарного содержания кремнезема и глинозема к железу (Si+Al)/Fe изменяется в зависимости от условий формирования почв. Так, в почвах на высоте более 700 м н.у.м. отмечаются самые широкие отношения (более 21,0); в почвах на высоте 590-690 м отношения сужаются до 12,5-15,0; а в почвах паркового редколесья и горно-лесного пояса, формирующихся на 315-590 м, отношения становятся шире и составляют 16,2-19,5. Таким образом, самые узкие отношения характерные для почв, формирующихся под луговой высокотравной растительностью (р. 28, 29, 32), диагностируют максимальное проявление дерново-лугового процесса. Изменение отношения (Si+Al)/Fe в сторону уменьшения диагностирует налагающиеся процессы: оглеение, ожелезнение; в сторону повышения – элювиирование, оподзоливание. Максимально широкое отношение – в подзоле (р. 31).

Информационно-логический анализ изменения отношения (Si+Al)/Fe в диагностических горизонтах (AY, BM, E, G, BHF, C) позволил выявить их специфичные состояния. Так, для гумусовых горизонтов почв горной тайги и паркового леса, наиболее характерно значение отношения меньше 16 (самые узкие) единиц; горизонты BM и горизонт C (элювий пород) характеризуются отношением в пределах 16-20 единиц; а горизонты BHF – > 20 единиц. Глеевые горизонты имеют специфичное состояние отношения (Si+Al)/Fe < 16 единиц. Общая информативность взаимосвязи оценивается как высокая. Таким образом, соотношение породообразующих элементов в почвах можно использовать для диагностики направления и типа почвообразования.

Суммарное валовое содержание калия и щелочноземельных металлов Ca и Mg в почвах гольцово-подгольцового пояса показывает отсутствие потери оснований в дерново-подбуре (р. 18) на высоте 930 м и в почвах под луговой растительностью (р. 29, 28) на высоте 590-613 м н.у.м (прилож. 14, табл. 1). В буроземах и подзоле наблюдается отчетливо выраженный процесс дебазации. В буроземах и в глееземе (р. 24) паркового редколесья и в горно-лесном поясе заметна дифференциация профиля на две части по сумме K, Ca и Mg: гумусовые горизонты обеднены элементами, а структурно-метаморфические обогащены (прилож. 14, табл. 2). Возможно, на границе раздела, создается геохимический барьер по этим элементам.

Содержание CaO, MgO в валовом составе почв контролирует степень выветрелости почвообразующего материала. Молекулярное отношение оксидов диагностирует биологическое накопление CaO в верхней части профиля буроземов и серогумусной почвах. Отношения оксидов закономерно снижаются по профилю сверху вниз. Данная закономерность не проявляется в дерново-подбуре (р. 18, 930 м), подзоле (р. 31, 743 м) и глееземе (р. 24, 518 м). Наиболее узкое отношение и резко различающееся с выше- и нижележащим горизонтами, отмечается в подзолистом горизонте в подзоле (0,07%). Большее содержание MgO, возможно, объяснить тем, что он входит в состав образующихся вторичных глинистых минералов и поэтому его содержание выше даже в горизонтах высокой степени выветрелости.

Отношение CaO/MgO значительно меньше кларкового (1,84) в 3,6-16,7 раз и составляет 0,11-0,51. Это ещё раз доказывает, что почвы на Среднем Урале обеднены валовым кальцием.

Интенсивность выветривания почвенно-грунтового материала изменяется в диапазоне: от 0,91 до 3,10. Минимум развития процессов выветривания по отношению $Al_2O_3/(CaO+MgO+Na_2O+K_2O)$ фиксируется в органо-аккумулятивных почвах (1,08-1,30) под луговым разнотравьем, в буроземе элювиированном (1,09-1,47), буроземе глееватом ожелезненном (1,07-1,44) и подзоле (1,46-1,54). Максимальная интенсивность выветривания, причем по

всему профилю, отмечается в буроземах и дерново-подбуре, образующихся на высоте более 650 м н.у.м. (1,80-2,68). В буроземах паркового редколесья и горно-лесного пояса интенсивность выветривания несколько ниже и изменяется в диапазоне 1,65-2,27.

Учеными [Калинин, 2009; Алексеев, Алексеева, 2012; Рябогина и др., 2013; Калинин и др., 2016] установлено, что возрастание значений коэффициента выветривания свидетельствует об усилении континентальности климата, возрастании значений экстремальных температур. Это положение объясняет более высокую интенсивность выветривания в почвах на высоте более 650 м н.у.м. Более древние отложения характеризуются и более высокой степенью преобразованности под воздействием процессов выветривания и почвообразования [Калинин и др., 2016]. Резкая смена значений показателя в пределах профиля может диагностировать древние и молодые отложения.

Сравнивая отношение $Al_2O_3/(CaO+MgO+Na_2O+K_2O)$ в почвах на высоте более 650 и ниже 650 м н.у.м. можно сделать заключение о большей степени преобразованности минеральной части почв на более высоких позициях хребта. Наиболее дифференцированный профиль по отношению $Al_2O_3/(CaO+MgO+Na_2O+K_2O)$ отмечается в подзоле (р. 31), где на глубине 22-33 см коэффициент выветривания является максимальным – 3,10. Соответственно, можно предположить, что этот слой почво-элювия является более древним, чем вышележащие горизонты.

Почвы паркового редколесья и горно-лесного пояса, испытывающие одновременное развитие двух налагающихся и взаимообусловленных геосистем (вертикальной поясности и бассейнообразования), являются дифференцированными по интенсивности выветривания $Al_2O_3/(CaO+MgO+Na_2O+K_2O)$, то есть, химический состав горизонтов почв формировался в различных гидротермических условиях.

Геохимические коэффициенты почвообразования

Геохимические коэффициенты почвообразования позволяют оценить тренды распределения химических элементов в горных ландшафтах, установить генезис почв, обнаруживать изменения в свойствах почв.

Коэффициент накопления *R* макроэлементов максимален в почвах под субальпийскими лугами (р. 29, 28). В почвах, формирующихся выше 700 м н.у.м., *R* меньше в 2-4 раза (приложение 14, таблица 3). Здесь геохимическая дифференциация, вероятно, связана с полихронностью склонов хребта Басеги, обусловленной воздействием склоновых процессов, внутрипочвенным боковым стоком, криогенных явлений.

Модифицированный показатель соотношения кремнезема и полуторных оксидов характеризует внутрипочвенное выветривание (*Квв*). Коэффициент диагностирует максимальное внутрипочвенное выветривание в подзоле, дерново-подбуре и буроземе на высоте более 700 м н.у.м. В субальпийском поясе *Квв* является наименьшим (р. 28, 29, 32). Процессы внутрипочвенного выветривания в большей степени проявляются на склонах северной и северно-восточной экспозиции.

Рассчитанный коэффициент элювиирования (*К*э) показывает, что максимально этот процесс выражен в подзоле (р. 31). По значениям коэффициента в гумусовом горизонте, исследуемые почвы объединены в 3 группы: 1 группа, где *К*э меньше 12 (р. 27-29); 2 группа – *К*э изменяется в пределах 12-20 единиц (буроземы горно-лесного пояса); 3 группа, где *К*э больше 20 (в почвах, формирующихся на высоте более 700 м, р. 30, 31).

Коэффициент окисления (*Кок*) почвенного материала показывает, насколько интенсивно происходит окисление железа и марганца в профиле почв. Установлено максимальное окисление железа и марганца в подзоле (р. 31), так как *Кок* является минимальным и особенно в горизонте *E*. Это указывает на наличие окислительного барьера, который возможно создается за счет сезонного поверхностного переувлажнения и морозного выветривания. Невысокий *Кок* отмечается в горизонтах с признаками оглеения (р. 24, 27). В

буроземах горно-лесного пояса окисление железа и марганца происходит в меньшей степени. Так, показатель *Кок* в верхних горизонтах почв изменяется в пределах 0,30-0,43 единиц с незначительным варьированием по профилю. В почвах субальпийского пояса под высокотравной луговой растительностью отмечается наименьшее окисление почвенного материала в пределах всего профиля, что диагностирует развитие дерново-лугового процесса, максимально проявляющегося в данных почвах.

Показатели индексов *А* и *Б* являются характеристикой интенсивности выветривания почв. Ниболшие значения индекса *А* – в почвах на высоте 700-900 м с максимальной интенсивностью выветривания в подзоле (р. 31); наименьшие – в почвах на высоте ниже 700 м. Данный показатель демонстрирует, что по генетическим горизонтам почв интенсивность выветривания изменяется. Определены три типа профильного изменения индекса *А*: постепенно убывающее (р. 31, 28, 15, 24), постепенно нарастающее (р. 18, 29, 17, 19) и дифференцированное (р. 30, 32, 27, 26). Индекс *Б* варьирует незначительно в исследуемых почвах, но по профильному изменению можно выделить 4 типа характерных изменений показателя: равномерное (р. 18, 30, 32), убывающее постепенно (р. 31, 28, 29, 24), нарастающее постепенно (р. 27) и с минимумом в срединной части профиля (р. 26, 19, 15, 17). Степень интенсивности выветривания верхних горизонтов по индексам *А* и *Б* представлена на рисунке 6.19.

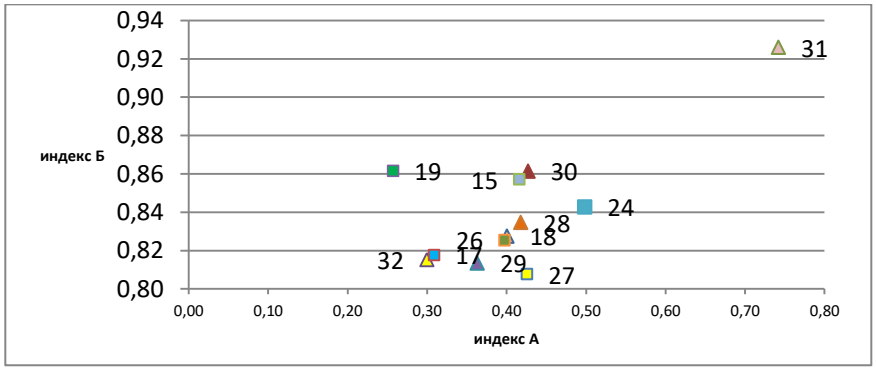


Рисунок 6.19 – Оценка интенсивности выветривания в почвах по индексам *А* и *Б*

Считается, что высокие значения индекса *А* указывают на большее переувлажнение почв [Kronberg, Nesbitt, 1981; Sandler, Teutsch, Avigab, 2012].

Максимальные значения индекса *А* выделяются в подзоле (р. 31) и глееземе (р. 24), но с резко различающимися значениями индекса *Б*. Данное обстоятельство указывает на различный эффект почвообразования в переувлажненных условиях гор, которые могут сопровождаться признаками оглеения (р. 24) или их отсутствием (р. 31). Процесс оглеения развивается в условиях чередования периодического переувлажнения с периодом аэрации, что обуславливает процессы окислительно-восстановительной дифференциации железа. Такой режим увлажнения формирует глеевые горизонты, окрашенные в холодные сизо-голубые тона (р. 24, глеезем). Процесс альфегумусового подзолообразования приводит к хемогенной элювиально-иллювиальной дифференциации профиля: под органогенным горизонтом формируется обесцвеченный белесый подзолистый горизонт, обедненный R_2O_3 и обогащенный SiO_2, по сравнению с залегающими под ним альфегумусовым горизонтом и породой (р. 31, подзол). Отличной интенсивностью выветривания характеризуется подзол. Этот факт подтверждает происхождение данной почвы при избыточном увлажнении, но без видимых признаков оглеения, что соответственно создает иные условия выветривания минеральной массы почвы.

Установлена взаимосвязь между геохимическими коэффициентами и энтропией. В почвах горно-лесного пояса S не зависит от *R* и *Квв*, слабо зависит от *Кэ* и *Кок* (приложение 14, таблица 4), что указывает на равномерное распределение компонентов системы. В почвах подгольцового и гольцового поясов S имеет сильную связь с *R* и *Кок*: r=0,772 и r=0,933 соответственно. Усиление внутрипочвенного выветривания и элювиирования минеральной части приводит к понижению S в системе, что указывает на усиление неравномерности распределения компонентов в системе. Взаимодействия процессов накопления, синтеза и разрушения определяют меру упорядоченности системы в этих почвах. В дерново-подбуре, подзоле, глееземе S сильно зависит от процессов накопления химических элементов, выветривания и окисления минеральной части почвы (приложение 14, таблица 5). В буроземах и серогумусовых почвах эта зависимость проявляется слабее.

Геохимические коэффициенты биологической активности почв

Коэффициенты, характеризующие биологическую активность и продуктивность почв, рассмотрены на примере соотношения MnO и Al_2O_3, MnO и Fe_2O_3 и др., которые выделяются своеобразными значениями.

Значение коэффициента MnO/Al_2O_3 варьирует в почвах от 0,001 до 0,01 (приложение 14, таблица 6, 7). Наименьшая биологическая активность выражена в почвах, формирующихся на высоте более 691 м н.у.м., где показатель изменяется от 0,001 в подзоле (без дифференциации по профилю) до 0,003 в дерново-подбуре и буроземе, профиль которых четко разделяется по данному показателю. В верхней части дерново-подбура и бурозема биологическая активность почв меньше, чем в нижней части профиля. Это указывает на полигенетичность и разновозрастность горизонтов почв. Минимальные значения MnO/Al_2O_3 в почвах криволесья и тундры могут свидетельствовать о преобладании минеральной составляющей в профиле почв, где происходит поступление материала за счет литологической природы. В буроземах на склонах (р. 19, 17, 15, 26) биологическая активность закономерно больше в гумусовых горизонтах почв и составляет в основном 0,007 и выше. В буроземе, формирующемя в седловине между Северным и Средним Басегами (р. 27) и глееземе на окраине болотного массива (р. 24) отношение MnO/Al_2O_3 изменяется дифференцированно по профилю, с максимальными значениями в нижней части профиля. Такое профильное распределение коэффициента диагностирует геохимические барьеры по аккумуляции биогенного марганца и погребенные горизонты в профиле почв.

Второй коэффициент биологической активности MnO/Fe_2O_3 подтверждает данные суждения. Значение марганцевого модуля Mn/Fe может служить индикатором климата для терригенных пород.

Соотношение $(CaO+MgO+10*P_2O_5)/SiO_2$ характеризует биологическую активность почв через отношение биофилов (зольных элементов) к более стабильному оксиду в профиле почвы. Максимально высокий коэффициент характерен для почв, формирующихся под высокотравной луговой

растительностью (р. 28, 29). В почвах под лесной растительностью (буроземы), независимо от приуроченности высоты, молекулярные соотношения оксидов имеют более узкие отношения (в 2-3 раза меньше, чем в серогумусовой почве). Самые низкие отношения коэффициента отмечаются в подзоле, изменяясь от 0,012 в грубогумусированной подстилке до 0,007 в почво-элювии. Таким образом, геохимическое соотношение может быть критерием, диагностирующим почвы на уровне типа.

Геохимические индексы

С помощью различных геохимических коэффициентов можно определять интенсивность процессов осадконакопления и почвообразования (выветривания, выщелачивания, засоления, биопродуктивности растений и т.д.) и для достижения этой цели использовали следующие геохимические индексы: (Rb+Zr)/Sr, Zr/Rb, Rb/Sr, Zr/TiO_2, Pb/Ti, Al/Zr (приложение 14, таблица 8, 9).

Соотношение (Zr+Rb)/Sr отражает баланс между силикатными и карбонатными компонентами. В не карбонатных почвах показатель, скорее всего, отображает изменения в составе тяжелых минералов (например, циркона) сланцев. Варьирование показателя в почвах в диапазоне 1,65-4,09. Минимальные значения приурочены к почвам лугов и редколесья: серогумусовой почве (р. 28), бурозему глееватому (р. 27) и бурозему элювиированному (р. 19).

Соотношение Zr/Rb показывает, что с увеличением высоты местности размерность фракций увеличивается. Максимум от 6,4 до 8,8 отмечен в подзоле (р. 31) на высоте 743 м.н.у.м, минимальные значения зафиксированы (2-3) в почвах ниже высотной отметки – 691 м.

Коэффициент Rb/Sr предложен как разница в устойчивости различных минералов к выветриванию, а именно слюд и калиевых полевых шпатов, с которыми в ассоциации находится Rb и карбонатов, с которыми ассоциирует Sr [Gallet, 1996]. Коэффициент Rb/Sr в почвах находится в интервале от 0,273 до 1,202. Максимальные значения отмечаются для поверхностных горизонтов

почв, за исключением серогумусовой почвы, где пик данного коэффициента отмечается на глубине 18-35 см (*AYm*).

Коэффициент однородности Zr/TiO_2 варьирует от 0,025 до 0,062. Минимальные значения в буроземе ожелезненном (613 м), максимальные на высоте 930 м н.у.м. в дерново-подбуре. В почвах в гольцово-подгольцовом поясе постепенное изменение Zr/TiO_2 по профилю с уменьшением к породе. В горно-лесном поясе отмечается профильное варьирование Zr/TiO_2, что характеризует наличие привноса вторичного материала.

Таким образом, интенсиность почвообразования выше в почвах, формирующихся ниже 691 м, а интенсивность процессов осадконакопления, наоборот, имеет обратную тенденцию.

Литогеохимические модули

Определен ряд литогеохимических индексов, используемых в литологии при изучении генезиса осадочных пород. Для установления степени выветривания используют геохимические модули и коэффициенты [Юдович, Кетрис, 2011].

В процессе выветривания происходит вынос SiO_2 и накопление Al_2O_3, поэтому величина модуля Al_2O_3/SiO_2 (АМ) по мере выветривания должна расти, и, следовательно, числовые значения модуля АМ могут служить мерой «химической зрелости» осадка. Величина АМ в песчаниках составляет 0,11-0,22; а в глинитых породах 0,22-0,35 [Дуб, Мизенс, 2017].

Диапазон данных АМ в почвах распределился от 0,083 до 0,263 (приложение 14, таблица 10, 11). Исходя из представленных данных подзол грубогумусированный и бурозем грубогумусированный более «зрелые» по сравнению с остальными исследуемыми почвами и ближе по своему составу к легким песчаным породам. Это подтверждено и исследованиями Лузяниной О.А [Лузянина, 2016]. Молодость отложений почв межгорной седловины (р. 27) обусловлена воздействием позднеголоценовых оледенений, в то время как почвы верхних частей склонов оказались незатронуты или подверглись незначительному воздействию процессов, вызванных малым ледниковым

периодом. В почвах, на высоте <700 м н.у.м. АМ составляет 0,208-0,263, что означает переработку пород и мелкозема в результате сильного и глубокого выветривания.

Щелочные элементы (Na и K) входят в состав различных минералов и могут диагностировать выветривание. Почвенная масса горных почв включает в большом количестве песчаные и пылеватые частицы, представленные преимущественно кварцем (SiO_2) и полевыми шпатами (носителями CaO и Na_2O). Носителем K_2O в илистой фракции почв являются минералы группы слюд и иллитов, поэтому, анализируя распределение K_2O в валовом ХС по профилю, можно судить о распределении по горизонтам этих минералов [Соколова и др., 2005]. Отношения Na_2O/K_2O диагностируют степень изменения минералогического состава по профилю почв, степень выветрелости и наличия минералов-носителей данных элементов. При более широких отношениях преобладают полевые шпаты, а при более узких – минералы слюд и иллитов.

Отношение Na_2O/K_2O (ЩМ) – важная характеристика, отличающая глинистые породы ($Na_2O<K_2O$) от обломочных ($Na_2O>K_2O$), за исключением некоторых калиевых аркозов и глинистых пород с преобладанием монтмориллонита [Юдович, Кетрис, 2000]. Значения ЩМ больше единицы характерны для граувакк, являющихся продуктами ледового литогенеза, при котором химическое выветривание субстрата минимально. Повышенное значение ЩМ создается примесью полевошпатовой (альбитовой) пирокластики. Таким образом, аномально высокое значение щелочного модуля ЩМ может служить средством диагностики ледниковых отложений.

В изучаемых почвах высокие значения ЩМ отмечаются в подзоле в верхней маломощной части профиля на глубине 6-22 см с максимальным значением в подзолистом горизонте (1,85), который можно считать результатом морозного выветривания. ЩМ > 1 обнаружен и в буроземе глееватом (р. 27) на глубине 26-57см (BMg). Эти разрезы расположены в переходных экотонах и геоморфологически в переходных зонах: подзол на границе поверхностей

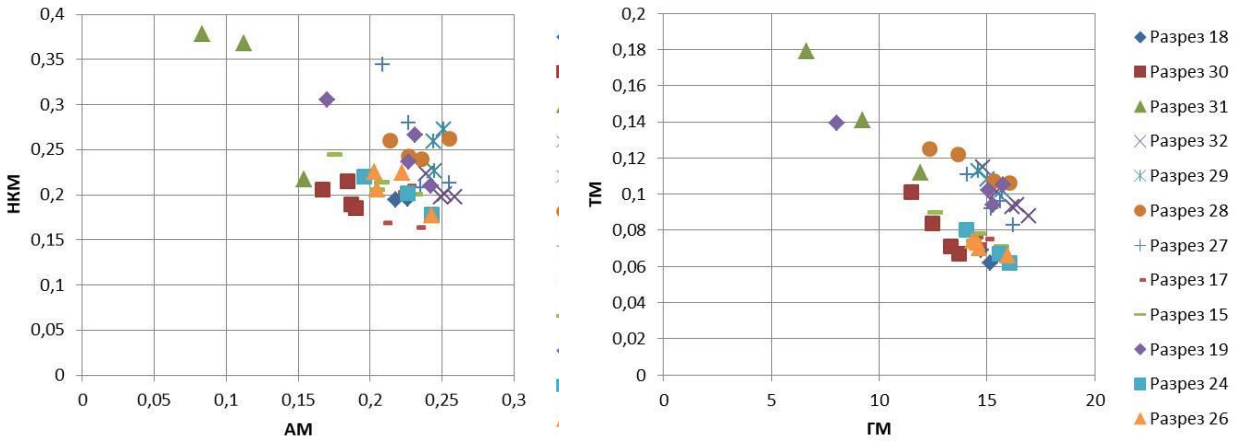
выравнивания; бурозем глееватый приурочен к межгорной седловине, где возможно формирование придолинных ледников.

По изменению Na_2O/K_2O выделяется 5 типов распределения по профилю, которые диагностируют ЭПП. Первый тип (равномерно-элювиальный) диагностирует ЭПП метаморфизма минерального вещества в дерново-подбуре (р. 18) и буроземе (р. 29) на южном склоне. Второй тип (равномерно-аккумулятивный) отмечается в почвах на высоте ниже 600 м. Профили отчетливо различаются по минералогии: в гумусовой части преобладают минералы слюд и иллитов, а в нижней, более глееватой, отмечается отношение в 2 раза выше, чем в гумусовой, что указывает на преобладание полевых шпатов в нижних горизонтах. Таким образом, этот тип распределения Na_2O/K_2O возможно использовать для индикации процесса оглеения и, соответственно, глееватости профиля. Третий тип (аккумулятивно-элювиально-иллювиальный) встречается в буроземах и диагностирует иллювиально-аккумулятивные процессы: ожелезнения в подгольцовом поясе (выше 590 м) и глинистого иллювиирования в почвах нижней части горно-лесного пояса (315 м н.у.м.); элювиальные процессы (выщелачивание, лессиваж, кислотный гидролиз глин) на высоте 565 м на западном более выположенном склоне хребта (р. 19). Эти почвы на глубине 20-30 см характеризуются более узкими отношениями Na_2O/K_2O, что указывает на процессы иллитизации и образования вторичных минералов in sity. Четвертый тип (элювиально-иллювиальный) отмечается в серогумусовой почве на высоте 609 м, где на глубине 18 см, резко повышается отношение Na_2O/K_2O с последующим понижением. Пятый тип (прогрессивно-аккумулятивный) – только в подзоле (р. 31), где верхние горизонты имеют максимально широкое отношение щелочных элементов (2,36-2,82), которое диагностирует разрушение слабоустойчивых минералов и накопление кислых первичных минералов (полевых шпатов), обогащенных натрием (альбит и олигоклаз).

НКМ содержит информацию о соотношении двух главных типов щелочных алюмосиликатов: полевых шпатов и слюд. Слюды являются более

глиноземистыми, чем полевые шпаты, в связи с чем, низкие значения НКМ свидетельствуют о преобладании слюд, а высокие – о преобладании полевых шпатов [Юдович, Кетрис, 2000]. Значение НКМ для мусковита равно 0.31. Если НКМ породы больше 0.31, то в ней присутствует калиевый полевой шпат (или какой-то иной высококалиевый минерал). Если НКМ меньше 0.31, то присутствие калишпата, хотя и возможно, но уже не обязательно.

В почвах хребта Басеги значения НКМ ниже 0,40 (рисунок 6.20А) и это указывает на то, что присутствие полевых шпатов в почвах незначительно, и они не являются породообразующими. «Чувствительность» геохимического модуля выше в кислых условиях. По модулю НКМ почвы можно отнести к гипощелочным (<0,20) и нормально-щелочным (0,20-0,40). В горизонтах почв, где отмечается узкое отношение (K+Na)/Al, морфологически выражены процессы элювиирования и ожелезненности (0,21-0,28). Максимальной степенью элювиирования отличается подзол (р. 31). Итак, НКМ диагностирует степень выщелоченности и элювиирования в профиле.



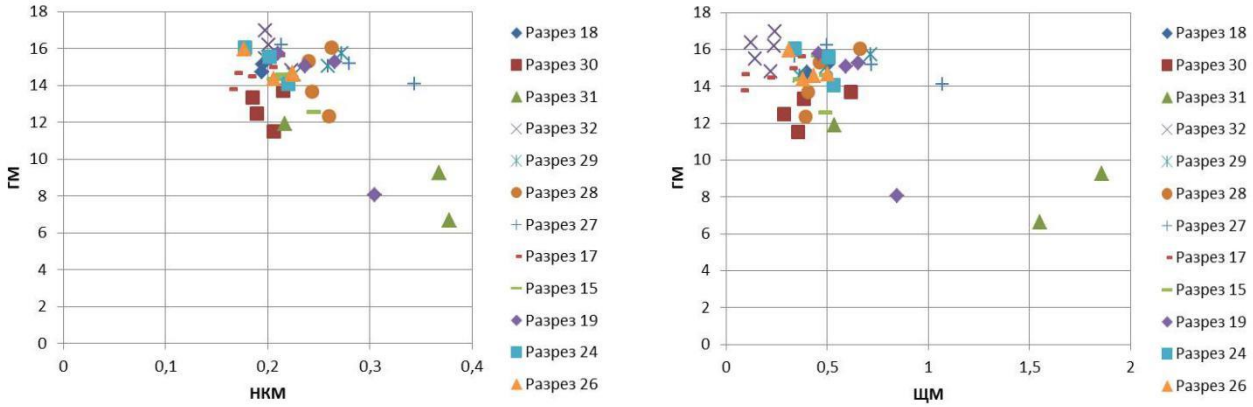
А) связь между НКМ и АМ Б) вязь между ТМ и ГМ

Рисунок 6.20 – Модульная диаграмма для горизонтов почв

При минимальном ГМ имеет более высокое значение ТМ (рисунок 6.20Б), что может служить признаком рециклизации. Подзол грубогумусировнный и горизонт AY бурозема элювиированного претерпевали вторичную переработку материала. Четкая отрицательная корреляция данных

модулей (-0,65) отражает процесс природного шлихования песчаного осадка – отмывку глинистой и относительное накопление тяжелой фракции.

Низкие значения НКМ и ЩМ, высокие значения ГМ (рисунок 6.21А) обусловлены преобладанием в исходных отложениях глинистых минералов, на общем фоне низкого содержания кварца и полевых шпатов.



А) связь между ГМ и НКМ Б) связь между ГМ и ЩМ

Рисунок 6.21 – Диаграмма геохимических модулей для горизонтов почв

Титановый модуль диагностирует идентичность почвообразующей породы [Бушунский, 1963; Калинин, 2009]. Коэффициент TiO_2/Al_2O_3 позволяет оценить однородность почвообразующих пород и определить наличие приноса вторичного материала [Алексеев, Алексеева, 2012; Калинин и др., 2016; Senol et al., 2018]. Резкое изменение показателя указывает на периоды возрастания эрозионной активности и привноса эрозионного материала.

Коэффициенты TiO_2/Al_2O_3 в почвах варьируют в широких пределах в верхних (0,086-0,229) и нижних (0,079-0,176) горизонтах. Почвы гольцово-подгольцового пояса имеют равномерно-аккумулятивный тип распределения TiO_2/Al_2O_3 и отношения в верхних горизонтах шире, чем в почво-элювии, что указывает на принос вторичного материала. Установлена прямая линейная зависимость между отношениями элементов в горизонтах в верхней и нижней частей профиля (r =0,82). Кроме того, установлена отрицательная связь между коэффициентом TiO_2/Al_2O_3 и высотой местности для верхних горизонтов (r = -0,48) и почво-элювия (r = -0,86). Таким образом, можно предположить неоднородность химического состава почво-элювия и его изменения, связанные

с высотой местности. В почвах паркового редколесья и горно-лесного пояса отношения TiO_2/Al_2O_3 в верхних горизонтах, напротив, несколько уже, чем в почво-элювии и более-менее близки (аккумулятивно-элювиально-иллювиальное распределение). Следует отметить, что на склонах западной (р. 19, 24, 26) и восточной (р. 15, 17), южной (р. 27) экспозиций хребта отношения различны, что вероятно, вызвано неоднородностью пород по химическому составу на разных склонах, что в свою очередь обусловлено развитием территории. Связь TiO_2/Al_2O_3 между верхними и нижними горизонтами профиля отсутствует, что указывает на литологическую неоднородность горизонтов профиля. В поясе паркового редколесья и в горно-лесном поясе связь между TiO_2/Al_2O_3 и высотой местности является положительной и средней как для верхних горизонтов, так и для почво-элювия (r = 0,45-0,46). Здесь отмечается литологическая неоднородность не только породы и почвы, но и неоднородность минерального материала горизонтов в профиле.

Эволюционно-генетическая особенность распределения титанового модуля подтверждает развитие почв в разных направлениях: вверх за счет аэрального приноса мелкозема, денудации на склоне; вниз за счет преобразования щебня и элювия пород в ходе выветривания и первичного почвообразования; совместное проявление и сочетание этих направлений в развитии профиля. Определен высотный рубеж, выше и ниже которого, причины неоднородности профиля различаются.

В литературе часто встречается широко используемый показатель интенсивности химического выветривания Несбитта-Янга:

$CIA = 100 \times Al_2O_3/(Al_2O_3+CaO+Na_2O+K_2O)$ [Nesbitt, Young, 1982].

CIA отражает влияние увлажненности территории на выветривание минеральной части почв [Алексеев, Алексеева, 2012; Рябогина и др., 2013; Водяницкий и др., 2015; Senol et al., 2018; Tunçay, Dengiz, 2016]. Считается, что CIA отражает соотношение первичных и вторичных минералов в валовом образце и называется коэффициентом химического выветривания, показателем динамики климата [Nesbitt, Young, 1982; Дьяконова 2009; Калинин, 2009;

Алексеев, Алексеева, 2012; Дружинина, 2012; Рябогина и др., 2013; Калинин и др., 2016].

В индексах CIA, PIA, CIW мобильными являются Ca, Na и K, а немобильным – Al. При химическом выветривании горные породы теряют мобильные элементы, и, чем выше степень выветривания, тем меньше в них остается мобильных элементов и выше значения индексов. Химическое выветривание проходит интенсивно при теплом и влажном климате [Nesbitt, Young, 1982; Harnois, 1988; Fedo and others, 1995; Минюк, Борходоев, 2013].

Высокие значения CIA указывают на высокую степень переработки отложений, и следовательно на увеличение расстояния от источника сноса. Для магматических пород, не подвергшихся действию выветривания, величина CIA не превышает 50 ед., для умеренно выветрелых пород – в пределах 60-80 (у глинистых сланцев 70-75 ед.), а у пород подвергшихся интенсивному химическому выветриванию, что в свою очередь указывает на активность почвообразования, коэффициент > 80 ед. [Mc-Lennan, 1993; Ткаченко, Максименко 2009]. Пороговым значением для отложений, формировавшихся в условиях холодного климата, является величина CIA=70 единиц. Выше этой величины климат считается гумидным, в интервале значений 60-70 единиц – переходным, менее 60 – относительно аридным.

Показатель CIA изменяется в почвах хребта Басеги от 70 до 95 единиц, что указывает на гумидные и увлажненные условия почвообразования, и что минеральная часть почв прошла существенную переработку. Близкие коэффициенты сообщают, что существенных флуктаций на территории не наблюдалось, климат на протяжении всего педогенеза сохранял влажную тенденцию, аридные фазы не зафиксированы. Эти данные в полной мере согласуются с литературными данными об истории климата на протяжении голоцена для низкогорья Среднего Урала. Более выветрелыми являются дерново-подбур и буроземы (р. 18, 30, 32, 15, 26) – 80-83 ед. Считется, что на сильно выветрелые поверхности, экспонируется эродирование палеопочвы со стирающей или наложенной записью информации, отражающие экзогенез

прошлых холодных, влажных периодов [Ковалева, 2012]. В транс-аккумулятивных ландшафтах межгорной седловины (590-613 м н.у.м.) педогенная масса р. 29, 28, 17 менее переработана – доля первичных минералов в почвах выше, так как CIA составил 70-75 ед.

Время формирования бурозема на высоте 794 м. н.у. м (р. 30) – субантлантическое время, 1440+-70 л.н. [Турков, 1981]. Миграция ландшафтов, нарастание гумидности климата, активизация промышленного водного режима усилила процессы выветривания в позднем голоцене, отразившиеся в увеличении CIA в почвах с 81 до 83. Индексы химического выветривания CIA для вторичных глинистых минералов и хлорита составляют 100 ед., а для элита и смектита 80-85. В изучаемых почвах хребта CIA порядка 70-80 ед. свидетельствует о развитом процессе оглинения. Значения индексов CIW и PIA аналогичны индексу CIA.

CIA в гумусовых горизонтах изменяется в зависимости от экспозиции склонов (сверху вниз) следующим образом: северный склон – от 89 до 85 ед., южный – 89-70-92-83-76-81 ед., восточный – от 94 до 83 ед., западный – от 77 до 84 единиц. Таким образом, условия выветривания и почвообразования различаются от экспозиции склона и высоты местности.

Следующая особенность: CIA различны в пределах профиля в буроземах. В срединной части профиля значения CIA выше (87-95), что свидетельствует о процессах оглинения. В некоторых почвах (р. 28, 27, 17) отмечается бимодальное распределение CIA, и можно диагностировать смену экологических условий почвообразования, связанных с гидротермическими факторами, что указывает на полигенетичность почв. Выстраивается ряд почв по усилению химического изменения и степени выветрелости: подзол < серогумусовая < бурозем глинисто-иллювиированный, бурозем элювиированный < глеезем грубогумусированный < бурозем глееватый < дерново-подбур < бурозем грубогумусированный < бурозем ожелезненный. Итак, в подзоле в большей степени проявляется физическое выветривание минеральной части почвы, чем химическое, а в буроземе ожелезненном, напротив, наблюдаем обратное.

Определена связь между PIA и высотными условиями (> 700 м, < 700 м) и специфичные состояния PIA. Установлено, что значения PIA < 80 ед. наиболее специфичны для почв на высоте более 700 м, а > 80 ед. – для почв, на высоте менее 700 м н.у.м. В первом случае для почв характерно низко умеренное химическое выветривание, во втором случае – интенсивное химическое выветривание. Это подтверждает и ИГ.

Установлена связь литохимических модулей с дисперсностью глинных компонентов (k) (приложение 14, таблица 12). Естественно, что содержание основных породообразующих элементов зависит от степени выветрелости пород и наличия глинистых минералов в почвах.

На основе геохимической индикации установлены эволюционно-генетические особенности горных почв на примере хребта Басеги.

1. Наиболее контрастными по распределению оксидов, являются почвы, формирующиеся в переходных экотонах: криволесье-разнотравный луг, криволесье-парковый лес, парковый лес-таежный лес.
2. В почвах в переходных экотонах и геоморфологически переходных зонах (границы поверхностей выравнивания, межгорная седловина) по литогеохимическим индексам установлено минимально проявляющееся химическое выветривание субстрата при максимальном его физическом (морозном) выветривании.
3. Более выветрелыми являются почвы на высоте более 700 м н.у.м. (криволесье, горная тундра).
4. Различная степень преобразованности минеральной части почв диагностирует разновозрастность профилей, диагностических горизонтов и генетических признаков в почвах.
5. Геохимический коэффициент CaO/MgO диагностирует почвы с ярко выраженным дерновым процессом, причем, равномерно-аккумулятивный тип распределения коэффициента является индикатором развития почв буроземного и органо-аккумулятивного типа.

6. ЩМ помогает ранжировать почвы по степени физического выветривания и выявить геохимические барьеры в профиле, их неоднородность по минералогическому составу, а равномерно-аккумулятивное распределение ЩМ в пределах профиля диагностирует процесс оглеения.
7. Узкие отношения (K+Na)/Al диагностируют процесс ожелезнения в профиле буроземов, а широкие отношения – процессы элювиальности.
8. Эволюционно-генетическая особенность распределения титанового модуля подтверждает развитие почв в разных направлениях.
9. CIA диагностирует степень химического выветривания минеральной массы в почвах: от умеренной (60-80 ед.) в переходных зонах экотонов (в подзоле, серогумусовой, буроземе глееватом) до активной (более 80 ед.) в подбурах тундры, буроземах подгольцового и горно-лесного пояса, глееземах.
10. В почвах горной тайги и паркового леса преобладают процессы почвообразования над выветриванием, а выше – в большей степени проявляются процессы выветривания. Резкие литогеохимические различия почв установлены на границе 700 м н.у.м.
11. Почвы на изучаемой территории испытывали смену экологических условий в процессе своего формирования.

6.3.8 Структурные связи свойств в почвах

Современный уровень развития почвоведения на фоне внедрения информационных технологий во все сферы науки приводит к пониманию необходимости математического количественного описания почв, их свойств, взаимосвязей с факторами почвообразования, оценки и прогноза изменений почв [Михеева, 2010; Самофалова, 2017б].

Разные металлы и металлоиды закрепляются в почвах на своих фазах-носителях [Liu et al., 2003; Водяницкий, 2008; Manceau et al., 2002; Myers, Thorbjornsen, 2004]. Особое значение имеют минеральные фазы – алюмосиликаты, гидроксиды Fe и оксиды Mn [Myers, Thorbjornsen, 2004].

Оксиды Mn выступают как фазы-носители Pb, Ba, Cd, Co [Manceau et al., 2000; Myers, Thorbjornsen, 2004; Водяницкий, 2008]. Гидроксиды и оксиды железа, служат фазами носителями As, Pb, Ni [Водяницкий, 2008].

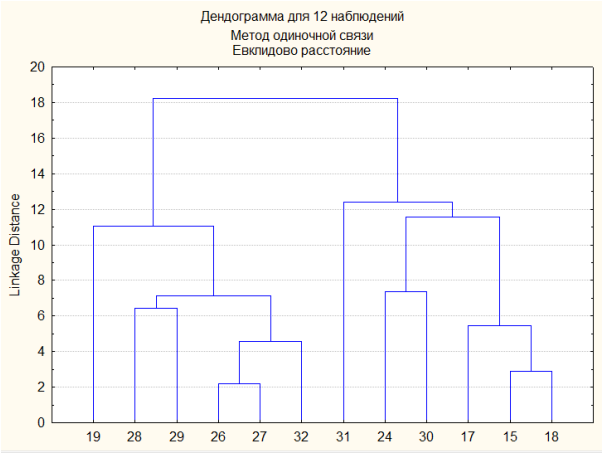
Выявлены закономерности взаимосвязи между минеральными фазами-фазами носителями (MnO, Al_2O_3, Fe_2O_3) и содержанием микроэлементов. Оксиды MnO, Al_2O_3 и Fe_2O_3 выступают фазами–носителями: Ni>Rb>Cr; Ni>Rb>Cu; Rb>Zn>Ni>Cu соответстенно (приложение 15, таблица 1). В почвах гольцово-подгольцового пояса (> 600 м) выделены сильные и очень сильные связи между оксидами носителями и микроэлементами: Rb, Ni, Cu, Zn, Nb, As, Ca. Степень закрепления по отношению к микроэлементам может различаться. Парная взаимосвязь в почвах горно-лесного пояса проявляется только в отношении Fe_2O_3, который является фазой носителем в первую очередь для Zn, Sr и Nb (r>0,7), затем закрепляются Pb, Ni, Cu.

Определены модели сильной взаимосвязи между некоторыми показателями горных почв в зависимости от почвенно-растительных высотных поясов (приложение 15, таблица 2).

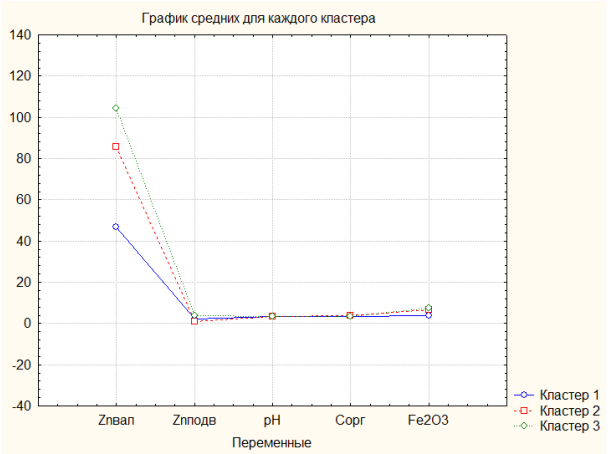
Для определения вклада свойств в организацию и дифференциацию почвеного покрова в пространстве проведен иерархический кластерный анализ методом одиночной связи с использованием Евклидового расстояния. Сложные взаимодействия в почвах обуславливают разнообразие почв. Для клстеризации выбраны свойства, имеющие между собой внутренние структурные связи: реакция среды в солевой вытяжке, содержание органического углерода, фаза-носитель во всех почвах – Fe_2O_3, микроэлементы на фазе-носителе Fe_2O_3, проявляющиеся во всех высотных условиях: Zn, Ni (валовое содержание и подвижная форма).

Кластеризация почв проведена по содержанию валового и подвижного Zn, pH_{kCl}, $C_{орг}$,%, валовому содержанию Fe_2O_3. Результаты анализа демонстрируют два больших кластера с различным уровнем сходства, причем, разрезы 19 (бурозем эллювиировнный) и 31 (подзол грубогумусированный) имеют минимальный уровень сходства по отношению к другим почвам

(рисунок 6.22А). С помощью метода К-средних построено 3 кластера, расположенных на возможно больших расстояниях друг от друга. Изменчивость внутри кластеров минимальна, изменчивость между кластерами – максимальна. Эта оценка произведена с помощью дисперсионного анализа (приложение 15, таблица 4).



А) Дендограмма для 12 наблюдений



Б) График средних для каждого кластера

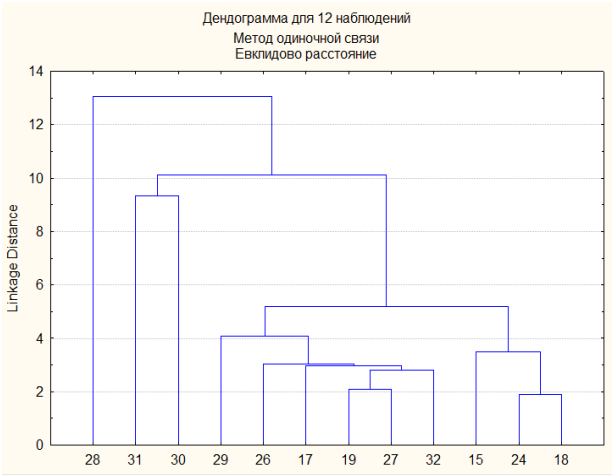
Рисунок 6.22 –Кластерный анализ
по содержанию $Zn_{вал}$, $Zn_{подв}$, pH_{kCl}, $C_{орг}$,%, Fe_2O_3 вал

Варьирование между выделенными кластерами по $Zn_{вал}$, Fe_2O_3 превышает внутриклассовое варьирование. Для показателей $pH_{kcl,}$ Сорг,%, $Zn_{подв}$ уровень значимости больше 0,05, различия не значимы. По F-статистике, видно, что показатель $Zn_{вал}$ хорошо разделяет объекты на кластеры (рисунок 6.22Б).

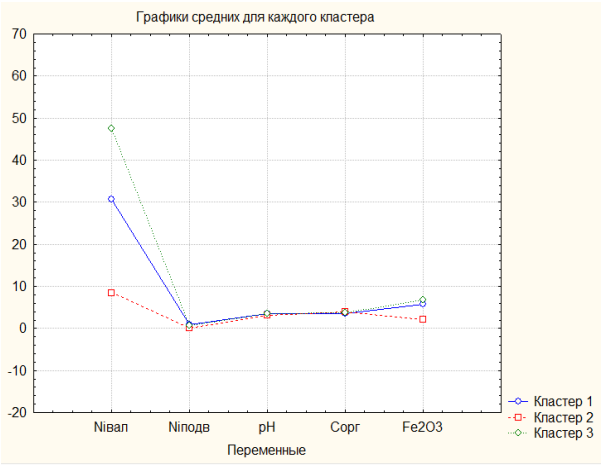
Замена Zn на содержание валового и подвижного Ni в сочетании с теми же показателями привела к иному разделению почв на кластеры (рисунок 6.23А). Наибольший кластер по уровню сходства образован буроземами (р. 19, 27, 32, 17, 26, 29, 315-700 м н.у.м.). Второй кластер объединил по близости сходства глеезем (р 24), дерново-подбур (р. 18) и бурозем глееватый (р. 15). Отдельный кластер образовали подзол (р. 31) и бурозём (р. 30) с грубогумусированными горизонтами. Серогумусовая почва (р. 28) отличается по свойствам от других почв, поэтому кластер по уровню сходства с почвами не выделился.

Дисперсионный анализ данных методом К-средних показал, что для Nivал, Fe_2O_3 уровень значимости меньше 0,05 и, следовательно, нулевая

гипотеза о равенстве средних по выделенным кластерам отвергается (приложение 15, таблица 5). Варьирование между выделенными кластерами превышает внутриклассовое варьирование. Для показателей pHkcl, Corг,%, Niподв уровень значимости больше 0,05, различия не значимы. По F-статистике видно, что показатели валового содержания Ni, Fe_2O_3 хорошо разделяют кластеры (рисунок 6.23Б).



А) Дендограмма для 12 наблюдений



Б) График средних для каждого кластера

Рисунок 6.23 – Кластерный анализ по содержанию $Ni_{вал}$, $Ni_{подв}$, pH_{kCl}, $C_{орг}$,%, Fe_2O_3

В результате проведенного анализа установлены следующие особенности:

- различия почв по реакции среды и содержанию органического углерода являются незначимыми;

- содержание Fe_2O_3, Ni, Zn делит почвы на пространственно-однородные группы по проявлению процессов выветривания и почвообразования;

- валовое содержание Ni достоверно разделяет исследуемые почвы по высотным поясам, что подтверждает выявленную и описанную ранее зависимость изменения содержания элемента в гранулометрических фракциях мелкозёма с изменением высоты местности;

- валовое содержание Zn разделяет весь массив почв на два больших кластера по условиям увлажнения и ожелезнения;

- подзол (р. 31, 743 м) является обособленным и не входит ни в один кластер.

6.4 Органическая часть почв

Процесс гумификации является глобальным процессом на планете [Saito et al., 2005; Behera, Shukla, 2015], который протекает и в самых экстремальных условиях. Важными факторами гумусообразования являются особенности растительного покрова и характер поступающих в почву растительных остатков [Владыченский, 1986]. Для формирования органопрофиля почв существенными являются запасы биомассы корней и распределение их в почвенном профиле [Каллас, Дергачева, 2011]. Характер этого распределения в горных почвах отличен от почв равнин. Для горных почв характерна малая мощность корнеобитаемого слоя. При этом подавляющая часть биомассы корней сосредоточена в самом верхнем слое почвенного профиля небольшой мощности [Владыченский, 1986]. Наличие в составе гумуса неполностью гумифицированных растительных остатков является отличительной чертой гумуса горных почв.

Формы органического углерода

Органическое вещество почв – это мощный резервуар органических веществ, поступающих в почву через биомассу растений [Ершов, 1994; Семенов и др., 2010; Цыбулько и др., 2010]. Водоэкстрагируемый органический углерод (Свэу) является наиболее подвижной формой почвенного ОВ и представляет широкий спектр органических соединений, образующихся в результате трансформации растительного опада под действием абиотических и биотических факторов окружающей среды. Водоэкстрагируемый органический углерод является субстратом для микрофлоры [Ведрова и др., 2002] и участвует в процессах почвообразования, переносе химических элементов [Добровольский и др., 1999; Kaizer, Zech, 2000; Токарева и др., 2011; Бойцова, Пухальский, 2013; Учаев, Некрасова, 2013].

Для прогнозных оценок поведения почв необходимо иметь сведения о доли подвижных форм гумуса, представляющих собой наименее устойчивую его часть.

Для характеристики качественного состава органического вещества (ОВ) почв были определены разные формы углерода, характеризующие водорастворимый углерод (*Свод*), водорастворимый микробного синтеза (*Скип*), легкоразлагаемый (*Слов*) и агрессивно-подвижный (C_{H2SO4}).

Формы органического углерода определены в почвах высотных ландшафтах: горная тундра – криволесье – луговое разнотравье – горная тайга. Почвенный покров горной тундры под мохово-лишайниковой растительностью представлен *дерново-подбуром грубогумусированным* (р. 18) и *литоземом грубогумусовым* (р. 107). Под травянисто-кустарничковой растительностью обнаружены *лито-подзол грубогумусированный* (р. 103) и *дерново-подзол грубогумусированный* (р. 102). В криволесье почвенный покров представлен *литоземом серогумусовым* (р. 113), под луговым разнотравьем диагностированы *бурозем ожелезненный* (р. 109) и *серогумусовая глинисто-иллювиированная* (р. 63). В горной тайге под мохово-травянистой растительностью сформированы *бурозем грубогумусированный ожелезненный* (р. 37), *бурозем ожелезненный* (р. 43), *бурозем грубогумусированный элювиированный глееватый* (р. 36) [Самофалова, Фомина, 2020].

Содержание общего углерода органического вещества (*Собщ*) в почвах является высоким. Значения варьируют от 1,1% в минеральных горизонтах почв до 35,6% в органогенных поверхностных горизонтах (приложение 16, таблица 1). В минеральных горизонтах это показатель составляет менее 10% с закономерным снижением вниз по профилю. Резкое снижение показателя в профиле дерново-подзола (р. 102) и лито-подзола (р. 103) диагностирует горизонт выноса и разрушения – подзолистый; а в бурозёме (р. 36) – диагностический признак элювиирования.

Содержание водорастворимого углерода (*Свод*) в почвах является максимальным в органогенных и органо-минеральных (гумусовых) горизонтах и варьирует в широких пределах (0,07-0,26 %) в зависимости от приуроченности к высотно-растительным условиям. Так, в почвах, формирующихся выше 500 м н.у.м. *Свод* изменяется от 0,07 до 0,13 %.

Исключение составляют почвы с хорошо выраженным дерновым процессом (р. 102 и 63), где показатель составляет 0,26 и 0,20 % соответственно. В почвах, формирующихся в горной тайге, *Свод* изменяется от 0,15 до 0,29 %. Таким образом, в условиях таежных лесов под мохово-травянистой растительностью формируется больше водорастворимого органического углерода. В исследуемых почвах показатель *Свод* резко снижается по профилю, что может диагностировать биохимические барьеры на границе между органогенными, органо-минеральными и минеральными горизонтами.

Водорастворимый углерод микробного синтеза (*Скип*) варьирует, как в зависимости от типовой принадлежности почв (0,15-1,64 %), так и в пределах профилей почв (0,02-1,64 %). Определены типы распределения показателя по профилю: равномерно-элювиальный (почвы горно-тундрового пояса – р. 18, 107, 103, кроме дерново-подзола (р. 102)), элювиально-иллювиальный (почвы подгольцового и горно-лесного пояса). В дерново-подзоле (р. 102), буроземах (р. 37 и р. 36) наблюдается накопление в срединных горизонтах.

Легкоразлагаемый углерод (*Слов*) распределен следующим образом: в почвах криволесья и горной тундры показатель изменяется в пределах 3,37-8,11 %, в почвах паркового леса и горной тайги варьирует от 1,26 до 2,83 %. Профили почв дифференцированы по данному показателю. Выявлены типы распределения по профилю: равномерно-элювиальный (р. 18, 107, 103, 109, 43), элювиально-иллювиальный (р. 102, 22, 63, 37, 36) .

Содержание агрессивно-подвижного углерода (C_{H2SO4}) варьирует в почвах в широких пределах 0,10-0,69 % и изменяется по профилю: как незначительно, так и резкое увеличение, так и/или снижение. Максимальное содержание C_{H2SO4} отмечается в почвах тундры (р. 18, 107).

Установлено максимальное варьирование изучаемых форм углерода в гумусовых горизонтах почв в зависимости от приуроченности к высотно-растительным условиям. Так, в горной тайге более всего варьирует содержание *Свод* (*H(A/bj)* = 2,0) и C_{H2SO4} (*H(A/bj)* = 1,50); в подгольцовом поясе под луговым разнотравьем и редколесьем более всего варьирует содержание *Собщ* (*H(A/bj*) =

1,92); в горной тундре значительно варьируют из всех форм углерод микробного синтеза *Скип* (*H(A/bj)* = 1,46) и легкоразлагаемый *Слов* (*H(A/bj*) = 1,92).

Определены формы углерода изменяющиеся в меньшей степени в пространстве высотных поясов: в горной тайге – углерод микробного синтеза (*Скип*) (*H(A/bj*) = 0,81) и *Слов* (*H(A/bj)* = 1,00); под луговым разнотравьем и редколесьем – C_{H2SO4} (*H(A/bj)* = 0,72) и *Свод* (*H(A/bj*) = 1,37); в горной тундре под мохово-лишайниковой и травянисто-кустарничковой растительностью – C_{H2SO4} (*H(A/bj)* = 0,72) и *Собщ* (*H(A/bj)* = 1,46).

Наиболее информативным показателем является содержание агрессивно-подвижного углерода, так как общая информативность (*T, бит)* является максимальной (таблица 6.18). По снижению информативности показателей образуется ряд: C_{H2SO4} > *Слов* > *Собщ* > *Свод* > *Скип*. Аналогичный ряд выстраивается и по коэффициенту передачи информации. Установлена наиболее тесная связь (*K* = 0,20; 0,30; 0,40) между высотно-растительными условиями и содержанием агрессивно-подвижного, легкоразлагаемого и общего углерода. Средняя связь определена с показателями форм углерода водорастворимого и микробного синтеза (*K* = 0,16 и 0,14 соответственно).

Таблица 6.18 – Результаты информационно-логического анализа между содержанием форм углерода и высотно-растительными условиями

Показатель	Собщ	Свод	Скип	Слов	C_{H2SO4}
T	0,30	0,26	0,22	0,47	0,63
K	0,20	0,16	0,14	0,30	0,40
H(A/bj)	1,46-1,92	0,05-0,15	0,81-1,46	1,00-1,92	0,72-1,50

Примечание: T – общая информативность, Бит; K – коэффициент эффективности передачи информации от фактора к явлению; H(A/bj) – варьирование показателей.

Определены вероятностные специфичные состояния содержания показателей форм углерода в зависимости от высотно-растительных условий (таблица 6.19). Содержание *Скип* имеет хорошо различимые специфичные состояния для каждого высотного пояса с максимальным содержанием в почвах лугов и редколесья и минимальным в почвах горной тайги.

Таблица 6.19 – Специфичные состояния содержания форм углерода в почвах

Формы углерода, %	Высотно-растительные условия		
	Горная тундра	Луга и редколесья	Горная тайга
Собщ	5-7	5-7	5-9
Свод	0,09-0,17	0,09-0,17	>0,23
Скип	0,59-1,12	>1,13	<0,31
Слов	2,87-5,5; >5,6	<0,24	0,25-1,55
C_{H2SO4}	>0,57	<0,22	0,40-0,56

Интерпретация качественного состава ОВ дана с учетом высотных условий и преобладающей растительности. Так, в почвах горной тундры при высоком содержании общего углерода (5-7 %), ОВ характеризуется высокой легкоразлагаемостью, микробным синтезом, сильным воздействием на минеральную часть почвы и низким содержанием водорастворимого углерода. В почвах лугов и редколесья при аналогичном специфичном содержании *Собщ* (5-7 %) ОВ активно участвует в микробном синтезе, причем, с низким содержанием легкоразлагаемого и агрессивно-подвижного углерода. В почвах горной тайги при достаточно высоком содержании *Собщ* (5-9 %) ОВ характеризуется высокой подвижностью, агрессивным воздействием на минеральную часть почвы и наименьшим содержанием углерода микробного синтеза и легкоразлагаемого. Таким образом, с помощью содержания форм углерода можно диагностировать ЭПП, биогеохимические барьеры в профиле почв.

Ранее определен ландшафтный рубеж на высоте 700 м н.у.м., проявляющийся в качественном различии условий почвообразования [Самофалова, 2018, Самофалова, 2020б; Samofalova, 2020]. В связи с этим, для установления вклада лабильных ГВ в общие запасы ОВ в почвах горных ландшафтов, исследуемые почвы условно объединены в две группы: формирующиеся на высоте > 700 м и < 700 м н.у.м. (приложение 16, таблица 2).

Общее содержание органического углерода заметно выше в почвах, формирующихся на более высоких позициях, при этом, среднее содержание водорастворимой формы углерода (*Свод*) находится на одном уровне 0,07-0,08 % (по массе почвы). Углерод микробного синтеза содержится также примерно на одном уровне и можно лишь отметить тенденцию повышения его

содержания в почвах, формирующихся на высоте ниже 700 м. Значительные различия в почвах отмечаются по содержанию легкоразлагаемого и кислоторастворимого ОВ. Распределение показателей не подтверждает нормальное распределение (медиана меньше среднеарифметического), что указывает на отсутствие динамического равновесия в почвах. Необходимо отметить максимальное варьирование в пространстве углерода микробного синтеза, а менее всего из представленных показателей варьирует кислоторастворимый углерод, характеризующий содержание агрессивных фульвокислот.

Абсолютное содержание форм углерода в составе ОВ почв не дает полного понимания наличия или отсутствия различий условий накопления и трансформации в разных высотных ландшафтах. С этой целью определено относительное содержание форм углерода по отношению: а) к *Собщ* для каждой высотной группы почв (>700 м, <700 м); б) к среднему содержанию *Свод* для каждой группы почв; в) к среднему содержанию *Свод* почв первой группы (>700 м) к показателям почв второй группы (<700 м).

Сравнивая относительное содержание подвижных форм углерода (по отношению к *Собщ*), отмечается большее их содержание в почвах, формирующихся на высоте менее 700 м н.у.м (в 1,8-2,5 раза). Выделяется показатель *Слов,* относительное содержание которого находится примерно на одном уровне: 23,6 % в почвах на высоте > 700м, 26,7 % на высоте < 700 м.

Установлены соотношения подвижных форм углерода для выделенных групп почв, где за условную 1, принято содержание водорастворимого углерода *Свод*. Для почв горной тундры и криволесья соотношение *Свод:Скип:Слов:*C_{H2S04} составляет 1:3:30:5 (>700 м); для луговых полян, редколесий, горной тайги (<700 м) – 1:3:13:4. Таким образом, наибольший вклад в состав ОВ горных почв вносит содержание легкоразлагаемого углерода. Причем, *Слов* в 2,3 раза больше накапливается в почвах на высоте >700 м. Необходимо отметить преобладание агрессивно-подвижного углерода над

водорастворимыми формами, которые образуют одинаковые соотношения (1:3) независимо от высотных условий.

Для выяснения качественных различий определено относительное содержание по отношению к *Свод* почв первой группы (>700 м) к показателям почв второй группы (<700 м). Исходя из этого, соотношение *Свод:Скип:Слов:*C_{H2S04} составило 3:8:34:9. Установлено преобладание водорастворимых и агрессивно-подвижных форм углерода в почвах на высоте <700 м в 2-3 раза в сравнении с почвами, формирующимися на высоте > 700 м. Большее относительное содержание характерно для почв лугов, паркового леса, горной тайги.

Для выяснения взаимосвязи форм органического углерода с кислотно-основными свойствами определены их структурные связи на основе корреляционного анализа. Установлена тесная связь между содержанием общего органического углерода и кислотно-основными свойствами почв (таблица 6.20). С высотой местности связаны водорастворимые, легкоразлагаемые формы углерода, а также общее содержание органического углерода.

Таблица 6.20 – Корреляционная матрица форм углерода в почвах с физико-химическими свойствами почв и высотой местности над уровнем моря

	Собщ, %	С вод	Скип	Слов	C_{H2S04}
Нг	**0,84**	**0,57**	**0,26**	**0,50**	0,18
S	**0,47**	0,36	0,14	0,33	**-0,31**
ЕКО	**0,91**	**0,50**	0,22	**0,53**	0,09
V, %	-0,31	-0,11	-0,08	-0,28	**-0,63**
Высота н.у.м.	**0,46**	**-0,38**	-0,04	**0,46**	0,26

Определена оптическая плотность форм углерода. Оптическая плотность *Скип* уменьшается с понижением высоты. Оптическая плотность *Свод*, наоборот, возрастает с уменьшением высоты. Углерод *Слов* не имеет определенной закономерности изменения в пространстве.

Электронные спектры поглощения *Скип* имеют пологий вид, плавно снижающиеся с увеличением длины волны, без ярко выраженных перегибов во всех горизонтах почв, кроме дерново-подбура грубогумусированного (р.18,

AYao) и бурозема грубогумусированного ожелезненного (р. 37, BMf). В отмеченных разрезах наблюдается пик, в диапазоне длин волн 465-590 нм, который, скорее всего, связан с влиянием оксидов Fe (приложение 16, рисунки 1-6). Электронные спектры поглощения водорастворимого углерода являются пологими для профилей в р. 18, 107, 103, 113, 109, 36, 63. В разрезах 102, 22, 37, 43 отмечаются резкие пики в диапазоне длин волн 465-574 нм, что может указывать на избыточное увлажнение за счет наличия грубого гумуса в почвах. По электронным спектрам поглощения легкоразлагаемого углерода, формы спектральных кривых имеют вид достаточно пологих кривых, без выделения различных пиков. Максимальный спад оптической плотности также характерен для гумусовых горизонтов.

Значения коэффициентов экстинции (Е) уменьшаются или увеличиваются по профилю, что связано с содержанием гуминовых и фульвокислот. По средним значениям коэффициента Е водорастворимого углерода микробного синтеза в высотных поясах оптическая плотность – очень низкая (<0,03). Средние значения Е легкоразлагаемого углерода говорят о том, что во всех поясах оптическая плотность средняя (0,06-0,10). В гумусовых горизонтах наиболее выражен спад оптической плотности с увеличением длины волны, что свидетельствует о переходе окраски горизонтов в более светлые тона.

Коэффициент цветности водорастворимого углерода микробного синтеза колеблется в пределах 1,375–5,833. Распределение по профилям почв неравномерное. Увеличение Q в верхней и нижней части профиля в р. 18, 102, 63, 22, 37 указывает на полигенетичность почв и смену экологических условий в ходе их развития.

Определена теснота связи между оптической плотностью форм углерода и высотой местности в группах почв по высоте (таблица 6.21). Оптическая плотность *Свод* имеет достоверную обратную связь с высотой в почвах, формирующихся на высоте менее 700 м н.у.м. Оптическая плотность *Скип* имеет достаточно сильную обратную связь с высотой в почвах, формирующихся на высоте менее 700 м и прямую связь с высотой в почвах на

высоте более 700 м. Оптическая плотность *Слов* достоверно связана с изменением высоты местности в почвах, развивающихся на высоте более 700 м.

Таблица 6.21 – Корреляционная матрица между оптической плотностью форм органического углерода в почвах и высотой местности при разной длине волны

Углерод	465 нм (коэффициент экстинции)			665 нм		
	все почвы	>700 м	<700 м	все почвы	>700 м	<700 м
Водорастворимый	-0,35	-0,34	-0,63	-0,04	0,23	-0,50
Микробного синтеза	0,51	0,63	-0,73	0,52	0,57	-0,72
Легкоразлагаемый	0,44	0,61	0,14	0,45	0,59	-0,11

Для выделения дополнительных связей водорастворимых и легкоразлагаемых форм *С* со свойствами почв построена корреляционная матрица (таблица 6.22). Установлены связи форм углерода высотой местности и физико-химическими свойствами.

Таблица 6.22 – Корреляционная матрица форм С со свойствами почв

	Собщ, %	С вод	Скип	Слов	CH2S04
Собщ, %	1				
С вод	0,56	1			
Скип	0,23	0,31	1		
Слов	0,59	0,41	0,31	1	
CH2S04	0,09	0,03	-0,02	0,03	1
Нг	0,84	0,57	0,26	0,50	0,18
S	0,47	0,36	0,14	0,33	-0,31
ЕКО	0,91	0,50	0,22	0,53	0,09
V, %	-0,31	-0,11	-0,08	-0,28	-0,63
Высота н.у.м.	0,46	-0,38	-0,04	0,46	0,26
pH	-0,24	0,07	-0,23	-0,07	0,11

Почвы характеризуются различным содержанием форм углерода, как по абсолютным, так и относительным процентам в зависимости от высотно-растительных условий. Установлен наибольший вклад подвижных форм углерода в составе ОВ (на 2-3 порядка) в почвах, формирующихся на высоте менее 700 м н.у.м., суммарное содержание которых от *Собщ* составляет 42,0%, что на 12% больше, чем в почвах на высоте более 700м н.у.м. Определены закономерности в соотношениях форм углерода: В составе подвижной части ОВ преобладает *Слов*, соотношение *Свод:Скип* сохраняется в интервале 1:3;

C_{H2S04} превышает *Свод* в 4-5 раз, а *Скип* – в 1,3-1,6 раза. Оптическая плотность подвижных форм углерода и ее изменение с высотой местности подтверждают разный вклад подвижных ГВ в состав почвенного ОВ.

Итак, высотно-растительные условия влияют на количественное содержание подвижных форм углерода в почвах, но не оказывают существенно влияния на изменения соотношения форм углерода в составе ОВ.

Свойства гумусовых веществ

Природа ОВ горных почв Среднего Урала изучена слабо, современных данных нет. Ученые, занимающиеся исследованием почв на Урале [Иванова, 1947; Тифлов, 1951; Богатырев, Ногина, 1962; Михайлова, 1977] отмечают повышенное накопление гумуса, преобладание группы фульвокислот над гуминовыми, растянутый гумусовый профиль, который считают реликтовым свойством. Мобильность гумуса в горной провинции в 2-3 раза выше по сравнению с почвами предгорий соответствующих подзон [Фирсова, 1991].

Гумусное состояние почв характеризуется совокупностью показателей, отражающих уровни накопления гумуса в почве, его профильное распределение, качественный состав, миграционную способность ГВ.

В верхних, органо-минеральных горизонтах ОВ представлено детритом – растительными остатками различной стадии разложения. Аналитические данные обнаруживают высокое содержание гумуса, который колеблется в широких пределах – от 1,65 % до 61,40 % (приложение 16, таблица 3)

Установлено варьирование содержания гумуса в зависимости от высотных условий. В почвах подгольцового пояса и частично горно-лесного на высоте 400-600 м содержание гумуса изменяется в меньшей степени, чем в почвах горно-лесного пояса на высоте 344-400 м н.у.м., где проявляется наибольший разброс значений и более высокое содержание гумуса, чем в почвах подгольцового пояса (рисунок 6.24). Аналитические данные обнаруживают в почвах максимальное варьирование содержания ОВ в почвах подгольцового пояса. В криволесье – от 3,83 до 4,69%; в субальпийских лугах - от 2,84% до 4,47; % в парковом редколесье -2,78-4,13 %.

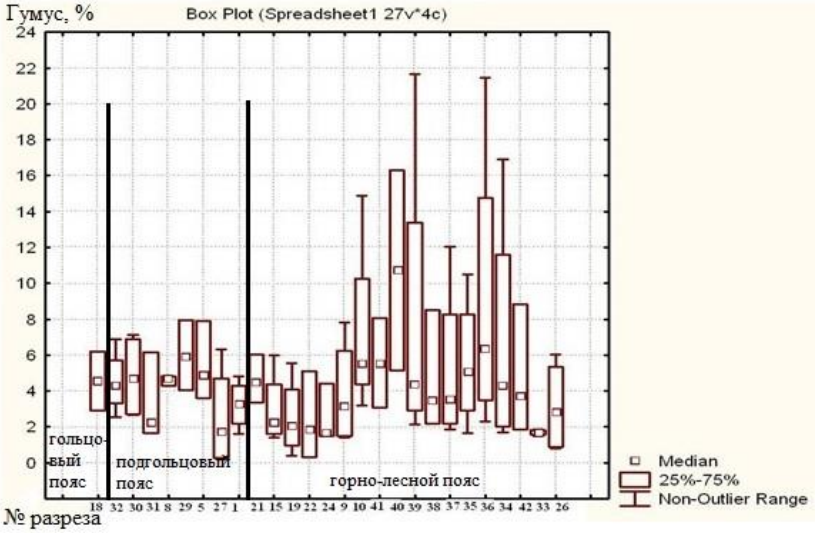


Рисунок 6.24 – Варьирование содержания гумуса (% в гор. AY, n=27)

Накопление гумусовых веществ происходит по-разному в почвах отделов. Максимально варьирует содержание гумуса в почвах отдела *литоземы* (дисперсия 169,47 вариация 59,74 %) и *глеевые* (дисперсия 413,87, коэффициент вариации 56,16 %) (таблица 6.23).

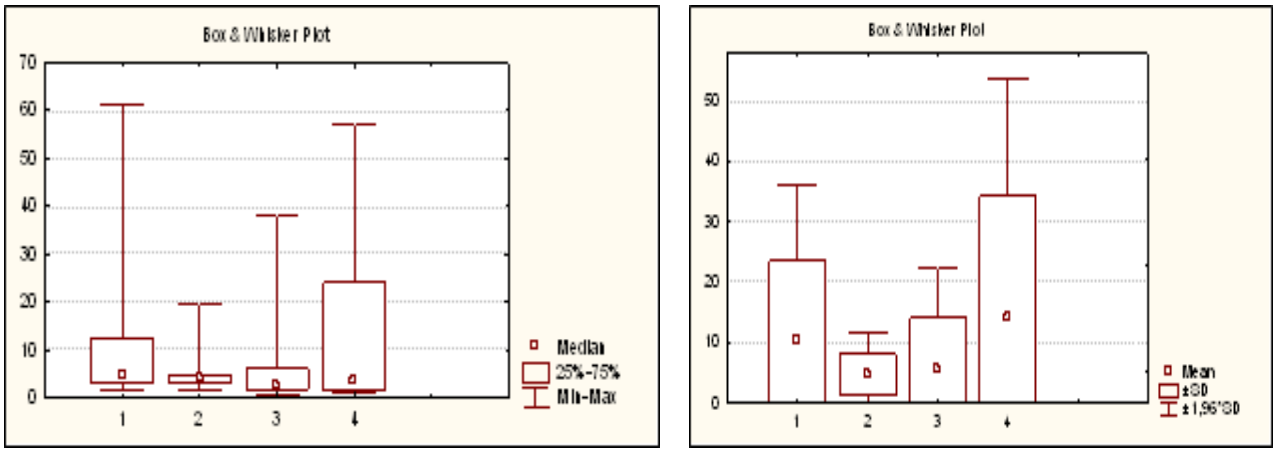
Таблица 6.23– Пределы варьирования содержания гумуса в почвах

Показатель	Почвы отделов:				
	Литоземы	Органо-акаумулятивные	Альфегумусовые	Глеевые	Структурно-метаморфические
Гумус, %	1,66-61,40 10,43 (4,56)	3,30-6,07 4,69 (3,90)	1,90-9,23 5,56 (2,74)	2,66-25,19 13,93 (3,50)	1,80-13,76 5,75 (5,10)

Примечание: в числителе указаны верхний и нижний предел варьирования показателя; в знаменателе среднее арифметическое, а в скобках медиана.

Более стабильное содержание гумуса отмечается в *органо-аккумулятивных* почвах и статистическое распределение является близким к нормальному (рисунок 6.25). По накоплению гумусовых веществ (по медиане) можно построить ряд по убыванию: структурно-метаморфические > литоземы > органо-аккумулятивные > глеевые > альфегумусовые.

Горные почвы различаются по составу гумусовых веществ (прилож. 16, табл. 3). Содержание углерода в вытяжке изменяется в пределах 0,12-6,27 %. Среднее значение *Свыт* для почв горно-тундрового пояса - 2,55 %, подгольцового – 2,81 %, горно-лесного – 2,50 % (рисунок 6.26).



А) по медиане Б) по среднему значению

1 – литоземы (n=28), 2 - органо-аккумулятивные (n=26), 3 – альфегумусовые (n=23), 4 – глеевые(n=15).

Рисунок 6.25 – Диаграммы размаха по содержанию гумуса в почвах

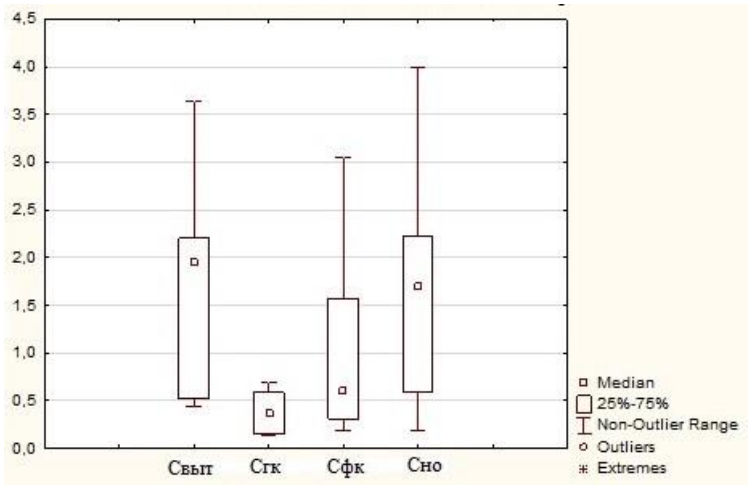
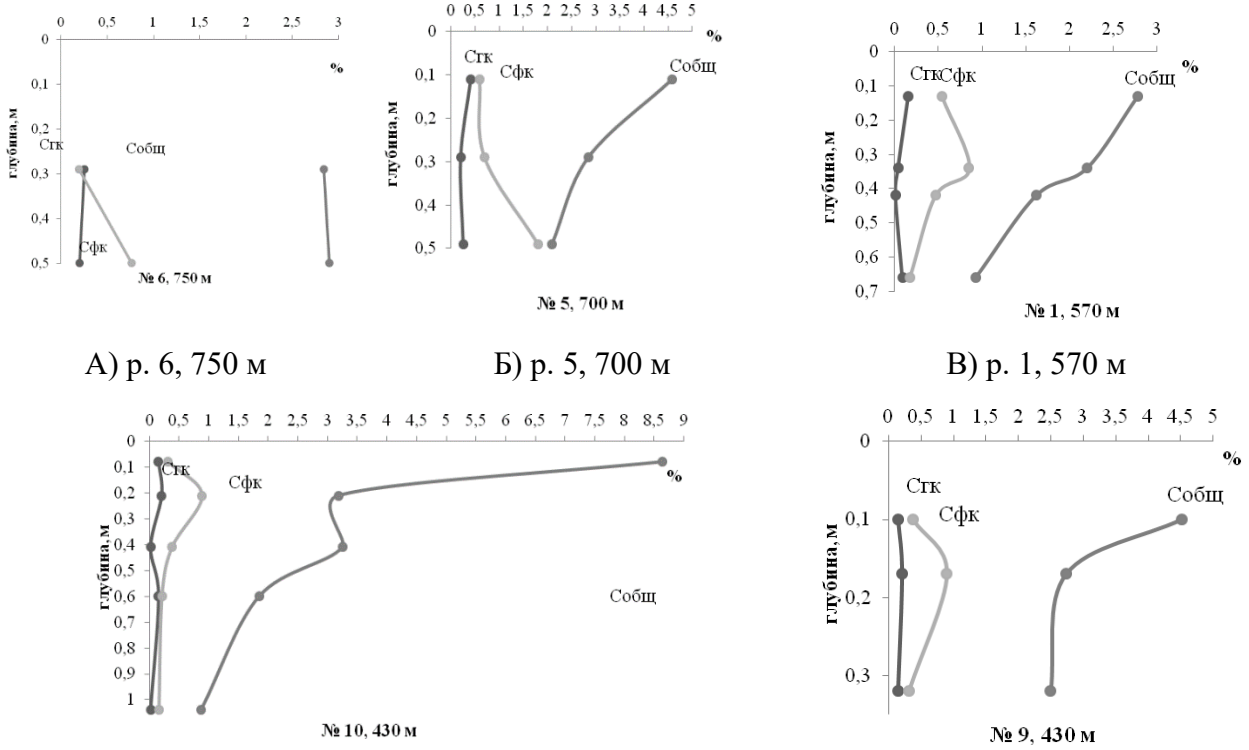


Рисунок 6.26 – Распределение группового состава гумуса (% в гор. *AY*) в почвах (% к весу почвы, n=11)

Относительное содержание *Свыт* от *Собщ* изменяется в широких пределах (11-95 %). Таким образом, гумус в горных почвах является очень подвижным, так как, более половины ГВ переходит в пирофосфатную вытяжку, т.е. ГВ являются хорошо растворимыми, что и демонстрирует показатель $C_{выт.}$. В буроземах горной тайги и подгольцового пояса, наблюдается самый подвижный углерод, его значения колеблются от 70-80 %. Фульвокислоты в составе гумусовых веществ в основном преобладают над содержанием гуминовых. Содержание ФК в составе ГВ преобладает над содержанием гуминовых кислот. Негидролизуемый остаток изменяется в широком диапазоне с максимальным варьированием.

Постепенное снижение содержания гумуса $C_{общ}$ в профиле почв (рисунок 6.27) обусловлено процессами поверхностного выветривания, в связи, с чем количество ОВ увеличивается в выветриваемых слоях и проникает за счет хорошей дренируемости почв по трещинам в нижние горизонты.



А) р. 6, 750 м Б) р. 5, 700 м В) р. 1, 570 м

Г) р. 10, 430 м Д) р. 9, 430 м

Рисунок 6.27 – Кривые профильного распределения *Собщ*. и гумусовых кислот

Гумус кислый, хорошо растворим, и с током воды промывается далеко вглубь. Процесс перехода фульвокислот в гуминовые не идет, так как удерживается за счет холодного климата, высокой влажности, заторможенной жизнедеятельности микроорганизмов, в связи с чем, образуются кислые продукты разложения, и как результат этих процессов – фульватный гумус.

Содержание ГК практически очень плавно и постепенно изменяется в пределах профиля, варьируя незначительно (см. рисунок 6.27). Содержание ФК, наоборот варьирует в пределах профиля: накопление в срединной части профиля под верхним горизонтом с последующим снижением содержания к выветрелой породе на уровне значений показателей содержания ГК. Соотношение ГК и ФК в составе гумуса смещается в сторону ФК.

Среднее значение *Сно* для горно-тундрового пояса 46 %, по шкале оценке характеризуется, как среднее, подгольцового 29 % – низкое, горно-лесного 43 % – среднее. Степень гумификации в почвах варьирует от очень-высокой до слабой. Среднее содержание в горно-тундровом поясе 41 % – очень высокая степень гумификации, подгольцовом 33 % – высокая, горно-лесном 37 % – высокая.

Качественный состав гумусовых веществ является неоднородным и изменяется как по типам почв, так и в пределах профиля от фульватного (преобладает) до гуматно-фульватного, фульватно-гуматного и даже гуматного. Тип гумуса в горных почвах характеризуется как фульватный, так как соотношение $C_{гк}$:$C_{фк}$ составляет менее 0,5. Содержание ГК в 2-14 раз меньше, чем ФК. Таким образом, ГК являются достаточно рыхлыми (показатель $C_{гк}$:$C_{фк}$ варьирует от 0,1 до 0,5) и способны к гидролизу, то есть очень не стойкие, в связи с чем легко переходят в раствор. Эти показатели характеризуют степень гидролизуемости горных почв как очень высокую, а возможность образования двойных связей очень низкой. В почвах, формирующихся под луговой высокотравной растительностью на высоте 700-800 м н.у.м., тип гумуса является фульватно-гуматным. Часто в срединной или нижней части профиля соотношение $C_{гк}$:$C_{фк}$ повышается до гуматного, что указывает на формирование сложного профиля с формированием горизонтов в разных экологических условиях.

Кривая изменения типа гумуса с высотой местности в почвах представлена на рисунке 6.28. Низкая степень гумификации (в среднем 12,6 %) говорит о невысокой биологической активности горных почв в целом, и большей частью в почвах горно-лесного пояса. Избыточная влажность, недостаток тепла, кислая реакция среды, кислые продукты трансформации растительных остатков, высокое содержание обменного алюминия, выщелоченность профиля от кальция и магния способствуют консервации ОВ в стабильной части гумуса (негидролизуемый остаток).

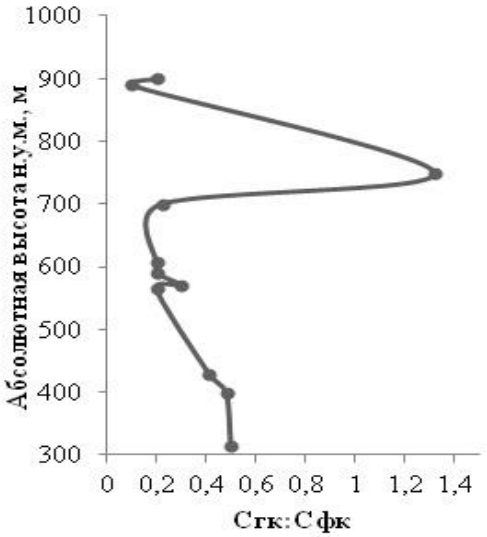


Рисунок 6.28 – Изменение типа гумуса (Сгк:Сфк) в гумусовых горизонтах с высотой местности (м)

Важной особенностью гумуса горных почв является низкая оптическая плотность гуминовых кислот. По этому признаку ГК горных почв близки к

фульвокислотам. Такие низкие оптические плотности присущи гуминовым кислотам всех горных почв, независимо от их типа. Это также связано с «молодостью» гумуса горных почв.

Оптические свойства определяют характер и уровни спектральной отражательной способности почв, их окраску, тепловой режим, влияют на на интенсивность протекания различных химических реакций в почвенной среде [Дергачева, 1989; Дергачева, Феденева, 2000].

Гумусовые вещества активно взаимодействуют с электромагнитными колебаниями, образуя очень сложные по рисунку спектры поглощения в широком диапазоне длин волн. На графиках (оптическая плотность-длина волны) видно изменение величины оптической плотности раствора, содержащего ГВ, в зависимости от длины волны (приложение 16, рисунок 7). Чем быстрее уменьшается D в области 400-500 нм, тем круче падает спектральная кривая, тем более бурую или желтоватую окраску имеет раствор ГК. Четко выраженный перегиб в средней части спектров во всех разрезах в диапазоне волн 530-670 нм, скорее всего связан с влиянием оксидов Fe. В результате почва принимает буроватую, желтоватую, красноватую окраску. Также это может быть связано с минералами, входящими в почву и имеющими в своем составе в качестве примесей оксиды Fe, особенно на поверхности агрегатов и элементарных частиц.

При длине волны 620 нм, D с pH находятся в обратной зависимости (коэффициент корреляции r = -0,61). Именно эта длина волны попадает в диапазон значений, в которых наблюдается пик во всех почвах.

На основании данных оптической плотности, можно выделить элементарные почвообразовательные процессы, формирующие профиль данных почв: гумусово-аккумулятивный процесс и иллювиирование железа.

Гумусное состояние почв характеризуется варьированием показателей, что отражает пестроту ПП горной территории. Процесс гумификации в горных почвах является специфичным, имеет ряд особенностей.

6.5 Кислотно-основные свойства почв

Кислотность почв является одним их базовых понятий почвоведения. В трудах отечественных учёных (Г. Каппен, В.А. Ковда, К.К. Гедройц, Д.Л. Аскинази, С.Н. Алёшин, Н.Р. Ремезов, Н.П. Карпинский, А.А. Роде, В.А. Чернов, А.В. Соколов, Д.С. Орлов, Л.А. Воробьева, Т.А. Соколова, И.М. Яшин) и зарубежных исследователей (Т. Вейтч, Г. Дайкухара, N. Coleman, G. Thomas, W. Hargrove, D. Johnson, J. Reuss) сформулирована теория кислотности почв и разработаны подходы к её изучению.

Показатели кислотности почв являются главными параметрами, которые определяют направленность и динамику почвенных процессов, устойчивость геосистем [Певный, Соколова, 1997; Копцик, Ливанцова, 2003; Кулижский, Родикова, 2009; Шамрикова, 2013; Кокотов и др., 2014, Кокотов и др., 2016; Samofalova et al., 2016; Сайранова, Самофалова, 2018; Sayranova, Samofalova, 2018; Samofalova, 2018b; Samofalova, 2020]. Кислотно-основное состояние обуславливает емкость катионного обмена, подвижность химических элементов, состав обменных катионов, ферментативную активность почв и др. [Wisniewcki, Keitz , 1983; Tamm, David, 1989; Derome, 1991; Dymov et al., 2015; Кошовская, 2013; Шамрикова и др., 2018; Старцев и др., 2017].

Почвы горных ландшафтов особенно чувствительны к кислотным воздействиям, и как следствие, обладают слабой эколого-геохимической устойчивостью к кислотным воздействиям [Соколова и др., 1997; Соколова и др., 2007; Шамрикова и др., 2018; Шамрикова, Соколова, 2013; Kondrateva et al., 2015; Самофалова, Кондратьева, 2016].

В отечественной литературе в основном обсуждаются исследования по варьированию показателей кислотности суглинистых подзолистых почв таежной зоны центральных и северо-западных районов Европейской части России [Забоева, 1975;Карпачевский, 1977; Соколов, 1993; Коробова, 1996; Соколова и др., 1997; Соколова и др., 2007; Самсонова, 2007]. Результаты исследований зарубежных авторов относятся к разным типам лесных почв

[Gersper et al., 1972; Praslova et al., 2000; Seibert at el., 2007]. Единые закономерности изменения степени неоднородности кислотных свойств с глубиной, практически отсутствуют [Самсонова, 2007; Шамрикова и др., 2002, 2003, 2011; Шамрикова, Соколова, 2013]. Изучение изменчивости показателей кислотности северных регионов России проводилось для тундровой зоны Средней Сибири [Васильевская, 1980], Республике Коми, где исследования приурочены были в большей степени к таежной зоне.

Проблема варьирования показателей кислотности таежных и тундровых почв горной части Пермского края практически остается неизученной.

6.5.1 Катионный состав диагностических горизонтов почв

Содержание обменных катионов рассмотрено отдельно в органогенных и минеральных диагностических горизонтах.

Состав обменных катионов в диагностических горизонтах почв

В органогенных горизонтах структурно-метаморфических почв (приложение 17, таблица 1, 2) содержание обменного водорода преобладает в 2 раза в сравнении с альфегумусовыми почвами (таблица 6.24). Содержание обменного алюминия в органогенных горизонтах в почвах отделов превышает содержание обменного водорода. Альфегумусовые почвы отличаются более высоким содержанием обменного алюминия по размаху изменчивости, среднеарифметическому значению и по медиане.

Понятие «обменный» алюминий для органогенных горизонтов (лесных подстилок) используется условно, так как в их вещественном составе преобладают неразложившиеся и слаборазложившиеся растительные остатки, в том числе живой моховой очес, а в некоторых случаях и остатки сфагновых мхов. Этот материал является главным источником ионов алюминия, представленного Al-органическими комплексными ионами различной устойчивости. Кроме того, при значениях pH 3,0-4,0 начинается растворение минеральных соединений, содержащих Al^{3+}. В альфегумусовых почвах, как указывалось ранее, более кислая реакция среды при высоком содержании

гидролитической кислотности, что и объясняет столь высокое содержание обменного алюминия в данных почвах.

Таблица 6.24 – Пределы варьирования статистических показателей свойств в органогенных горизонтах почв отделов

Показатель	Отделы почв		
	Структурно-метаморфические	Альфегумусовые	Глеевые
H^+, ммоль/100 г почвы	$\frac{5{,}05 - 0{,}10}{1{,}65\ (0{,}50)}$	$\frac{2{,}61 - 0{,}04}{0{,}82\ (0{,}31)}$	—*
Al^{3+}, ммоль/100 г почвы	$\frac{6{,}10 - 0{,}08}{2{,}67\ (2{,}36)}$	$\frac{11{,}71 - 1{,}26}{4{,}51\ (2{,}76)}$	—
Ca^{2+}+Mg^{2+}, ммоль/100 г почвы	$\frac{26{,}9 - 0{,}9}{9{,}4\ (7{,}5)}$	$\frac{46{,}8 - 0{,}2}{7{,}8\ (1{,}7)}$	$\frac{13{,}20 - 2{,}10}{7{,}90\ (8{,}50)}$
ЕКО, ммоль/100 г почвы	$\frac{93{,}7 - 12{,}4}{31{,}9\ (26{,}7)}$	$\frac{126{,}2 - 11{,}2}{44{,}2\ (36{,}3)}$	$\frac{29{,}00 - 10{,}50}{16{,}66\ (13{,}00)}$
V, %	$\frac{81 - 5}{30\ (24)}$	$\frac{73 - 1}{16\ (5)}$	$\frac{85{,}0 - 14{,}0}{51{,}6\ (50{,}0)}$

Примечание: в числителе указаны верхний и нижний пределы варьирования показателя; в знаменателе – среднее арифметическое значение; в скобках – медиана; * - нет данных.

Содержание обменных оснований в органогенных горизонтах в почвах отделов варьирует с разным размахом и по степени его уменьшения по медиане образует ряд: глеевые > структурно-метаморфические >> альфегумусовые. Медиана выборки – это альтернатива средней арифметической, т.к. она устойчива к аномальным отклонениям (выбросам). С учетом преобладающего состава катионов в органогенных горизонтах, большей емкостью катионного обмена отличаются альфегумусовые и структурно-метаморфические почвы. Однако, доля обменных оснований выше в органогенных горизонтах глеевых почв, а наименьшая доля характерна для грубогумусированных органогенных горизонтов альфегумусовых почв.

По составу обменных катионов в минеральных диагностических горизонтах почв отделов выделяются следующие особенности. Во-первых, по содержанию H^+ близки гумусовые горизонты органо-аккумулятивных почв и горизонты *BM* бурозёмов, а глеевые и альфегумусовые почвы занимают диаметрально противоположные позиции: максимальные и минимальные значения по медиане соответственно (таблица 6.25).

Таблица 6.25 – Пределы варьирования статистических показателей свойств в диагностических минеральных горизонтах почв отделов

Показатель	Отделы почв			
	Структурно-метаморфические (BM)	Альфегумусовые (BHF, E)	Глеевые (G)	Органо-аккумулятивные (AY, AU)
H^+, ммоль/100 г почвы	$\frac{4{,}40 - 0{,}01}{1{,}26\ (0{,}53)}$	$\frac{0{,}30 - 0{,}01}{0{,}14\ (0{,}11)}$	$\frac{1{,}69 - 1{,}23}{1{,}46\ (1{,}46)}$	$\frac{4{,}42 - 0{,}34}{1{,}11\ (0{,}58)}$
Al^{3+}, ммоль/100 г почвы	$\frac{4{,}40 - 0{,}12}{2{,}18\ (1{,}49)}$	$\frac{7{,}60 - 0{,}52}{4{,}45\ (4{,}52)}$	$\frac{4{,}70 - 3{,}47}{3{,}92\ (3{,}75)}$	$\frac{8{,}62 - 2{,}16}{3{,}82\ (2{,}96)}$
Ca^{2+}+Mg^{2+}, ммоль/100 г почвы	$\frac{33{,}2 - 1{,}2}{8{,}8\ (6{,}8)}$	$\frac{24{,}1 - 0{,}2}{3{,}4\ (3{,}0)}$	$\frac{28{,}9 - 0{,}9}{15{,}1\ (13{,}6)}$	$\frac{45{,}4 - 0{,}2}{10{,}7\ (9{,}2)}$
ЕКО, ммоль/100 г почвы	$\frac{40{,}8 - 12{,}7}{22{,}1\ (20{,}7)}$	$\frac{61{,}9 - 8{,}0}{22{,}2\ (18{,}5)}$	$\frac{35{,}5 - 5{,}3}{23{,}4\ (28{,}3)}$	$\frac{84{,}2 - 11{,}3}{26{,}1\ (23{,}5)}$
V, %	$\frac{87 - 5}{38\ (35)}$	$\frac{70 - 1}{16\ (11)}$	$\frac{95 - 17}{64\ (77)}$	$\frac{99 - 1}{41\ (37)}$

Примечание: в числителе указаны верхний и нижний пределы варьирования показателя; в знаменателе – среднее арифметическое значение; в скобках – медиана.

Во-вторых, по содержанию Al^{3+} в диагностических горизонтах почв образуется ряд по уменьшению содержания катиона: *BHF* и *E* горизонты > *G* > *AY* > *BM*. В-третьих, обменные основания в большей степени накапливаются в глеевых горизонтах глеезёмов и гумусовых горизонтах в органо-аккумулятивных почвах.

Альфегумусовые и подзолистые горизонты характеризуются наименьшим содержанием обменных оснований. В-четвертых, показатель насыщенности почв основаниями проявляется аналогичным образом, как и обменные основания. Таким образом, по распределению обменных катионов поверхностные органогенные и минеральные диагностические горизонты различаются. Диагностические горизонты почв отделов по уровню содержания обменных катионов отражают влияние основного профилеобразующего процесса. Диагностические горизонты почвы по емкости катионного обмена (по медиане) образуют ряд (по убыванию): G > AY > BM > BHF, E и литоземы.

Влияние высотно-растительных условий на состав обменных катионов

Изменчивость состава обменных катионов определена по высотно-растительным поясам. Установлено изменение состава обменных катионов в

пространстве с высотой местности (таблица 6.26). Наименьшим содержанием H^+ отличаются почвы подгольцового пояса (криволесье и луга).

Таблица 6.26 – Пределы варьирования содержания обменных катионов в почвах в разных высотных поясах

Показатель, ммоль/100 г почвы	Пояса высотной зональности				
	Горно-тундровый	Подгольцовый (криволесье)	Подгольцовый (луга)	Горно-лесной (болото)	Горно-лесной
H^+	$\frac{4,42-0,16}{2,29\ (2,29)}$	$\frac{0,23-0,21}{0,22\ (0,22)}$	$\frac{0,90-0,50}{0,70\ (0,70)}$	—*	$\frac{4,62-0,19}{1,77\ (1,39)}$
Al^{3+}	$\frac{4,50-12,32}{3,63\ (4,08)}$	$\frac{6,52-2,26}{4,39\ (5,39)}$	$\frac{6,10-1,36}{3,23\ (2,73)}$	—	$\frac{6,10-0,08}{2,65\ (1,93)}$
Ca^{2+}+Mg^{2+}	$\frac{45,4-0,7}{7,6\ (1,6)}$	$\frac{46,8-1,6}{16,7\ (12,8)}$	$\frac{21,2-2,7}{10,1\ (9,2)}$	$\frac{8,5-0,9}{5,5\ (7,2)}$	$\frac{26,9-1,4}{10,9\ (11,1)}$
ЕКО	$\frac{126,2-14,9}{49,4\ (44,5)}$	$\frac{97,3-14,7}{35,2\ (24,1)}$	$\frac{34,3-19,1}{26,9\ (25,9)}$	$\frac{28,2-5,3}{14,8\ (10,9)}$	$\frac{93,7-6,3}{39,6\ (32,4)}$
V, %	$\frac{54-3}{13\ (4)}$	$\frac{99-11}{43\ (32)}$	$\frac{62-12}{38\ (37)}$	$\frac{78-17}{40\ (26)}$	$\frac{63-5}{27\ (22)}$

Примечание: в расчетах использовали верхние минеральные горизонты; * – нет данных.

Содержание Al^{3+} изменяется в пространстве: максимальное содержание в почвах криволесья с понижением показателя при движении вверх в горную тундру и при движении вниз, к лугам и горной тайге. Содержание обменных оснований варьирует в широком диапазоне от 1 до 46 ммоль на 100 г почвы. Наименьшее содержание характерно для почв в горной тундре и горном болоте. Наибольшая доля обменных оснований соотносится с почвами подгольцового пояса с обилием травянистой растительности. Таким образом, характер растительности, их химический состав и насыщенность обменными основаниями, оказывают влияние на изменчивость содержания обменных оснований в пространстве.

6.5.2 Кислотные свойства диагностических горизонтов почв

В биогеоценозах тайги и тундры в результате функционирования высотно-зональной растительности образуется большое количество соединений кислой природы. В суровых гидротермических условиях имеет место ограниченное распространение основной массы корней вглубь минеральной толщи. Соответственно, ближе к дневной поверхности располагается масса

питающих растения корней, способствующая за счет корневых выделений подкислению почвенной массы и разрушению минеральной части почвы. Некоторый вклад в развитие кислотности вносят и процессы гумификации. Кислотно-основные условия обуславливают многие биохимические процессы в почвах, поэтому их изменение влечет и изменение почвенных процессов.

Установлены кислотные свойства диагностических горизонтов почв. Реакция pH в водной вытяжке почв является кислой и получен ряд по снижению кислотности (по медиане): *литоземы* < *BHF, E* < *AY* < *G* < *BM*. Наибольший размах изменчивости показателя отмечается в почвах отдела *органо-аккумулятивные*. Близкое к нормальному, является распределение показателя в *литоземах* и *альфегумусовых* почвах.

Реакция солевой вытяжки почв изменяется иначе и выстраивается в следующий ряд по убыванию кислотности (по медиане): *альфегумусовые* < *литоземы* < *глеевые* < *органо-аrкумулятивные* < *структурно-метаморфические*. Однако максимальная степень варьирования по показателю сохраняется за почвами отдела *органо-аккумулятивные*. Кислотность почв отдела *литоземы* формируется в значительной степени за счет H^+ в жидкой фазе почв, а в *альфегумусовых* почв за счет обменных катионов ППК (H^+, Al^{3+}).

Потенциальная кислотность в органогенных горизонтах почв варьирует в диапазоне 1,5-206,8 мг-экв./100г. почвы. Максимальное варьирование показателя отмечается в почвах с наибольшей возможностью накопления грубого органического вещества – *литоземы*, *альфегумусовые*. Наименьшими значениями потенциальной гидролитической кислотности характеризуются *глеевые* и *органо-аккумулятивные почвы*.

Органогенным горизонтам свойственны наиболее высокие средние значения гидролитической кислотности. В целом, варьирование показателя для исследуемой территории изменяется в очень широких пределах: от 0,2 до 113,2 ммоль на 100 г почвы. Наименьшее варьирование показателя характерно для глеевых и органо-аккумулятивных почв, где размах изменчивости составляет более 15, но менее 45 ммоль на 100 г почвы. Распределение можно принять

близким к нормальному. Для структурно-метаморфических и альфегумусовых почв варьирование признака значительно, причем с размахом изменчивости 71 и 104 ммоль на 100 г почвы соответственно. Нг в органогенных горизонтах почв является наибольшей. Статистическое распределение не соответствует нормальному. Гидролитическая кислотность в горных почвах значительно связана с образованием грубого гумуса, так как при его формировании, образуются многочисленные специфические и неспецифические кислоты.

Оценивая кислотность почв органогенных горизонтов, выделяются альфегумусовые и глеевые почвы, характеризующиеся наиболее кислым составом, как по актуальной, так и по обменной кислотности (таблица 6.27).

Таблица 6.27 – Пределы варьирования статистических показателей свойств в органогенных горизонтах почв отделов

Показатель	Отделы почв		
	Структурно-метаморфические	Альфегумусовые	Глеевые
pH водная	$\frac{5{,}61-3{,}83}{4{,}56\ (4{,}55)}$	$\frac{4{,}55-3{,}64}{4{,}06\ (4{,}08)}$	$\frac{5{,}08-3{,}16}{4{,}20\ (4{,}28)}$
pH солевая	$\frac{4{,}30-2{,}90}{3{,}59\ (3{,}53)}$	$\frac{4{,}01-2{,}84}{3{,}19\ (3{,}15)}$	$\frac{3{,}73-3{,}03}{3{,}41\ (3{,}49)}$
ΔpH	$\frac{1{,}92-0{,}25}{0{,}97\ (0{,}93)}$	$\frac{1{,}10-0{,}54}{0{,}87\ (0{,}90)}$	$\frac{1{,}35-0{,}09}{0{,}79\ (0{,}93)}$
Нг, ммоль/100 г почвы	$\frac{77{,}0-5{,}4}{22{,}4\ (19{,}2)}$	$\frac{113{,}2-8{,}8}{36{,}5\ (32{,}4)}$	$\frac{21{,}0-2{,}1}{8{,}8\ (8{,}0)}$

Примечание: в числителе указаны верхний и нижний пределы варьирования показателя; в знаменателе – среднее арифметическое значение; в скобках – медиана.

Распределение значений является близким к нормальному. Средние значения pH_{H2O} в органогенных горизонтах снижаются в ряду почв: структурно-метаморфические (4,56) > органо-аккумулятивные (4,55) > глеевые (4,20) > альфегумусовые (4,06). Достоверные различия средних значений наблюдаются между группой органогенных горизонтов структурно-метаморфических, органо-аккумулятивных почв и группой, образованной глеевыми и альфегумусовыми почвами. Внутри этих групп различия незначимы. Средние значения pH_{KCl} в органогенных горизонтах снижаются в ряду почв: органо-аккумулятивные (3,61) > структурно-метаморфические (3,59) > глеевые (3,41) > альфегумусовые (3,15).

Показатель разницы между актуальной и обменной кислотностью демонстрирует следующее: наименьший размах варьирования характерен для органогенных горизонтов альфегумусовых и структурно-метаморфических почв. Статистическое распределение показателя ΔpH не соответствует нормальному, так как, среднеарифметические и медианные значения различны. Согласно медиане, наименьшая ΔpH характерна для органогенных горизонтов почв отдела органо-аккумулятивные (менее 0,90).

На формирование кислотных свойств в диагностических минеральных горизонтах почв оказывают влияние профилеобразующие процессы (таблица 6.28). В этом отношении выделяется альфегумусовый процесс, обуславливающий наиболее кислую среду в почвах в сравнении с почвами, где проявляется процесс оглеения и метаморфизации. Альфегумусовые почвы характеризуются наименьшими значениями по разнице актуальной и обменной кислотности. Наибольший размах изменчивости данного показателя отмечается для почв с глеевым профилеобразующим процессом.

Таблица 6.28 – Пределы варьирования статистических показателей свойств в диагностических минеральных горизонтах почв

Показатель	Отделы почв			
	Структурно-метаморфические (BM)	Альфегумусовые (BHF, E)	Глеевые (G)	Органо-аккумулятивные (AY, AU)
pH водная	$\frac{5{,}92-3{,}88}{4{,}91\ (4{,}83)}$	$\frac{4{,}42-3{,}56}{4{,}06\ (4{,}08)}$	$\frac{6{,}86-4{,}25}{5{,}01\ (4{,}80)}$	$\frac{5{,}83-3{,}43}{4{,}55\ (4{,}56)}$
pH солевая	$\frac{4{,}42-3{,}06}{3{,}75\ (3{,}77)}$	$\frac{4{,}14-2{,}81}{3{,}35\ (3{,}27)}$	$\frac{5{,}34-3{,}32}{3{,}78\ (3{,}58)}$	$\frac{4{,}20-2{,}61}{3{,}61\ (3{,}60)}$
ΔpH	$\frac{2{,}42-0{,}29}{1{,}16\ (1{,}11)}$	$\frac{1{,}12-0{,}13}{0{,}71\ (0{,}76)}$	$\frac{1{,}89-0{,}69}{1{,}22\ (1{,}19)}$	$\frac{2{,}00-0{,}35}{0{,}94\ (0{,}86)}$
Нг, ммоль/100 г почвы	$\frac{25{,}3-2{,}9}{13{,}2\ (13{,}2)}$	$\frac{58{,}9-7{,}7}{20{,}0\ (15{,}8)}$	$\frac{23{,}0-1{,}5}{8{,}3\ (5{,}7)}$	$\frac{44{,}9-0{,}2}{15{,}4\ (13{,}1)}$

Примечание: в числителе указаны верхний и нижний пределы варьирования показателя; в знаменателе – среднее арифметическое значение; в скобках – медиана.

Гидролитическая кислотность также изменяется в связи с проявлением основного процесса почвообразования: меньше значения признака в *G*, несколько выше в *BM* и максимальная в диагностических горизонтах альфегумусовых почв – *BHF*, *E*. Таким образом, диагностические горизонты почв отделов характеризуются различными кислотными свойствами.

6.5.3 Высотная дифференциация кислотно-основных свойств почв

Условия гумификации различаются в зависимости от преобладающей высотно-зональной растительности, что проявляется в различном накоплении гумусовых веществ в почвах (таблица 6.29). Соответственно изменяются и кислотные свойства. Наиболее кислыми являются почвы горной тундры и криволесья, то есть почвы, формирующиеся в суровых микроклиматических условиях. Установлено, что почвы, формирующиеся под луговой растительностью, имеют наибольшую разницу между актуальной и обменной кислотностью с наименьшим размахом изменчивости по гидролитической кислотности.

Таблица 6.29 – Пределы варьирования статистических показателей свойств почв в разных высотных поясах

Показатель	Пояса высотной зональности				
	Горно-тундровый	Подгольцовый (криволесье)	Подгольцовый (луг)	Горно-лесной (болото)	Горно-лесной
pH водная	$\frac{4{,}32-3{,}43}{3{,}93\ (3{,}86)}$	$\frac{4{,}25-3{,}56}{3{,}98\ (4{,}02)}$	$\frac{5{,}83-4{,}07}{4{,}74\ (4{,}69)}$	$\frac{4{,}66-3{,}98}{4{,}30\ (4{,}25)}$	$\frac{5{,}09-3{,}16}{4{,}34\ (4{,}30)}$
pH солевая	$\frac{3{,}64-2{,}61}{3{,}08\ (3{,}08)}$	$\frac{3{,}50-3{,}13}{3{,}24\ (3{,}20)}$	$\frac{4{,}20-3{,}01}{3{,}62\ (3{,}64)}$	$\frac{3{,}56-3{,}03}{3{,}32\ (3{,}38)}$	$\frac{4{,}11-2{,}90}{3{,}46\ (3{,}44)}$
ΔpH	$\frac{1{,}10-0{,}61}{0{,}84\ (0{,}82)}$	$\frac{1{,}07-0{,}38}{0{,}74\ (0{,}76)}$	$\frac{2{,}00-0{,}37}{1{,}12\ (1{,}13)}$	$\frac{1{,}28-0{,}69}{0{,}97\ (0{,}95)}$	$\frac{1{,}62-0{,}09}{0{,}87\ (0{,}90)}$
Hг, ммоль/100 г почвы	$\frac{113{,}2-10{,}5}{41{,}8\ (38{,}8)}$	$\frac{50{,}5-0{,}2}{18{,}5\ (14{,}7)}$	$\frac{22{,}5-11{,}3}{15{,}9\ (15{,}1)}$	$\frac{21{,}0-2{,}4}{9{,}3\ (4{,}4)}$	$\frac{77{,}0-6{,}3}{29{,}3\ (23{,}2)}$

Примечание: в расчетах использовали верхние горизонты.

Параметры варьирования обнаруживают разные тенденции вариабельности Hг в зависимости от высотно-зональной принадлежности. Наибольшая Hг по абсолютным значениям отмечается в почвах тундрового и таежного поясов с широким размахом варьирования 102,7 и 70,7 ммоль на 100 г почвы соответственно. Среднее значение здесь составляет 33-39 ммоль на 100 г почвы. Далее, по абсолютным значениям и размаху варьирования показателя следует подгольцовый пояс (криволесье, луга). В почвах болотного массива среднее значение Hг является наименьшим и составляет 9,3 (4,4 по медиане), варьируя от 2,4 до 21,0 ммоль на 100 г почвы.

Таким образом, кислотные свойства изменяются в пространстве с учетом высотной зональности и наиболее благоприятными почвенными условиями для произрастания растительности являются высотные ландшафты подгольцового пояса, в особенности луговые поляны.

Для принятия решения о том, какие показатели (признаки) кислотно-основного состояния (pH_{KCl}, Нг, Ca^{2+}+Mg^{2+}) в сочетании с высотой местности лучше всего различают (дискриминируют) основные диагностические горизонты почв (BM – структурно-метаморфический; BHF – альфегумусовый; G – глеевый; AY – органогенный), воспользовались процедурой дискриминантного анализа. Число переменных в модели равно 4. Мощность дискриминации в текущей модели (Лямбда Уилкса) составило 0,317 (сильная дискриминация). Построенная по кислотно-основным свойствам модель, судя по статистике Уилкса и ее оценкам показывает: статистически значимыми дискриминаторами диагностических горизонтов являются высота залегания почв, содержание обменных щелочноземельных оснований, обменная кислотность, при этом вклад первого показателя более мощный (таблица 6.30). Гидролитическая кислотность имеет наименьший вклад в дискриминацию.

Таблица 6.30 – Итоги анализа дискриминантной функции

N=125	Лямбда Уилкса	Частная лямбда	F-исключ.	p-уров.	Толер.	1-толер.
Высота	0,67	0,47	43,97	0,000	0,88	0,12
pH_{KCl}	0,35	0,93	3,51	0,018	0,93	0,07
Нг	0,33	0,96	1,61	0,191	0,85	0,15
Ca^{2+}+Mg^{2+}	0,36	0,89	4,76	0,003	0,74	0,26

Матрица классификации (таблица 6.31) показывает процент правильного классифицирования объектов. Итоговое предсказание корректно классифицированных объектов составляет 73,6 %.

По кислотно-основным показателям лучше всего дискриминируется массив альфегумусовых горизонтов для почв отдела альфегумусовые (89,7%) и структурно-метаморфических горизонтов (89,7%) бурозёмов. Таким образом, правильнее всего классифицированы горизонты почв отдела альфегумусовые и структурно-матаморфические.

Таблица 6.31 – Матрица классификации

Группы	Процент правильн.	BM	BHF	G	AY
BM	85,71	42	0	2	5
BHF	89,66	0	26	0	3
G	25,00	8	0	3	1
AY	60,00	8	6	0	21
Всего	73,60	58	32	5	30

Примечание: строки: наблюдаемые классы; столбцы: предсказанные классы.

Гумусовые горизонты, как диагностические для органо-аккумулятивных почв правильно классифицированы на 60,0 %.

Наименее правильно по кислотно-основным свойствам классифицированы глеевые горизонты почв. Возможно, для этих горизонтов необходимо использовать дополнительные характеристики.

Вычислена апостериорная вероятность, по которой можно определить принадлежность наблюдения (диагностический горизонт) к определенному классу. Дискриминантные функции классификации диагностических горизонтов имеют вид:

$$S_1=0,05x_1+31,95x_2+0,57x_3+0,30x_4 – 78,93$$

$$S_2=0,08x_1+28,60x_2+0,66x_3+0,39x_4 – 87,89$$

$$S_3=0,05x_1+31,41x_2+0,53x_3+0,45x_4 – 79,95$$

$$S_4=0,07x_1+30,92x_2+0,63x_3+0,45x_4 – 87,19$$

S_1 – совокупность диагностических горизонтов BM почв отдела структурно-метаморфические (бурозёмы); S_2 – совокупность диагностических горизонтов BHF почв отдела альфегумусовые (подбуры, подзолы); S_3 – совокупность диагностических горизонтов G почв отдела глеевые (глеезёмы); S_4 – совокупность диагностических горизонтов AY почв отдела органо-аккумулятивные (серогумусные); x_1– абсолютная высота местности над уровнем моря, м; x_2– pH солевой вытяжки, ед. pH; x_3– гидролитическая кислотность почв, ммоль на 100 г почвы; x_4– сумма обменных щелочноземельных катионов, ммоль на 100 г почвы.

Таким образом, уравнения могут быть использованы для определения диагностического горизонта, и классификационного положения почв. Полученные критерии обособления диагностических горизонтов могут быть предложены для систематики почв, создания региональной почвенной базы, а также в качестве типового стандарта для изучения изменений почв.

6.5.4 Буферность почв

Одним из показателей поглотительной способности почв, является кислотно-основная буферность. Изучение кислотно-основной буферности почв имеет большое теоретическое и практическое значение в связи с прогрессивным подкислением почв в различных регионах планеты под влиянием как естественных, так и антропогенных факторов. Большинство естественных почв гумидных областей таежно-лесной зоны характеризуется кислой реакцией среды и низкой насыщенностью основаниями [Подзолистые почвы…, 1980, 1981; Савченко,1989; Forest Soil Conditions in Europe, 1997].

Механизмы буферных реакций изучают методом потенциометрического титрования [Соколова и др., 1993; Надточий,1993; Понизовский, Пампура, 1993]. Химические реакции, которые обуславливает буферность, многообразны и включают взаимодействия ионов H^+ и OH^- с твердыми составляющими почвенного тела и с компонентами почвенного раствора [Филеп, Рэдли, 1989]. Для каждого типа почв характерен свой набор механизмов таких взаимодействий. Эффективность кислотно-основной буферности обусловлена способностью почвенных систем гасить высокую амплитуду активности протонов в реакциях, идущих в почвенных растворах по схеме: кислота → основание + протон [Надточий 1998].

Уникальными ландшафтами на Среднем Урале считаются ландшафты субальпийского (подгольцового) пояса, которые формируются в особых экологических условиях, связанных с подвижностью обломочного материала на склонах, с провальной фильтрацией при интенсивном промывном водном режиме, значительном количестве травянистого опада. Буферность горных почв Среднего Урала ранее не определялась.

Буферные свойства изучали в почвах в подгольцовом поясе. Почвы имеют укороченный слабо дифференцированный на горизонты профиль со значительным содержанием щебня. Исследуемые почвы относятся к стволу

постлитогенного почвообразования, отделы: литоземы (мощность менее 30 см), органо-аккумулятивные, структурно-метаморфические (таблица 6.32).

Таблица 6.32 – Природные условия формирования почв

Номер разреза, alt, м; Э, К, название почвы	Горизонты	МП, см	Растительность, рельеф
г. Северный Басег			
Р. 54, 755, южная, 20, Литозем серогумусовый	AY_1-AY_2-AY_3	17	Березове криволесье горлецовое; умеренно дренированный выровненный участок
Р. 49, 617, западная, 3-5; Серогумусовая метаморфизированная	AY-Aym-C	40	Разнотравно-злаковый луг; слабо дренированный выровненный
Р. 58, 597, западная, 5; Бурозем элювиированный	AY_1-AY_2-AYel-BM-C	91	Зверобойно-разнотравный луг; дренированный пологий участок
Межгорный участок, Басежата			
Р. 62, 641, западная, 5; Серогумусовая гумусово-стратифицированная на буроземе погребенном	AYrh-AY-AYC-[AY]-[BMf].	65	Полевице-разнотравный луг; дренированный покатый
Р. 60, 589, западная, 5; Серогумусовая на погребенной аллювиальной почве	AY-=AYi-C~ -[AY~]-[C~].	56	Полевице-разнотравный луг; слабо дренированный пологий

Примечание: Э – экспозиция склона; К – крутизна склона, МП – мощность профиля

Почвы отличаются повышенным содержанием гумуса и растянутым гумусовым профилем: в верхних горизонтах содержание гумуса 3,5-4,5% и постепенно убывает вниз по профилю. Состав гумуса преимущественно фульватный (отношение Сгк:Сфк 0,2-0,3). Содержание фульвокислот в почвах колеблется от 20 до 50 % от общего содержания органического углерода. Большое содержание кислых гумусовых веществ является результатом их продуцирования на месте, а также поступления с почвенными растворами, стекающими по склону.

Считают, что увеличение кислотных свойств карбоксильных групп фульвокислот горных почв связано с высотой местности, величины рК таких групп 3,47-5,11, а общее содержание 5,7 ммоль/кг [Луценко и др., 2014].

Актуальная кислотность в почвах характеризуется pH_{H2O} 4,8-5,6 единиц. Более высокие значения pH в литоземе на высоте более 700 м, вероятно связаны с характером растительного опада в березовом криволесье, более насыщенном основаниями. Значения pH_{KCl} изменяются в пределах профиля от 3,5 до 4,2. Показатели Нг составляют 10-22 ммоль/100 г. Почвенный

поглощающий комплекс сильно не насыщен основаниями, степень ненасыщенности оснований достигает в ряде почв 80-90%. Биологическая аккумуляция оснований не компенсирует их вынос с внутрипочвенным стоком, хотя в гумусовых горизонтах отмечается снижение степени ненасыщенности.

Метод НПТ позволяет регистрировать преимущественно быстро протекающие буферные реакции, к числу которых относят реакции ионного обмена, протонирования-депротонирования зависимых от pH обменных позиций и диссоциации органо-минеральных соединений в твердой фазе. По результатам НПТ было определено количество поглощенных протонов по формуле: H^+погл. = H^+исх. + H^+добавл. – H^+кон., где H^+исх. – исходное количество протонов H^+ в суспензии; H^+добавл. – добавленное количество протонов; H^+кон. – конечное количество протонов в суспензии после взаимодействия с твердой фазой почвы.

Значения pH почвенных суспензий после добавления максимального количества кислоты снизились в среднем до 2,50-3,16 (таблица 6.33).

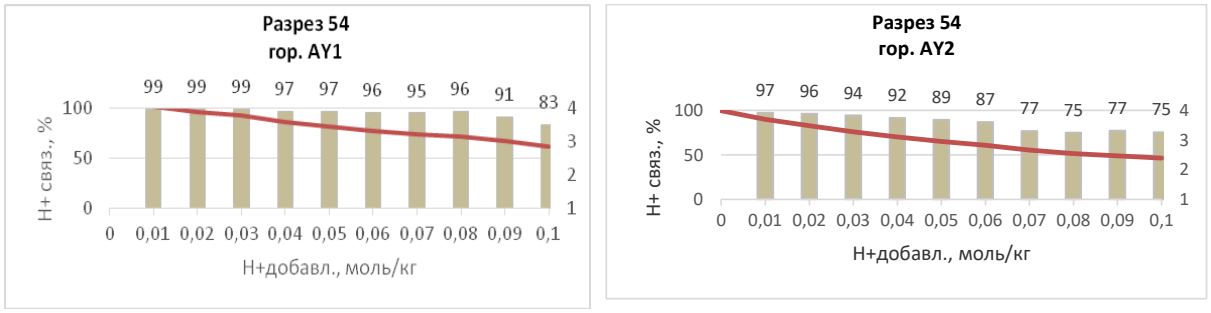
Таблица 6.33 – Поглотительная способность гумусовых горизонтов почв

№ разреза, высота м	Горизонт, глубина, см	H^+добавл., ммоль/кг почвы	pHнтт	pHктт	ΔpH
54, 755	AY_1 2-9	100,0	4,26	3,16	1,09
	AY_2 9-17	100,0	4,00	2,54	1,45
49, 617	AY_1 5-14	80,0	3,70	2,50	1,20
58, 597	AY_1 2-25	100,0	3,86	2,57	1,29
	AY_2 25-34	80,0	3,80	2,90	0,90
62, 641	AY 3-15	100,0	3,58	2,52	1,06
	AY 15-32	80,0	3,80	2,50	1,30

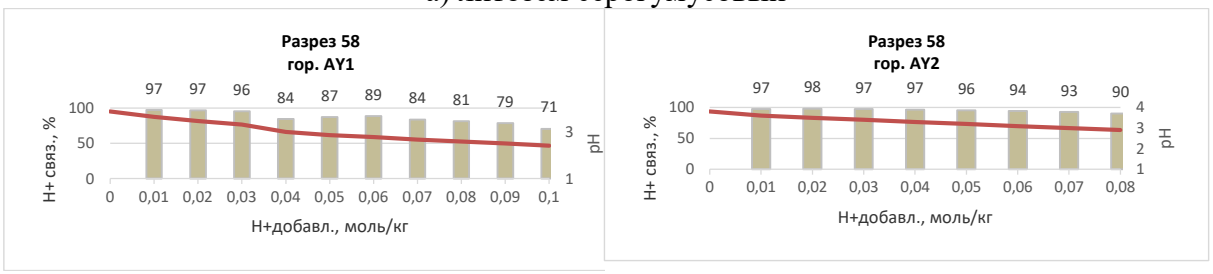
При кислотном воздействии на первые (верхние) гумусовые горизонты значения pH сдвигаются на 1,1-1,3 единицы относительно исходных значений. В нижних гумусовых горизонтах ΔpH составила 0,90-1,45. При этом наибольшее значение pH отмечено в литоземе серогумусовом (р. 54) с менее выраженными кислотными свойствами. В соответствии со шкалой [Глазовская, 1990], по показателю ΔpH, буферность горных почв оценивается выше средней. Сколько-нибудь значительной связи показателя со свойствами почв – содержанием ОВ, ила, pH суспензий – не выявлено.

Определена зависимость ΔpH в гумусовых горизонтах: в большей степени зависит от уровня Hг (r=-0,85), от содержания илистой (r=-0,89) и пылеватой (r=-0,83) фракций, от выноса пылеватой фракции (r=-0,92) и накопления песчаной фракции (r=0,65), а также от содержания консервативной части ОВ (r=-0,71).

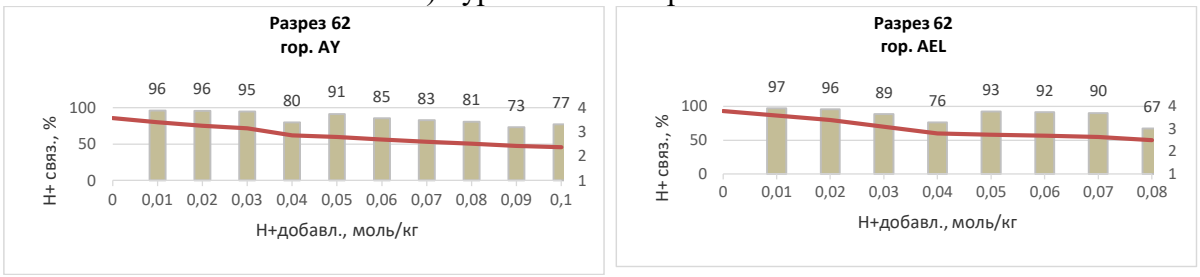
Количество поглощенных протонов в конце титрования составило в среднем 70-90 ммоль/кг почвы, что соответствует 75-95 % от количества добавленных (рисунок 6.29). По мере увеличения концентрации протонов в растворе поглотительная способность падает: в суспензиях из гумусовых горизонтов она снижается с 97 до 70%. Увеличение интенсивности поглощения отмечаются при значениях pH ниже 3,9-3,6; 3,0 и 2,5. Поглощение протонов в этих диапазонах pH по данным [Соколова и др., 2012] происходит в результате реакций вытеснения обменных оснований, диссоциации органоминеральных комплексов с последующим протонированием органических лигандов, растворения минералов.



а) литозём серогумусовый



б) бурозём элювиированный



в) серогумусовая

Рисунок 6.29 – Изменение поглотительной способности и pH при титровании кислотой почвенных суспензий гумусовых горизонтов почв

В целом, эти зоны характеризуются высокой емкостью, на что указывают значения ΔpH (таблица 6.34). На основании графического анализа были определены буферные площади, а также показатель приведенной буферности. Данный показатель определяется относительно эталона с абсолютной буферностью, принятой за 100%. График буферности эталона имеет вид горизонтальной прямой со значением pH=7.

Таблица 6.34 – Буферные площади и степень приведенной буферной способности в гумусовых горизонтах в горных почвах

Разрез №	Горизонт, глубина, см	pH HTT	Площадь буферности см^2	Степень приведенной буферной способности	ΔpH
Северный Басег					
54	AY_1 2-9	4,3	9,0	27,0 (низкая)	1,4
49	AY_1 5-14	3,7	6,0	20,0 (очень низкая)	1,2
58	AY_1 2-25	3,9	6,0	19,2 (очень низкая)	1,5
	AY_2 25-34	3,8	4,3	15,8 (очень низкая)	1,2
Межгорный участок, Басежата					
62	AY 3-15	3,6	7,0	22,0 (низкая)	1,2
60	AY 3-10	3,3	1,1	6,8 (предельно низкая)	1,9

Площадь буферности является низкой, что означает – почва слабо «буферит». Показатель приведенной буферной способности составил 7-27% от площади эталона с абсолютной буферной способностью (очень низкая и низкая буферность почв к кислотному воздействию). Установлено снижение буферности горных почв к кислотному воздействию с уменьшением высоты местности (r=0,76).

Приведенная буферная способность в большей степени зависит от содержания ила (r=0,73), средней и мелкой пыли ((r=0,53), а также от накопления крупной пыли (r=0,82) и выноса песчаной фракции (r=-0,56).

Буферные свойства почв субальпийского пояса имеют среднюю связь с содержанием кремния (r=0,46) и обратную связь с содержанием железа (r=-0,68). Таким образом, буферные свойства связаны с минералогическим составом почв, на что указывает и связь приведенной буферной способности с энтропией валового состава (r=-0,70).

При максимально неравномерном распространении компонентов системы энтропия стремится к нулю, что способствует повышению буферной устойчивости почв. Приведенная буферная способность связана с ОВ (r=0,76) и

его консервативной частью (r=0,64), а со степенью гумификации – обратная связь (r= -0,67).

В исследуемых гумусовых горизонтах пики интенсивности буферности хорошо выражены в интервале pH 2,7-2,45, причем значения согласуются с содержанием гумуса. Очевидно, что буферные реакции в данном интервале связаны с органоминеральными производными гумусовых кислот. Падение pH раствора вызывает снижение отрицательного заряда органических соединений за счет ослабления ионизации групп COOH, а также уменьшения протонизации глинистых минералов в почвах.

Ученые считают, что при перезарядке коллоидных частиц $Fe(OH)_3$ и $Al(OH)_3$ и органических коллоидов амфолитоидной природы повышается также их положительный заряд [Мотузова, 1994]. В результате происходит снижение емкости катионного обмена и уменьшаются прочность связи металлов с почвой, коэффициент селективности, что в свою очередь влечет к увеличению доли металлов в ППК и поглощение элементов в целом падает.

На титрование суспензий в интервале pH 2,7-2,45 затрачено от 20 до 80 и более ммоль/кг кислоты. Среди анализируемых почв наибольшей буферностью по отношению к кислоте характеризуются: бурозем элювиированный (р. 58), серогумусовая (р. 62). Органо-аккумулятивная почва и литозем серогумусовый проявляют меньшую устойчивость по отношению к кислоте. Таким образом, установлено, что увеличение кислотной нагрузки горных почв субальпийского пояса приводит к снижению их поглотительной способности, что доказывает чувствительность почв горных ландшафтов к кислотным воздействиям.

Определены пороговые значения pH в структуре буферности: 3,9; 3,0 и 2,5. В интервале pH от начальной точки титрования до 3,0 во всех горизонтах основными буферными реакциями являются вытеснение протоном обменных катионов. В горизонтах, содержащих ОВ, к ним добавляются реакции диссоциации органоминеральных комплексов с последующим протонированием органических лигандов. При понижении pH ниже 2,5 единиц происходит растворение полуторных окислов железа. В минеральных горизонтах возможны реакции, связанные с растворением смешано-слойных глинистых минералов.

Итак, почвы обладают низкой и очень низкой буферной способностью, и как следствие, слабой эколого-геохимической устойчивостью к кислотным воздействиям. Для оценки буферных свойств наиболее объективным показателем является приведенная буферная способность, позволяющая сравнивать почвы, формирующиеся в разных экологических условиях.

6.5.5 Кислотный след почв

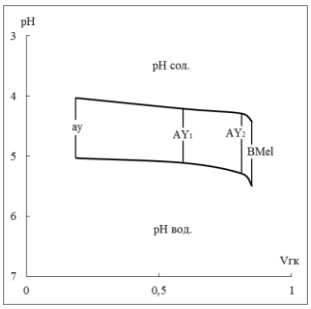
Для понимания природы почвенной кислотности почв сформированных на разных абсолютных высотах, под разной растительностью, в разных ландшафтах, обратились к концепции кислотного следа (КС) почвообразования посредством создания V-диаграмм [Кокотов, 1981; Кокотов и др., 2014; 2016].

Кислотный след рассмотрен по типам почв с учётом высотных условий формирования, экспозиции склонов хребта.

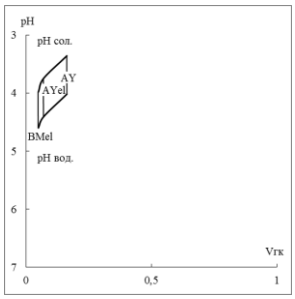
Кислотный след структурно-метаморфических почв

В нижней части горно-лесного пояса формируются буроземы с морфологическими признаками грубогумусированности, глееватости, ожелезнения, элювиированности. Горизонтограммы кислотного следа имеют как горизонтально (р. 39, 36, 34), так и вертикально (р. 38, 37, 35) вытянутое положение (рисунок 6.30).

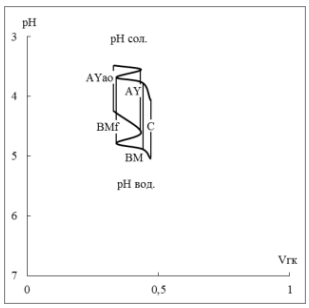
Таким образом, формируются профили почв с увеличением степени насыщенности основаниями вглубь, что косвенно указывает на некоторую устойчивость почв к внешним воздействиям. Горизонтограммы КС бурозёмов, расположенных на перегибах склона, характеризуются сложной формой с неоднократными изменениями направления кривых кислотности (р. 37, 35). Это несет информацию о сложном профиле с двумя геохимическими кислотно-основными барьерами, возникающими при смене экологических условий.



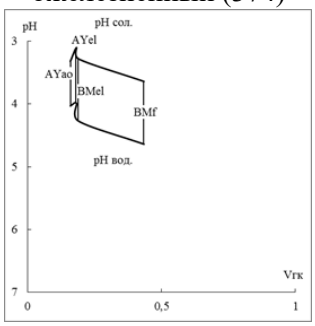
р. 39. Бурозем ожелезненный (374)



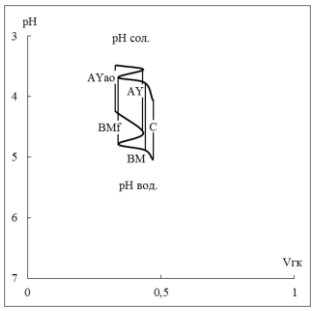
р. 38. Бурозем элювиированный (373)



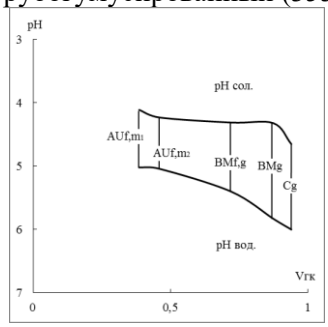
р. 37. Бурозем ожелезненный грубогумусированный (353)



р. 36. Бурозем элювиированный ожелезненный (347)



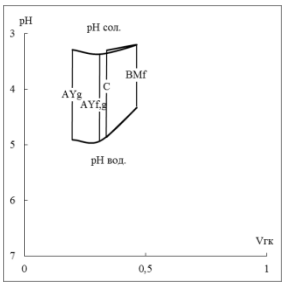
р. 35. Бурозем грубо-гумусированный глееватый ожелезненный (347)



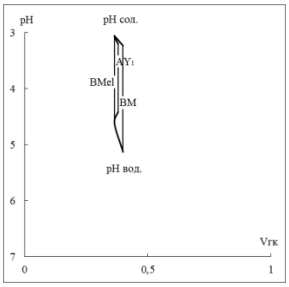
р. 34. Бурозем глееватый ожелезненный (346)

Рисунок 6.30 – Кислотный след буроземов на западном склоне в приручьевых лесах и луговине среди леса (р. 36) на г. Северный Басег

Кислотный след буроземов в таежной зоне на западном склоне на горе Южный Басег характеризуются вертикально вытянутой формой кислотного следа, расположенного в ненасыщенной части поля кислотности (рисунок 6.31). Почвы можно отнести к неустойчивым к внешним воздействиям.



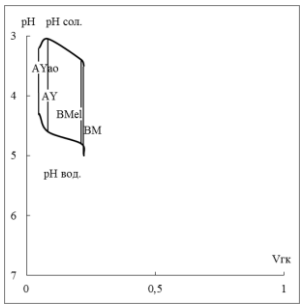
р. 75. Бурозем ожелезненный глееватый (419)



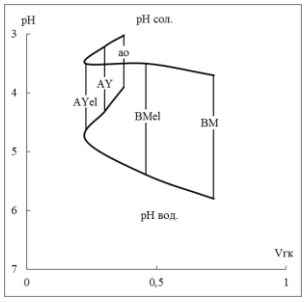
р. 74. Бурозем элювиированный (418)

Рисунок 6.31 – Кислотный след буроземов на западном склоне г. Южный Басег

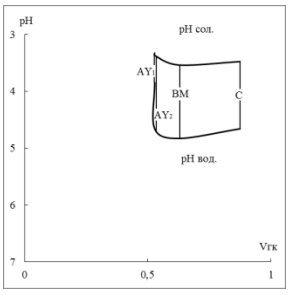
На склоне северной экспозиции горно-лесной пояс представлен ельниками кислично-мелко-папоротниковыми, где формируются буроземы с выраженным накоплением грубого гумуса, признаками элювиирования и иллювиирования (рисунок 6.32).



р. 9. Бурозем грубогумусированный элювиированный (420)



р. 10. Бурозем грубогумусированный элювиированный (400)

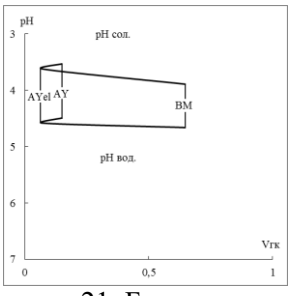


р. 26. Бурозем глинисто-иллювиированный (315)

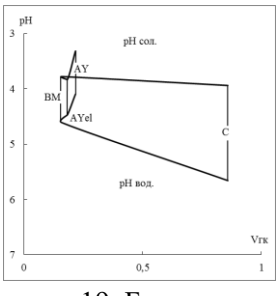
Рисунок 6.32 – Кислотный след буроземов на склоне северной экспозиции в горно-лесном поясе на г. Северный Басег

Кислотный след буроземов на склоне северной экспозиции изменяется с понижением по высоте н.у.м., перемещаясь из кислой ненасыщенной части поля кислотности в насыщенную часть при сохранении того же уровня кислотности. КС имеет перегибы, то есть имеют место кислотные геохимические барьеры, разделяющие профиль, возможно, на разновозрастные горизонты с неоднородным почвенным материалом.

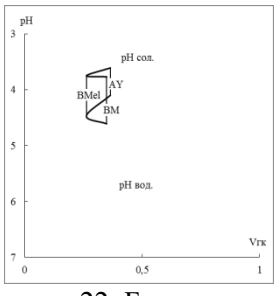
Подгольцовый пояс (березово-пихтовые и березово-еловые криволесья, луга) расположен в нижней части водораздельной территории хребта, где под хвойно-лиственными лесами и под луговой растительностью формируются буроземы. Горизонтограммы КС почвообразования имеет перегиб кривых кислотности (рисунок 6.33, 6.34), где создается кислотно-основной геохимический барьер. В буроземах на западном склоне на высоте > 500м и крутизне > 3° профили дифференцированы по насыщенности основаниями.



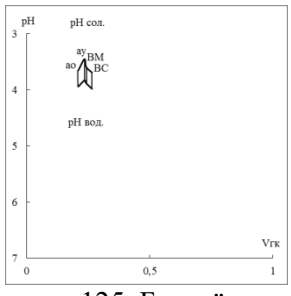
р. 21. Бурозем элювиированный (590)



р. 19. Бурозем элювиированный (565)



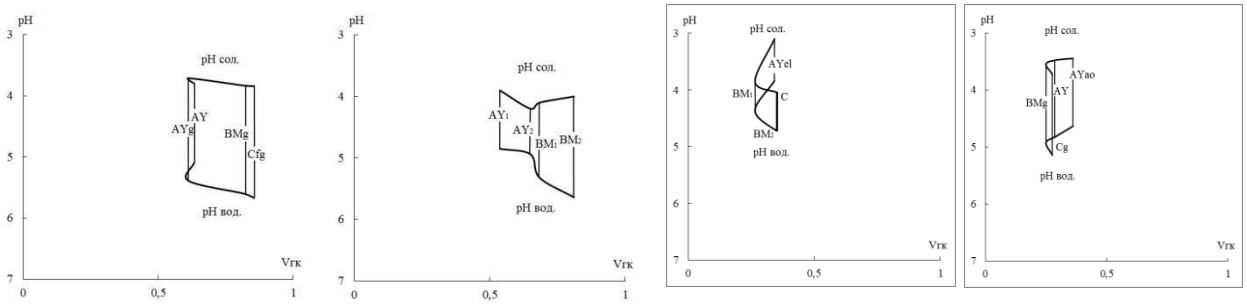
р. 22. Бурозем элювиированный (557)



р. 125. Бурозём грубогумусированный (528)

Рис. 6.33 – Кислотный след буроземов на западном склоне в предгорном и парковом лесах на г. Северный Басег

В буроземах паркового редколесья (мелколиственные высокотравные леса), в более пологих условиях, имеются признаки глееватости в профиле. Горизонтограммы характеризуют несколько иные кислотно-основные условия почв (рисунок 6.34).



р. 27. Бурозем глееватый ожелезненный (595)

р. 1. Бурозем глееватый (570)

на южном склоне

р. 16. Бурозем элювиированный (580)

р. 15. Бурозем грубогумусированный глееватый (577)

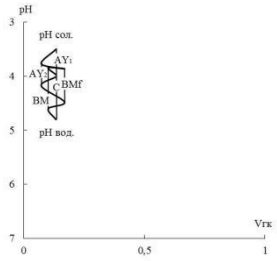
на восточном склоне

Рисунок 6.34 – Кислотный след в буроземах на высоте 500-600 м н.у.м.

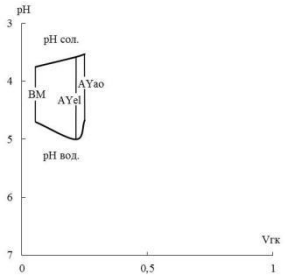
Так, в бурозёмах, на склоне южной экспозиции, формирующихся под пихтово-еловым аконитовым лесом, повышается содержание обменных катионов вниз по профилю, что показывают значения *Vгк*. Горизонтограммы кислотного следа бурозёмов, формирующихся на склоне восточной экспозиции на высоте 500-600м, расположены в левой ненасыщенной части поля кислотности и имеют вертикально вытянутую форму с выраженными перегибами кривых.

В буроземах (на 600-700 м) под высокотравными лугами (рисунок 6.35) горизонтограммы расположены полностью в верхней левой части поля кислотности, но отличаются значениями *Vгк.* Эта часть склона является слабо наклоненной к межгорной седловине, что способствует меньшему выщелачиванию обменных оснований из профиля почвы.

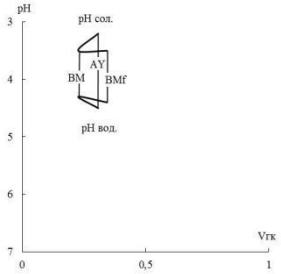
На высоте 700–800 м н.у.м. на луговых полянах среди криволесья на склонах южной и восточной экспозиций в горизонтограммах буроземов кривые значений pH солевой и водной вытяжек почти параллельны (рисунок 6.36).



р. 32. Бурозем ожелезненный (691)



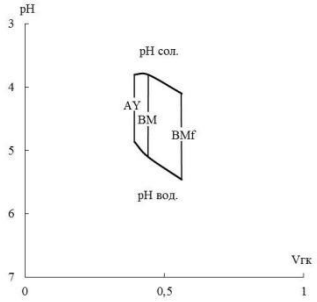
р. 29. Бурозем элювиированный (613)



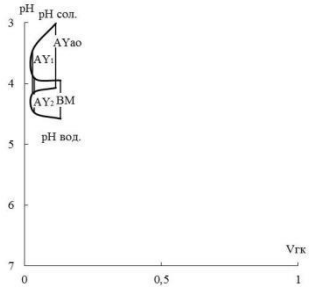
р. 109. Бурозем ожелезненный (609)

Рисунок 6.35 – Кислотный след в буроземах на высоте 700-600 м н.у.м.

Буроземы, формирующиеся в березовом криволесье (р. 8, 30, 32) отличаются более кислой реакцией среды и низкой насыщенностью основаниями, особенно в почвах на крутых и покатых участках склона.



р. 8. Бурозем ожелезненный, 800 м



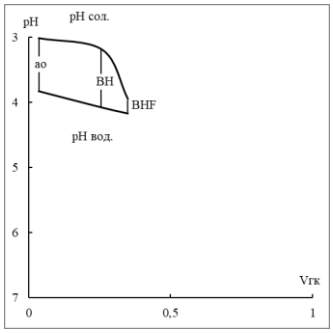
р. 30. Бурозем грубогумусированный, 794 м

Рисунок 6.36 – Кислотный след в буроземах на высоте 800-700 м н.у.м.

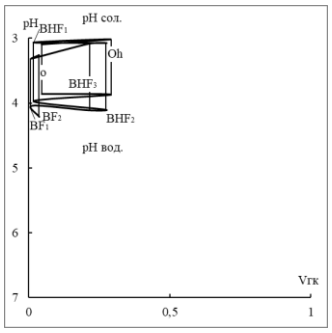
Таким образом, горизонтограммы КС буроземов характеризуются перегибами, указывающие на наличие кислотных барьеров и на смену экологических условий, связанных с формированием почв на крутых позициях; извилистым характером верхней и нижней ветвей горизонтограмм, диагностирующим сложный профиль, формирующийся в разных климатогенных условиях, и на разновозрастность горизонтов профиля. По горизонтограммам видно четкое разделение профиля на гумусовые и структурно-метаморфические горизонты, в которых создаются наиболее кислые условия.

Кислотный след альфегумусовых почв

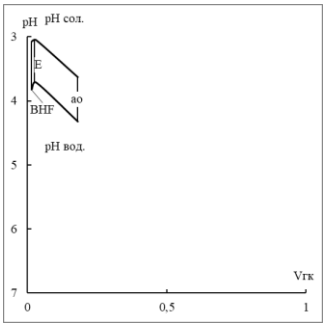
Кислотный след альфегумусовых почв расположен в самой кислой части поля кислотности, имея при этом, сложную более менее компактную форму (рисунок 6.37). Различия между pH_{H2O} и pH_{KCL} у подбуров и подзолов, выражены явно в пределах всего профиля.



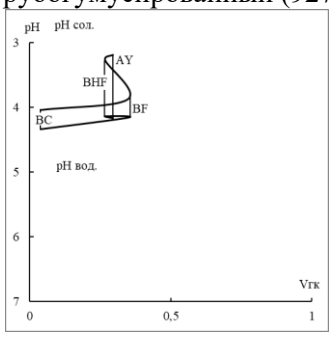
р. 136. Подбур грубогумусированный (927)



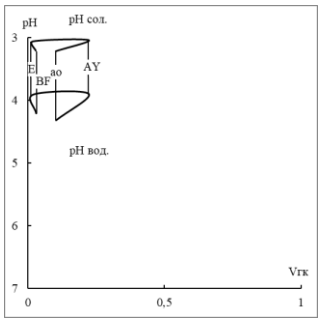
р. 138. Подбур перегнойный (871)



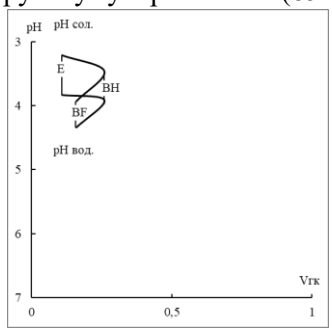
р. 103. Подзол грубогумусированный (854)



р. 140. Дерново-подбур (841)



р. 102. Дерново-подзол грубогумусированный (836)



р. 118. Подзол (756)

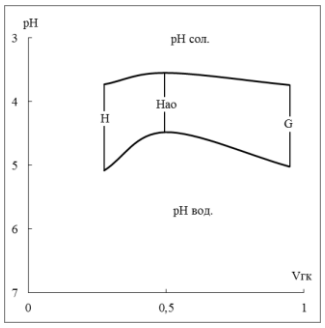
Рисунок 6.37 – Распределение в поле кислотности *V*-диаграммы генетических горизонтов альфегумусовых почв

В кислотном следе подзолов наблюдается проявление элювиального процесса (р. 103, 102, 118). Горизонт *E* характеризуется более высоким значением степени насыщенности почв основаниями и более низким значением pH водной и солевой вытяжки (р. 103, 102, 118). Эта особенность хорошо заметна на *V*-диаграммах поля кислотности и может указывать на наличие кислых геохимических барьеров с большей насыщенностью основаниями за счет постоянного поступления обменных оснований в результате интенсивного постоянно идущего выветривания почвенного материала.

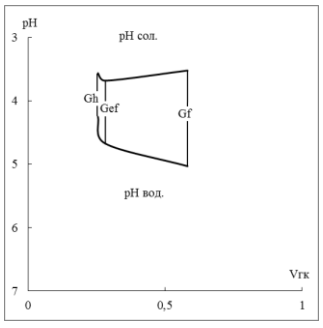
Кривые КС почвообразования указывают на разновозрастность горизонтов и формирование почвы в разных климатогенных условиях в большей степени в подзолах, иногда это проявляется и в подбурах.

Кислотный след глеевых почв

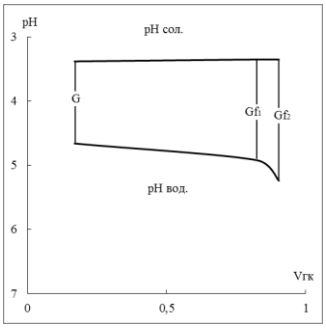
Глеевый процесс откладывает свой отпечаток на кислотный след. Все *V*-диаграммы глеевых почв стремятся в правую умеренно насыщенную зону поля кислотности (рисунок 6.38).



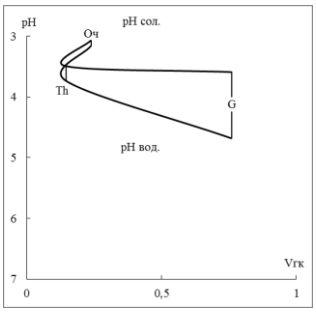
р. 111. Перегнойно-глеевая грубогумусированная (633)



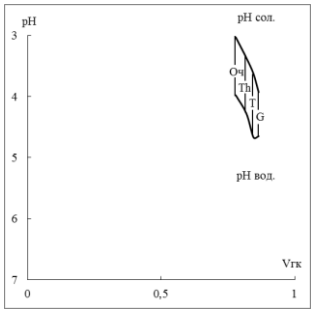
р. 23. Глеезем криогенно-ожелезненный (519)



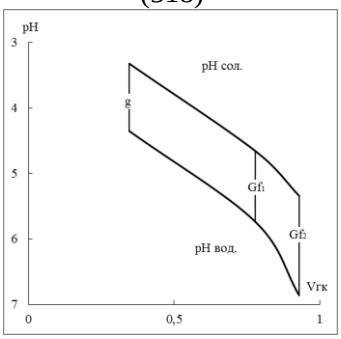
р. 24. Глеезем ожелезненный (518)



р. 108. Торфяно-глеезем (518)



р. 25. Торфяно-глеезем (517)



р. 82. Глеезем ожелезненный (382)

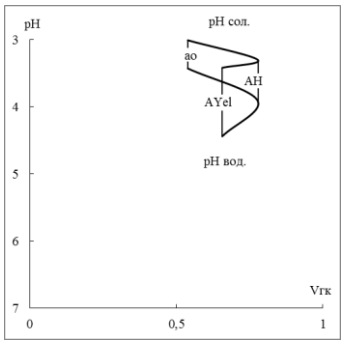
Рисунок 6.38 – Распределение в поле кислотности *V*-диаграммы генетических горизонтов почв отдела глеевые

Срединная ветвь почти всех *V*-диаграмм имеет форму «плато» – это промежуточная протяжная и относительно плоская область кислотного следа – срединная часть профиля. Здесь наблюдается относительное постоянство величин обеих pH в области значений примерно от 3,5 до 5,5, соответствующих «среднему значению кислотности», что так же можно назвать областью «кислотной буферности почв».

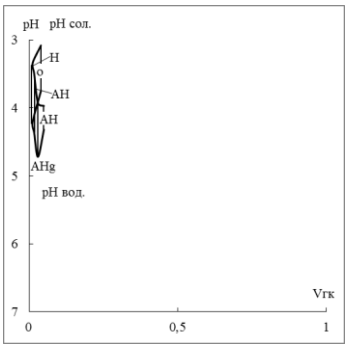
Итак, кислотный след глеевых почв позволяет выделить особенности: почвы менее кислые, чем структурно-метаморфические и альфегумусовые; насыщенность основаниями увеличивается в горизонтах G, как при изменении кислотности в пределах профиля с кислой, на близкую к нейтральной, так и при сохранении кислой реакции по профилю почвы.

Кислотный след органо-аккумулятивных почв

Почвы отдела органо-аккумулятивные фрагментарно обнаружены в тундровой зоне под травяно-моховым напочвенным покровом и в подгольцовом поясе (субальпийские луга-поляны). Кислотный след почвообразования органо-аккумулятивных почв находится в интервале кислых показателей pH и ненасыщен обменными основаниями, хотя и находится ближе к центральной части поля кислотности (рисунок 6.39, 6.40).



р. 51. Перегнойно-темногумусовая грубогумусированная элюиированная (940)



р. 143. Перегнойно-темногумусовая глееватая (913)

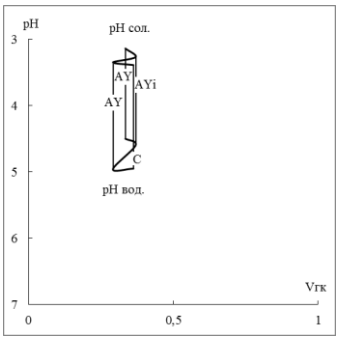
Рисунок 6.39 – Кислотный след органо-аккумулятивных почв тундровой зоны

Кислотный след перегнойно-темногумусовых и серогумусовых почв большей частью вытянут вертикально, что говорит о некоторой стабильности почв по содержанию обменных оснований в пределах профиля. Однако, имеют место перегибы ветвей КС, разделяющие верхние гумусовые горизонты с нижними по насыщенности, проявляются признаки иллювиирования, метаморфизации, элювиирования, ожелезнения.

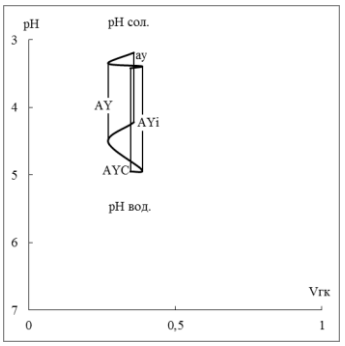
Перегибы ветвей КС диагностируют сложный профиль с возможно погребенными гумусовыми горизонтами. Органо-аккумулятивные почвы заполняют определенные экологические ниши и формируются на выположенных слабонаклоненных платообразных поверхностях (платообразные террасы, поверхности выравнивания) между крутыми частями склонов хребта. В связи с этим, почвы испытывают периодическое омоложение и обновление за счет приноса денудационного материала с вышезалегающих крутых склонов. Итак, органо-аккумулятивные почвы характеризуются кислой

pH независимо от произрастающей растительности, наличием геохимических барьеров, сложным профилем.

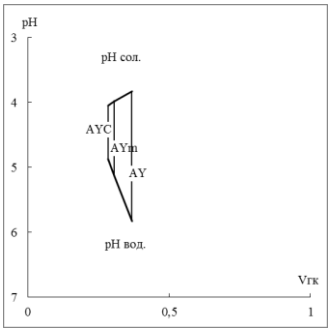
р. 5. Серогумусовая темногумусированная (700)



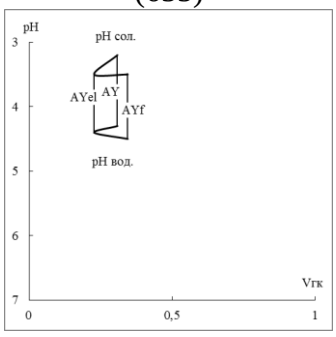
р. 55. Серогумусовая глинисто-иллювиированная (655)



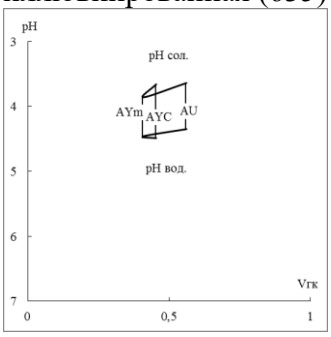
р. 63. Серогумусовая глинисто-иллювиированная (635)



р. 66. Серогумусовая метаморфизированная (611)



р. 109. Серогумусовая элювиированная ожелезненная (609)



р. 127. Серогумусовая метаморфизированная (605)

Рисунок 6.40 – Распределение в поле кислотности *V*-диаграммы генетических горизонтов органо-аккумулятивных почв подгольцового пояса

Изучение совокупности всех построенных *V*-диаграмм приводит к гипотезе о существовании некой общей тенденции, так или иначе проявляющихся в форме многих кислотных следов. Эта тенденция отражается также и особенностями распределения в поле кислотности почв различных генетических горизонтов, и формой всей области существования почв в поле кислотности. Кислотный след позволил определить подтиповые особенности почв и особенности почв разных отделов.

Анализ и сравнение кислотного следа позволил выявить типовые и индивидуальные различия горных почв по природе почвенной кислотности и локальные проявления почвообразования, отражая особенности протекшего в ней почвообразовательного процесса в поле кислотности.

6.5.6 Структурные связи кислотно-основных свойств в почвах

Глубокому пониманию природы кислотности почв способствует поиск зависимостей между отдельными показателями. В статистической выборке участвует 62 почвенных профиля.

Установлена связь показателей кислотно-основных свойств с изменением высоты местности (прилож. 18), наиболее сильная связь отмечается с обменной кислотностью и составом катионов. Содержание гумуса в почвах слабо зависит от кислотных свойств почв. Актуальная кислотность в большей степени связана с изменением ΔpH и обменной кислотностью, чем с гидролитической кислотностью и составом обменных катионов. Из обменных катионов, актуальная кислотность напрямую зависит от содержания обменных оснований и обратной связью – с обменным алюминием. Обменная кислотность, напротив, в большей степени связна обратной зависимостью с гидролитической кислотностью, и с составом катионов, кроме обменного водорода. Таким образом, природой актуальной и обменной кислотности является наличие обменного алюминия в ППК.

Гидролитическая кислотность напрямую связана и тесной связью с емкостью катионного обмена и обратной сильной связью со степенью насыщенности основаниями. Это значит, что потенциальная Нг, больше зависит от содержания H^+, которым насыщается ППК в результате диссоциации органических кислот, образующихся при разложении кислого лесного опада.

В почвах по свойствам, коррелирующих друг с другом, была проведена иерархическая классификация диагностических горизонтов методом одиночной связи, используя Евклидово расстояние и выполнена классификация объектов методом k-средних. Для большей точности и конкретности почвы объединили по высотным поясам. По значениям показателей кислотности почв (pH_{KCl}, Нг, Ca^{2+}+Mg^{2+}) и абсолютной высоте местности построены дендрограммы сходства горизонтов типов почв по высотным ландшафтам.

В горно-тундровом поясе все горизонты разделились на 5 кластеров по высотным условиям формирования, генетическим признакам и типам почв отделов. В 1 кластер объединены верхние горизонты с переходным признаком *ao* грубогумусированности (рисунок 6.41). Во 2 кластере – альфегумусовые горизонты почв, сформированные на высотах 875-854 м, а почвы ниже 854 м выделились в самостоятельный кластер. Почвы, разрезы которых были заложены выше 900 м, также объединились в отдельный кластер. Только органо-аккумулятивная почва (р. 51) на высоте 940 м обособилась от исследуемой выборки.

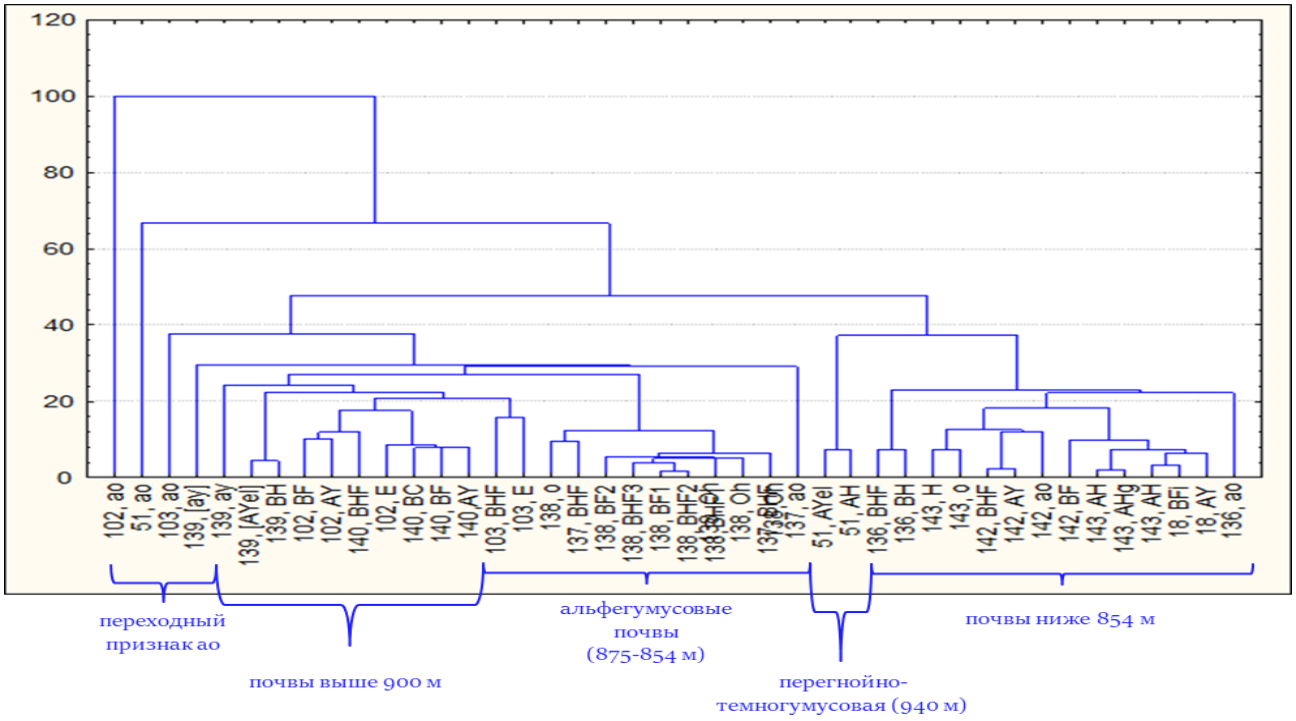


Рисунок 6.41 – Дендрограмма сходства диагностических горизонтов почв горно-тундрового пояса (n=42)

В подгольцовом поясе (криволесье) для кластерного анализа методом одиночной связи были заданы те же свойства 6 профилей (рисунок 6.42). В криволесье подзолистые горизонты (E) почв образовали один кластер. Горизонты с признаками грумогумусированности образовали второй кластер. Модификации альфегумусового горизонта (BHF): иллювиально-гумусовые и иллювиально-

железистые (BH и BF) сформировали самостоятельный кластер. В четвертом кластере объединились почвы, формирующиеся на высотах 816-715 м. Горизонты подбура на высоте 811 м образовали самостоятельный кластер.

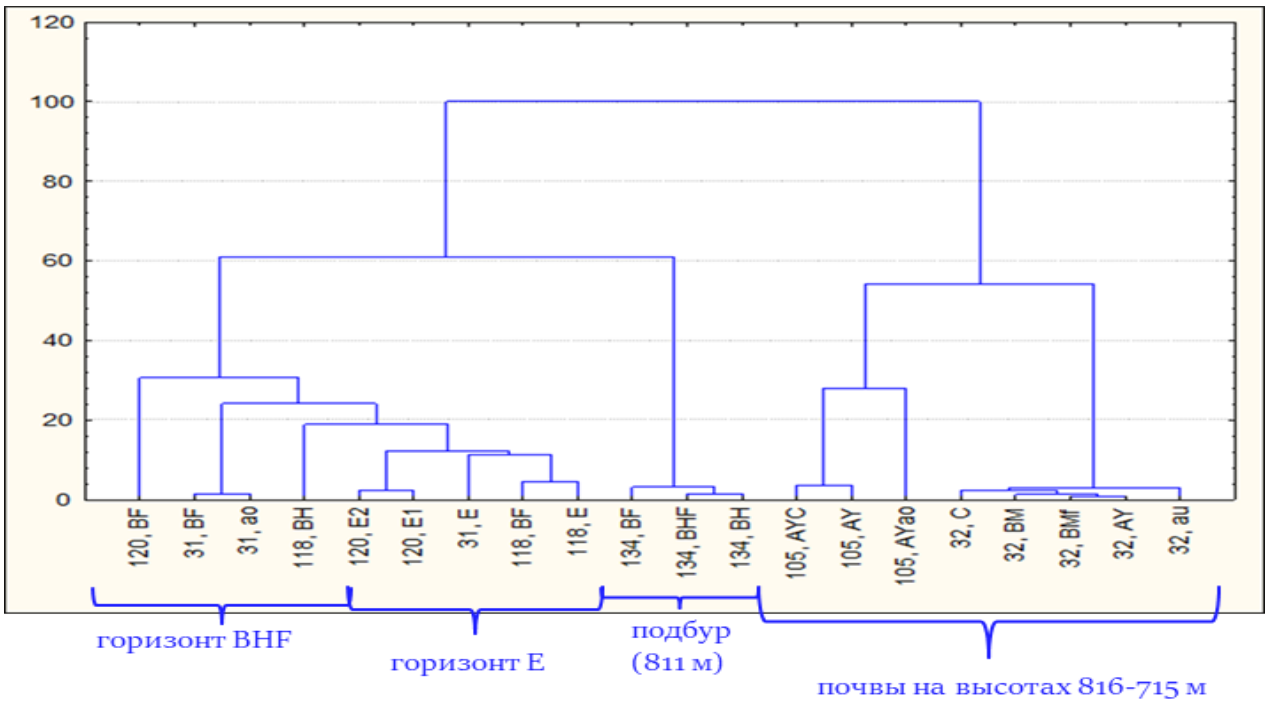


Рисунок 6.42 – Дендрограмма сходства диагностических горизонтов почв подгольцового пояса (криволесье, редколесье, n=20)

Почвы на лугах в подгольцовом поясе (19 почвенных профилей) разделились в кластеры по высоте и по генетическим признакам (рисунок 6.43). В первый кластер вошли почвы, заложенные на 633-655, в срединных горизонтах которых проявляется иллювиирование. Темногумусовая грубогумусированная почва на высоте 700 м (р. 5) образовала отдельный кластер. В состав следующего кластера вошли горизонты почв на высоте 609-613, в которых проявляется генетический признак элювиирования. Органо-аккумулятивные почвы с проявлением процесса метаморфизации образовали самостоятельный четвертый кластер.

В подгольцовом поясе в почвенном покрове встречаются буроземы. В результате кластерного анализа все горизонты буроземов объединились в два

самостоятельных кластера, разделяющие объекты по высотным условиям формирования: на высоте 570-590 и на 800, 794 м.

В болотном массиве горизонты почв разделились на кластеры по расположению по отношению к центру болота. Глеезем ожелезненный и торфяно-глеезем (р. 24, 25), расположены непосредственно в болотном массиве и объединились в самостоятельный кластер (рисунок 6.44). Отдельный кластер образовали горизонты глеезема ожелезненного (р. 23), расположенного за границей болотного массива в ельнике хвоще-сфагновом.

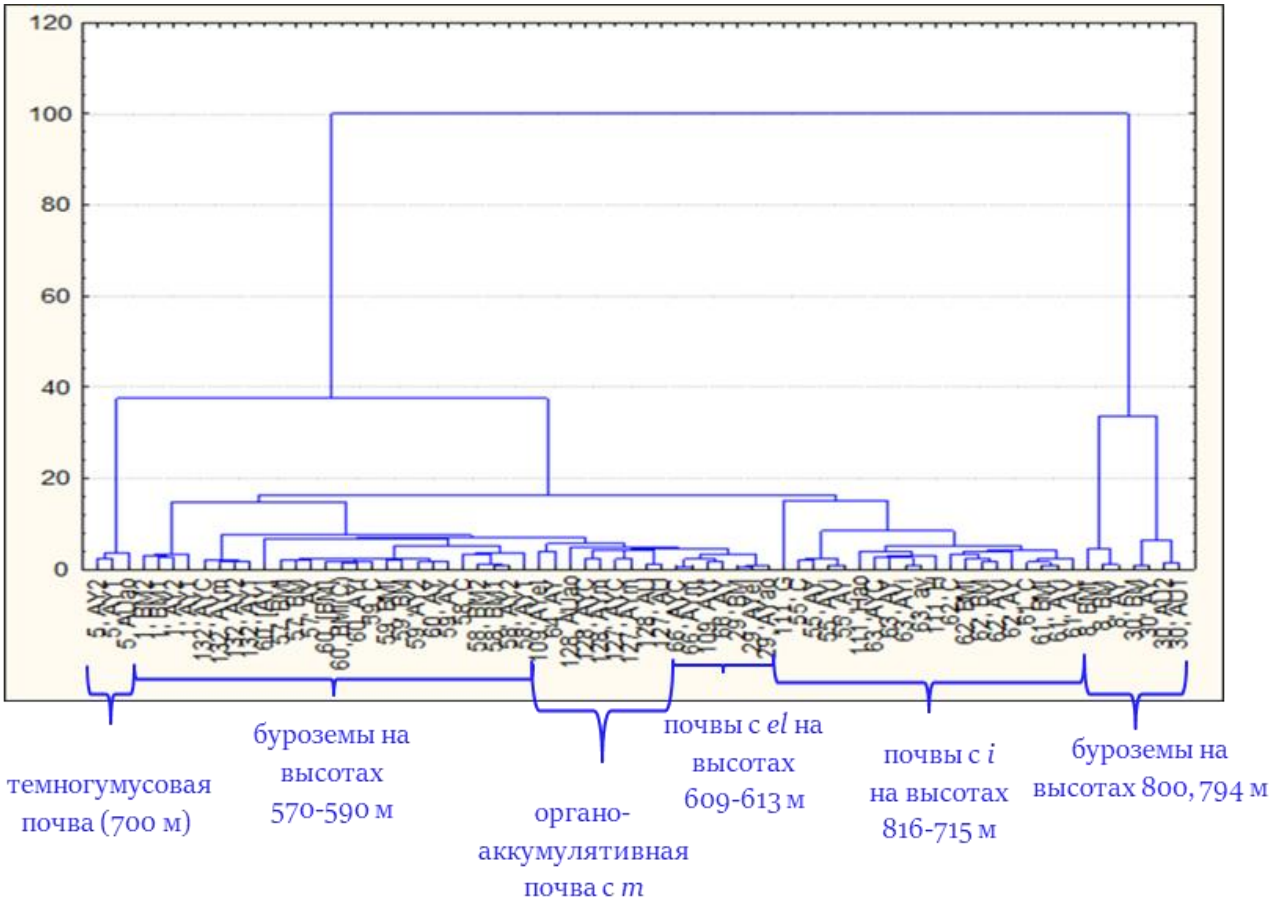


Рис. 6.43 – Дендрограмма сходства диагностических горизонтов почв подгольцового пояса (луга, парковый лес, n=72)

Горизонты буроземов горно-лесного пояса (n=82) разделились по условиям формирования, связанных с высотой местности (рисунок 6.45): почвы

паркового леса (4 кластер), буроземы на высоте около 400 м (3 кластер), в нижней части горной тайги (372-382 м) (2 кластер) и 353-315 м (1 кластер).

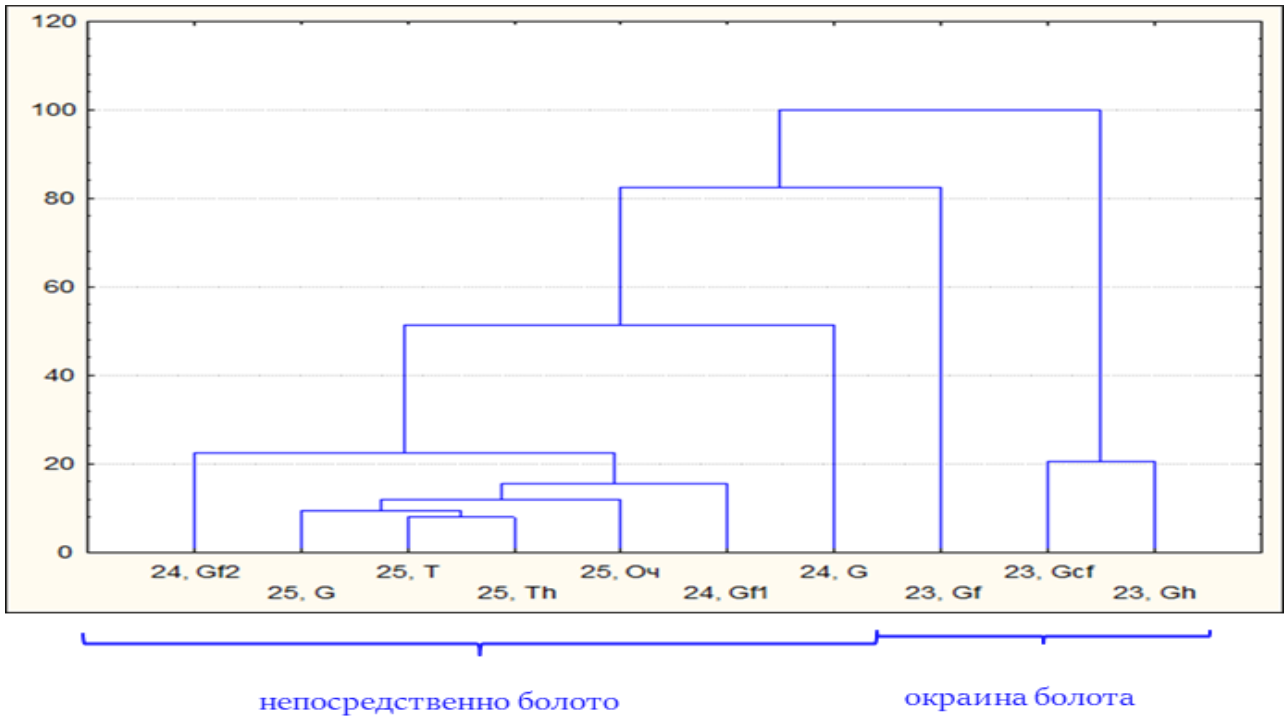


Рисунок 6.44 – Дендрограмма сходства горизонтов в почвах горного болота (n=10)

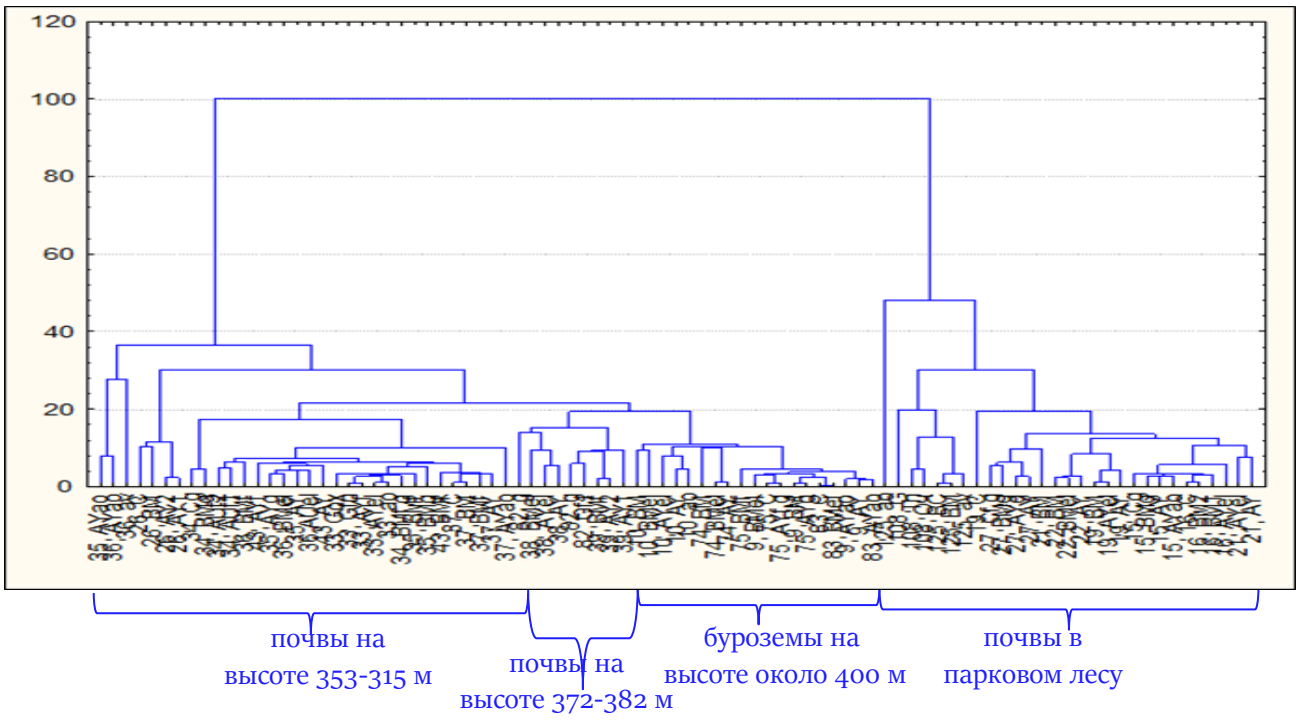


Рисунок 6.45 – Дендрограмма сходства диагностических горизонтов в почвах горно-лесного пояса (n=82)

Дисперсионный анализ свойств почв методом k-средних показал (приложение 18, таблица 2), что почти для всех почвенных свойств уровень значимости меньше 0,05 и, следовательно, нулевая гипотеза о равенстве средних по выделенным кластерам отвергается. Значения F, полученные для каждого свойства, являются индикатором того, насколько хорошо соответствующее свойство разделяет кластеры. Максимальное значение F = 842,144 у показателя абсолютной высоты местности, из этого следует, что условие залегания по рельефу самое сильное свойство, разделяющее кластеры во всех высотных поясах кроме горного болота (парковый лес-горная тайга), где на первом месте разделения почв выступает гидролитическая кислотность. Затем идет условие залегания по рельефу, pH_{KCl} и содержание обменных оснований Ca^{2+}+Mg^{2+}.

Дисперсионный анализ показал, что диагностические горизонты почв мало различаются по pH_{KCl} и не разделяются на кластеры по данному признаку, так как связь является не существенной.

Почвенно-геоморфологические закономерности проявляются во всех высотных ландшафтах и заключаются в следующем: даже в пределах одного высотного ландшафта, условия формирования почв отличаются в первую очередь, по высоте залегания; а затем по качественным свойствам почв.

Глава 7. ПОЧВЕННЫЙ ПОКРОВ НА РАЗНЫХ УРОВНЯХ ОРГАНИЗАЦИИ

Теоретической основой изучения пространственной неоднородности почвенного покрова являются закономерности пространственной смены почв в связи с условиями рельефа, сменой состава пород, характерными особенностями растительного покрова.

7.1 Топографический профиль и характеристика состава почвенного покрова ключевого участка

С помощью модуля пространственного геоанализа построен топографический профиль западного склона горы Сверный Басег (рисунок 7.1). Общий перепад высот составляет 600 м, уклон изменяется от 1 до 35°. Почвенный покров последовательно меняется с учётом высоты местности, растительности и формы элементов ЛВБ.

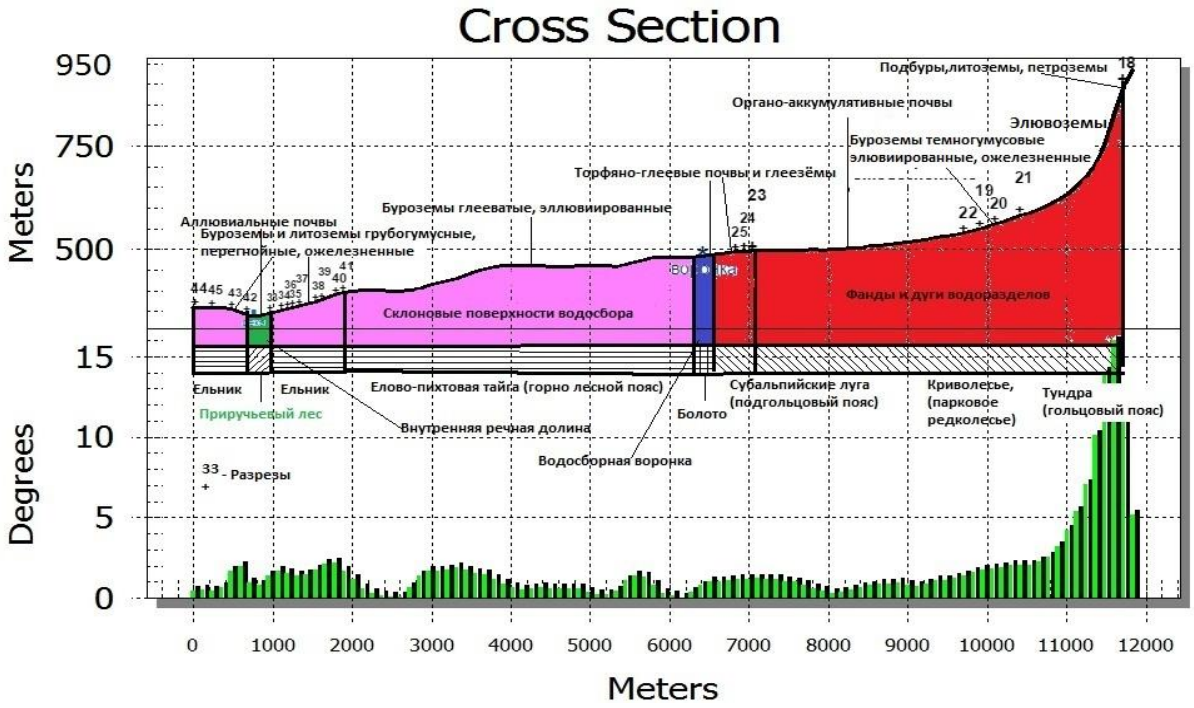


Рисунок 7.1 – Топографический профиль западного склона горы Северный Басег

Так, в пределах русловой поймы (344-345 м) притока р. Малый Басег формируются почвы при преобладании березняка таволго-разнотравного –

аллювиальная гумусовая глеевая элювиированная ожелезненная и литозем темногумусовый ожелезненный на крутом склоне, мощность профиля 102 и 33 см соответственно. На восточном склоне от притока р. Малый Басег (р. 34-41) происходит последовательное уменьшение мощности профиля с 100 до 35 см. Доминирует березово-еловый таволговый (приручьевый) лес, местами встречаются луговины. Почвы изменяются от бурозема грубогумусного ожелезненного глееватого до литозема темногумусового ожелезненного потечно-гумусового, при изменении высоты местности от 346 до 396 м. Этот ландшафт формируется на склоновой поверхности водосбора.

Подобная ситуация возникает и при анализе почв западного склона от реки Малый Басег (р. 43, 44, 45), где высота над уровнем моря последовательно увеличивается с 352 до 364 м, а почвы меняются от бурозема ожелезненного до литозема серогумусового потечно-гумусового на выположенном участке (склоновая поверхность бассейна), растительность представлена ельником кислично-мелко-папоротниковым. Развитие почв в зонах внутренних речных долин, определяется составом геологических пород и степени их разрушения, сочетанием аллювиального и дернового процессов, бурозёмообразования.

Далее вверх по склону, до водосборной воронки на высоте 400-480 м, произрастает елово-пихтовая тайга (горно-лесной пояс), где формируются буроземы глееватые, эллювиированные. На высоте 490-520 м находится водосборная воронка, откуда берёт начало р. Малый Басег. Здесь по растительности диагностируется верховое болото и почвенный покров составляют торфяная олиготрофная глеевая иловато-торфяная почва (р. 25), глеезем грубогумусированный (р. 24) сменяется перегнойно-глеевой грубогумусированной ожелезненной почвой (р. 23). В областях водосборных воронок, которые являются истоками рек, почвенный покров переносит влияние гидрологического фактора, в особенности подземного питания, что вызывает его переувлажнение и оглеение.

Местоположение субальпийского пояса соответствует элементу ЛВБ – фандам, где формируются органо-аккумулятивные почвы под луговыми

травами. На высоте 557-590 м (р. 19, 20, 21, 22) преобладают буроземы элювиированные, ожелезненные под парковым редколесьем (пихтово-еловый аконитовый лес).

Лито-подзолы образуют почвенный покров крутого (30°) западного склона Северного Басега на высоте 740-820 м, переходя в лишайниковую тундру (гольцовый пояс) (р. 31, 54). Местоположение этого пояса соответствуют элементу ЛВБ – дуга водораздела, сложенную подбурами, петроземами, перегнойно-гумусовыми почвами.

Установлен порядок вертикальных почвенных зон на склоне: 1) буроземы, (315-655 м); 2) глееземы, торфяные (480-550); 3) серогумусовые (570-760 м); 4) подзолы (740-820 м); 5) подбуры, (800-940 м н.у.м). Литоземы встречаются во всех почвенных зонах. Почвенный профиль от вершины горы Северный Басег по западной стороне до поймы р. Малый Басег демонстрирует вертикальную зональность профиля и наличие азональных почв.

7.2 Организация почвенного покрова на уровне элементарного почвенного ареала

7.2.1 Структурно-метаморфические почвы

В почвенном покрове средней тайги Урала доминируют почвы с бурым морфологически недифференцированным или слабо дифференцированным профилем. Неясность генезиса и классификационного положения почв остаются дискуссионными, особенно в свете субстантивно-генетической классификации почв России [Полевой определитель почв…, 2008].

В условиях хребта Басеги (Средний Урал) обнаружены буроземы в разных высотных ландшафтах: горно-лесном, горно-луговом, парковом редколесье, в луговых полянах криволесья. Бурозёмы диагностированы: горно-лесной (15 разрезов на высоте 315-420 м н.у.м.), парковое редколесье (10 разрезов на 557-655 м н.у.м.), субальпийские луга (12 разрезов на высоте 570-646 м н.у.м.), криволесье (8 разрезов на 655-800 м н.у.м.) [Самофалова и др.,

2014; Samofalova et al, 2014; Samofalova et al, 2016; Самофалова, 2017; Самофалова, Шутов, 2017; Samofalova, 2017].

В почвах обнаружены генетические признаки, которые обуславливают подтиповую принадлежность почв: грубогумусированность (ao), ожелезнение (f), оглеение (g), элювиирование (el), иллювиирование (i), потечность гумусовых веществ (hi). Определена принадлежность генетических признаков подтипов буроземов к высотным условиям формирования. Так, на высотах 300-500 м, более специфичным является формирование буроземов с признаками оглеения (таблица 7.1). Для высот 500-700 м, для которых характерны хорошо выраженные склоновые поверхности и поверхности выравнивания, специфичны подтипы с признаками иллювиирования и элювиирования. В более суровых условиях на высоте 700-900 м специфичным является преобладание ожелезненных и грубогумусированных буроземов.

Таблица 7.1 –Дифференциация в пространстве подтипов буроземов (n=51)

Высота, м	Ряд почв	Pbj	H(A/bj)	J(A/bj)	PbjJ(A/bj)
300-500	Бгл> Бож, Бгрг, Бп > Бэ > Бгл-ил	0,5686	2,4041	0,3243	0,1844
500-700	Бсг > Бгл-ил > Бэ > Бож, Бгл > Бгрг	0,3725	2,6153	0,1131	0,0421
700-900	Бтг > Бгрг > Бож	0,0588	1,5850	1,1434	0,0673
T=0,2938; K=0,2380					

Примечание: Бгл – буроземы глееватые; Бож – ожелезненные; Бтг – темногумусовые; Бп – перегнойные; Бгрг – грубогумусированные; Бгл-ил – буроземы глинисто-иллювиированные; Бсг – буроземы серогумусные; Бэ – буроземы элювиированные.

Определена частота встречаемости генетических признаков буроземов в профиле от приуроченности к высотным ландшафтам. Установлена тесная взаимосвязь и высокая ее общая информативность (таблица 7.2).

Таблица 7.2 – Информационная связь между генетическими признаками и высотно-растительными показателями

Показатель	H(A)	H(B)	T	K
Ландшафты	2,253	1,854	0,444	0,239
Высота н.у.м.	2,253	1,410	0,221	0,157

Так, в горной тайге наиболее вероятным и специфичным является формирование буроземов с признаками глееватости, а с признаками элювиирования и оглеения, в наибольшей степени характерны для парковых лесов.

В субальпийских лугах более вероятным является формирование буроземов с признаками иллювиирования. Буроземы с признаками ожелезнения и грубогумусированности более специфичны в криволесье, с приемуществом проявления грубогумусированных подтипов.

Информационно-логический анализ условий формирования буроземов показал, что большая информативность принадлежит ландшафтам. Показатели информационно-логического анализа для этих условий выше и характеризуются более высокой общей информативностью (Т=0,444) и высоким показателем по коэффициенту эффективности канала связи, то есть формирование определенного подтипа бурозема в первую очередь зависит от биоклиматогенного фактора, а затем от конкретных высотных условий.

Анализ распределения щебня в профиле и генезис буроземов

В связи с сильным варьированием щебня по профилю, рассчитано его средневзвешенное значение для анализа его распределения в пространстве по высотно-растительным поясам. Выделены следующие особенности.

Для буроземов горно-лесного пояса характерно содержание щебня в пределах 18-30 %, реже встречается 40-50%. В парковом редколесье содержание щебня практически в два раза ниже (8-20 %). Причем, накопление щебня в почвах паркового леса зависит от высоты: наибольшее его содержание достигнуто на высоте 655 м, а наименьшее на высоте 557 м. Под травянистой растительностью лугов буроземы по содержанию средневзвешенного содержания щебня – сильнокаменистые (>60 %), независимо от высоты местности. Содержание средневзвешенного значения щебня в ожелезненных буроземах уменьшается при возрастании высоты над уровнем моря. В буроземах луговых полян криволесья содержание щебня больше всего варьирует в пространстве и создается максимальная пестрота по данному показателю.

Установлена тесная связь между типом распределения щебня по профилю и проявлением генетических признаков в почвах (таблица 7.3).

Таблица 7.3 – Связь между типами распределения щебня и генетическими признаками почв

Тип распределения щебня по профилю	Ряд ГП буроземов по убыванию	Показатели ИЛА, бит			
		P (aj)	H (a/b)	J (a/b)	J(a/b) Pb
Равномерно-элювиальный	Бгр > Бги > Бож > Бэ	0,3659	1,9656	0,4868	0,178
Равномерно-аккумулятивный	Бож-гл > Бож > Бэ	0,0976	1,500	0,9524	0,092
Регрессивно-аккумулятивный-регрессивно-элювиальный	Бэ, Бгр-гл >> Бгр	0,1210	1,3700	1,0824	0,130
Аккумулятивный элювиально-иллювиальный	Бож-гл > Бги > Бож	0,0976	1,5000	0,9524	0,092
Элювиально-иллювиальный	Бгр-гл > Бги > Бож >> Бгр > Бэ	0,2438	2,2463	0,2061	0,050
Прогрессивно-элювиальный	Бож-гл >> Бэ, Бгр	0,0732	1,5848	0,8676	0,063
H (A)= 2,4524; H(B)=2,3271; T= 0,6055; K=0,2602					

Примечание: ГП – генетические признаки; Бгр-гл – бурозем грубогумусированный глееватый; Бгр – бурозем грубогумусный; Бги – бурозем глинисто-иллювиированный; Бэ – бурозем элювиированный; Бож-гл – бурозем ожелезненный глееватый; Бож – бурозем ожелезненный.

Несмотря на разнообразие типов распределения щебня по профилю их можно объединить в 3 генетические группы, имеющих значение для формирования профиля: ненарушенный профиль, нарушенный профиль, нарастающий кверху. Определена информационная связь между типом профиля и генетическими признаками подтипов буроземов (таблица 7.4). Общая информативность взаимосвязи является высокой.

Таблица 7.4 – Взаимосвязь между генетическими группами типов распределения щебня и генетическими признаками буроземов

Тип профиля по распределению щебня	Ряд ГП буроземов по убыванию	Показатели ИЛА, бит			
		P (aj)	H(a/b)	J (a/b)	J(a/b) Pb
Ненарушенный	Бги > Бгр > Бож > Бэ	0,2885	1,963	0,4191	0,1208
Инверсия каменистости	Бги > Бож-гл, Бож, Бэ, Бгр-гл > Бгр	0,3077	2,3521	0,0326	0,0109
Инверсия каменистости бимодальная	Бгр, Бгр-гл > Бож-гл, Бэ	0,1154	1,9182	0,4665	0,0537
Аккумулятивный	Бож-гл > Бож > Бэ	0,0768	1,5000	0,8847	0,0678
Аэрального привноса	Бгр > Бэ > Бги > Бож	0,2114	1,7896	0,5951	0,1257
H (A) = 2,3847; H (B) = 2,1583; T = 0,3789; K = 0,1756					

Примечание: сокращения см. в таблице 1.

Определены вероятностные специфичные состояния типов профилей для разных высотных ландшафтов (горная тайга, парковое редколесье, луга, криволесье

березовое). Общая информативность взаимосвязи составила T=0,2882 бит, а коэффициент эффективности передачи информации – 0,1300. Так, ненарушенный тип профиля буроземов является специфичным для горной тайги и паркового редколесья. Инверсия каменистости, связанная с внутрипочвенным боковым стоком, имеет большую вероятность проявления в подпоясе паркового редколесья, где отмечается крутизна более 5°. Инверсия бимодальная является специфичным состоянием для буроземов, формирующихся под луговой растительностью, которая произрастает на выположенных слабонаклоненных поверхностях. Эти буроземы характеризуются и большей мощностью профиля. Аккумулятивный профиль имеет большую вероятность проявления в буроземах березового криволесья, которое соответствует высоте 650-800 м н.у.м. с уклонами более 10° и где имеется множество курумников. Формирование буроземов аэрального происхождения наиболее специфично на высоте более 600 м, что соответствует высотным ландшафтам субальпийских лугов и березового криволесья. Высокотравная растительность препятствует развитию катастрофической эрозии, и почвы участков склонов между водотоками постепенно нарастают и превращаются в полно профильные почвы с выраженными генетическими горизонтами.

Выявлено три направления генезиса буроземов по распределению каменистого материала (щебня) по профилю: классический ненарушенный монопрофиль (преобладают глинисто-иллювиированные подтипы); нарушенный профиль (полигенетичные почвы) с признаками глееватости, грубогумусированности и ожелезнения; эоловое происхождение буроземов при отсутствии щебнистого материала с поверхности и в верхней части профиля, но с признаками грубогумусированности, элювиированности, глинисто-иллювиированности и ожелезнения. Таким образом, распределение щебня в профиле является важной диагностической характеристикой, и помогает определить генезис буроземов, их поли- или моногенетичность.

Структурные формулы гранулометрического состава

По данным ГС определены структурные формулы по средневзвешенному содержанию фракций (песчаная фракция : крупная пыль : средняя пыль :

мелкая пыль : ил). В пределах горно-лесного пояса выделяются две структурные формулы ГС, различающиеся содержанием песчаной и илистой фракций (таблица, 7.5). В подгольцовом поясе бурозёмы отличаются повышенным содержанием песчаной фракции в составе мелкозема, в среднем, 28-29%, и меньшим содержанием мелкой пыли и ила.

Таблица 7.5 – Структурные формулы гранулометрического состава

Высотные ландшафты	Высота, м, н.у.м.	Количество разрезов, шт.	Структурная формула
Горная тайга	315-374	8	20 : 27 : 10 : 19 : 22
	400-420	7	9 : 22 : 10 : 23 : 34
Парковый лес	557-655	3	19 : 29 : 14 : 19 : 19
		3	36 : 28 : 10 : 14 : 19
Субальпийские луга	570-650	3	35 : 21 : 9 : 19 : 16
		8	20 : 29 : 13 : 18 : 19
Криволесье	700-820	4	29 : 22 : 12 : 13 : 15

Следует отметить тенденцию снижения содержания тонкодисперсных частиц с высотой местности: мелкой пыли с 21 % в бурозёмах горной тайги до 13 % в почвах криволесья; илистой фракции – с 28 до 15 % соответственно. Структурные формулы ГС показывают, что во всех буроземах фракция средней пыли содержится в минимуме (9-14 %), независимо от высотно-растительных условий. Содержание крупной пыли в структурных формулах варьирует в узком диапазоне 21-29 %, наименьшие значения характерны для буроземов криволесья.

Определены соотношения между средневзвешенным содержанием фракций, которые диагностируют различные процессы в почвах (таблица 7.6).

Таблица 7.6 – Соотношения средневзвешенного содержания фракций и ЭПЧ в мелкоземе буроземов

Высотная группа	Растительность	Σ(1,0-0,05 + 0,05-0,01)	Σ(0,01-0,005 + <0,001)	(0,05-0,01)− (<0,001)	ФП−ФГ
IV	Луга	49	33	8	− 2
III	Парковый лес	50	29	17	2
II	Пихтово-еловые леса	46	35	6	8
I	Ельники	42	39	4	15
Корреляция с высотой		0,926	−0,833	0,688	− 0,939

В буроземах песчаная и крупнопылеватая фракции являются важными составляющими ГС, так как их высокое содержание связанно с процессами выветривания минеральной части почвы. Установлено, что в буроземах паркового редколесья преобладают процессы разрушения минеральной части почвы (по максимальным значениям Σ(1,0-0,05 + 0,05-0,01)), а в буроземах в нижней части горно-лесного пояса – процессы почвобразования, в том числе и оглинения. Сумма средней пыли и ила Σ(0,01-0,005 + <0,001) выше в почвах, формирующихся в условиях горной тайги, то есть в более низких позициях по высоте. Таким образом, наличие этих частиц является более значимым для генезиса буроземов в горно-лесном поясе. Разница между содержанием физического песка (ФП) и физической глиной (ФГ) закономерно увеличивается в буроземах по склону сверху вниз.

Самостоятельное содержание ЭПЧ практически не имеет связей с высотой местности, а расчитанные соотношения между ЭПЧ имеют очень тесную связь с высотой местности. Таким образом, формула гранулометрического состава отражает особенности генезиса бурозёмов.

Физико-химические свойства буроземов

Буроземы имеют очень сильно кислую и кислую реакцию среды: среднее значение pH_{KCl} составляет 3,6 единиц, максимальное – 4,2, минимальное – 2,9 ед. Менее кислыми являются буроземы под луговым разнотравьем и парковыми разреженными лесами; большей кислотностью характеризуются буроземы криволесья; максимальное варьирование показателя характерно для буроземов горно-лесного пояса (см. приложение 18, таблица 1).

Значения гидролитической кислотности (Нг) являются высокими практически в пределах всего профиля бурозёмов. Профили буроземов по распределению Нг условно можно разделить на 2 части: гумусовую (с максимальным варьированием показателя в пространстве) и структурно-метаморфическую (с минимальным варьированием и более стабильным содержанием). Нг изменяется в гумусовых горизонтах в зависимости от положения в ландшафте: максимально высокий в

буроземах в горно-лесном поясе (более 40-50 ммоль/100 г); в буроземах под луговым разнотравьем и в криволесье Нг ниже и варьирует в меньшей степени.

Насыщенность основаниями в буроземах невысокая, значения показателя несколько увеличиваются от верхних горизонтов к нижним. Менее всего насыщены основаниями грубогумусированные буроземы. Большей насыщеностью обменными катионами характеризуются ожелезненные и глинисто-иллювиировнные подтипы, формирующиеся под парковыми лесами и луговыми полянами, расположенных на более выположенных участках склонов.

Провинциальные особенности кислотно-основных свойств бурозёмов проявляются в наличии кислотных геохимических барьеров между гумусовыми и структурно-метаморфическими горизонтами в профиле почв; в более кислой структурно-метаморфической части профиля; в большей насыщенности обменными катионами глинисто-иллювиированных и ожелезненных подтипов бурозёмов на пологих участках склонов под высокотравными биоценозами на высоте 600-800 м н.у.м.; в очень высокой потенциальной кислотности, и особенно в бурозёмах горно-лесного пояса.

По кислотно-основным свойствам обособляются элювиированные и грубогумусированные, глееватые подтипы бурозёмов в горно-лесном поясе. В подгольцовом поясе (парковое редколесье, луговые поляны, криволесье) обособленно группируются ожелезненный и глинисто-иллювиированный подтипы бурых лесных почв.

Гумусное состояние бурозёмов

Гумусовый профиль бурозёмов имеет следующие особенности. Широкий диапазон варьирования содержания гумуса, но только в гумусовых горизонтах с ослаблением варьирования в горизонтах ВМ и даже с достаточно стабильным содержанием в нижней части структурно-метаморфического горизонта. Рассматривая содержание гумуса в серогумусовом ($АУ_1$) и структурно-метоморфическом ($ВМ_1$) горизонтах по высотным поясам отмечается следующее: максимальное среднее содержание (8%) отмечается в бурозёмах горно-лесного пояса с максимальным размахом изменчивости; в бурозёмах

парковых лесов, лугов и криволесья содержание гумуса составляет в среднем около 5% с наименьшим размахом изменчивости. В структурно-метаморфических горизонтах отмечается иная тенденция: в буроземах горно-лесного пояса, паркового леса и лугов среднее содержание гумуса составляет 2%, причем с большим размахом изменчивости, а в буроземах криволесья гумуса содержится в среднем 4% с наименьшим размахом изменчивости среди горизонтов ВМ.

На основании группового состава гумуса в бурозёмах установлено, что содержание общего углерода варьирует в широких пределах (от 8 до 16 %). Данные группового состава подтверждают растянутость гумусового профиля и отмечается тенденция: в элювиированных и глинисто-иллювиированных подтипах наблюдается более плавное и постепенное снижение гумуса, чем в ожелезненных и грубогумуссированных подтипах бурозёмов. Установлено дифференцированное распределение по профилю гумусовых веществ и степени гумификации (по показателю Сгк:Сфк). Это указывает на хорошую промываемость профиля и изменение экологических условий при формировании генетических горизонтов почв: высокий показатель Сгк:Сфк (более 2) в срединной части профиля указывает на формирование горизонтов в более теплых климатических условиях.

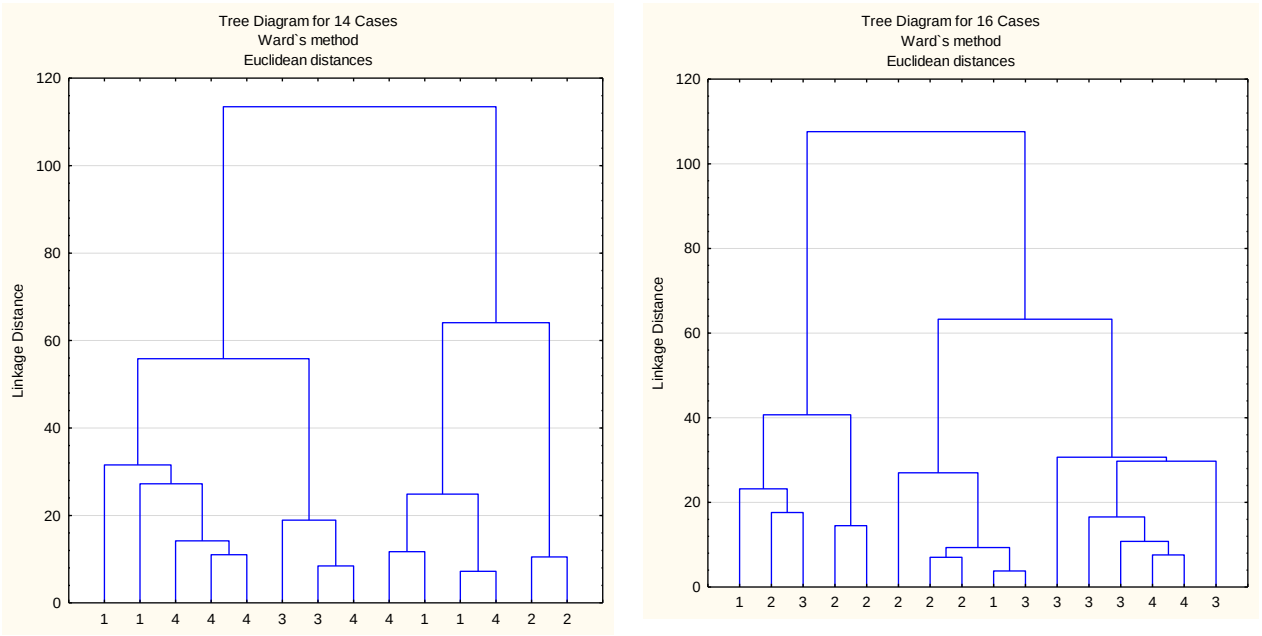
Данные гумусного состояния почв свидетельствуют о различной степени гумификации органических остатков под разными растительными сообществами в разнообразных литолого-геохимических условиях. Бурозёмы имеют сложный полигенетичный профиль. Нижняя часть гумусового горизонта чаще всего является погребенной, так как имеет гуматный тип гумуса, который нехарактерен для холодных условий средней тайги.

Идентификация таксонов численным методом

В научной литературе встречаются работы, в которых методами многомерного статистического анализа исследуют классификационную структуру почв [Карминов, Мартыненко, 2007; Валеева и др., 2013; Валеева, Копосов, 2013; Копосов, Валеева, 2015].

Исследована классификационная структура буроземов. Для этого, все подтипы буроземов разделены на две группы: буроземы формирующиеся в условиях подгольцового пояса 600-820 м н.у.м, и буроземы, формирующиеся в горно-лесном поясе на высоте 305-600 м н.у.м. Показатели строения профиля подтиповых таксонов буроземов представлены как некоторые средние из описаний почв. При создании схем какого-либо сообщества конкретной территории одной из деструкционных проблем является установление однозначных понятных границ между таксономическими единицами.

Кластерный анализ подтипов буроземов по их свойствам демонстрирует следующее (рисунок 7.2). В горно-лесном поясе определились 4 кластера по подтипам: 1 – грубогумусированные; 2 – глинисто-иллювиированные и грубогумусированные; 3 – ожелезненные, грубогумусированные; 4 – элювиированные подтипы.



Горно-лесной пояс Подгольцовый пояс

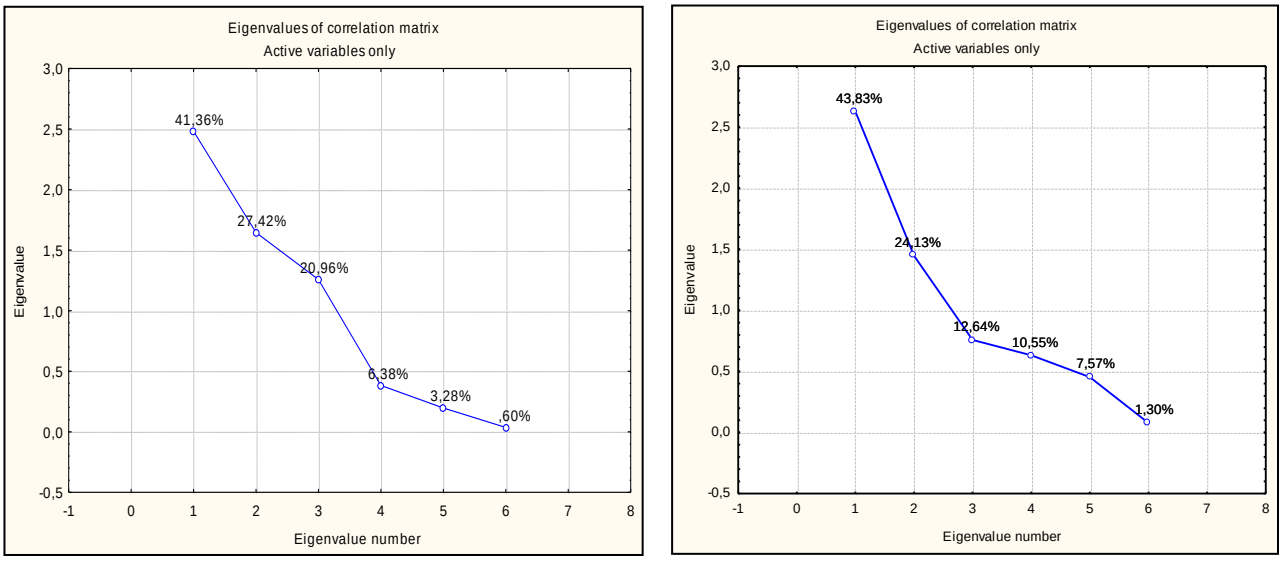
1 – ожелезненный, 2 – элювиальный, 3 – глинисто-иллювиированный, 4 – грубогумусированный

Рисунок 7.2 – Кластерный анализ свойств подтипов буроземов

В подгольцовом поясе образуется 3 кластера: 1 – элювиированные и глинисто-иллювиированные буроземы, 2 – элювиированные и ожелезненные подтипы; 3 – глинисто-иллювиированные и грубогумусированные бурозёмы. Для кластеризации методом К-средних использовали переменные: содержание

гумуса, степень насыщенности оснований, содержание илистой фракции, физической глины, pH_{KCl} в гумусовом горизонте (приложение. 19).

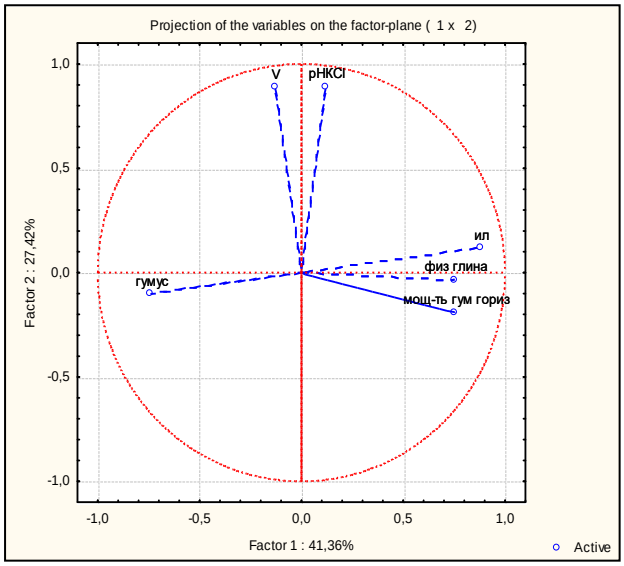
Для статистической верификации суммарной вариации наиболее информативных показателей буроземов был использован метод главных компонентов. В почвах горной тайги первая главная компонента (ГК:1) сильно коррелирует с содержанием ила и физической глины, мощностью AY и содержанием гумуса и описывает 91,6 % общей дисперсии признаков. Вторая главная компонента сильно коррелирует с pH_{KCl} и V и описывает 3,9 % дисперсии. В буроземах подгольцового пояса ГК:1 сильно коррелирует с содержанием физической глины и ила, со степенью насыщенности основаниями, мощностью гумусового горизонта и описывает 80,5 % общей дисперсии признаков. ГК:2 сильно коррелирует с pH_{KCl} и содержанием гумуса и описывает 19,5 % дисперсии. Вторая ГК в почвах подгольцового пояса – 18,7 % дисперсии. График каменистых осыпей показывает, что собственные значения матрицы корреляции основных переменных различаются для буроземов с учетом высотных условий (рисунок 7.3).



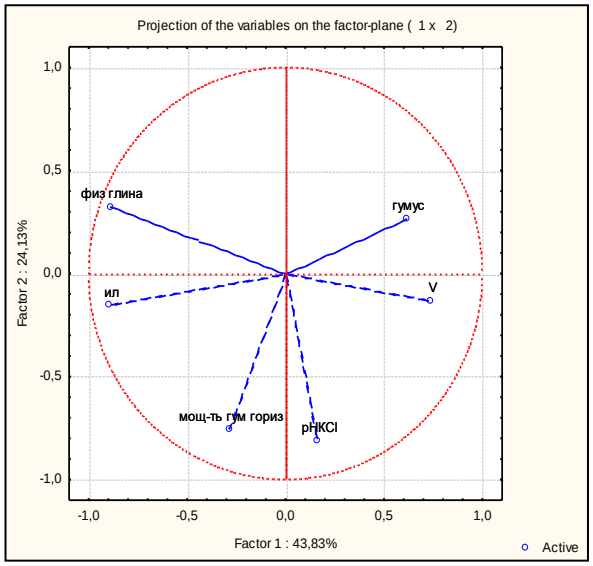
Горно-лесной пояс Подгольцовый пояс

Рисунок 7.3 – Графики каменистых осыпей

На графике факторов переменных видно, что переменные расположены в разных сочетаниях ГК:1 и ГК:2 (рисунок 7.4).



Горно-лесной пояс



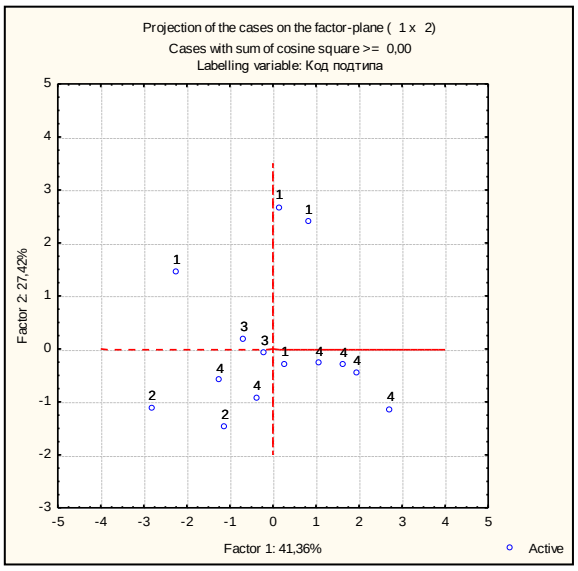
Подгольцовый пояс

Рисунок 7.4 – Графики факторов переменных

Так, в буроземах горно-лесного пояса переменная содержания гумуса расположена полностью в отрицательной зоне. В диапазон полностью положительной зоны распределились содержание ила, pH_{KCl}, которые связаны с разными компонентами (ГК). В буроземах подгольцового пояса наблюдается иная зависимость факторов переменных. Здесь содержание гумуса попадает в полностью положительный диапазон, а в полностью отрицательный диапазон относится содержание ила и мощность гумусового горизонта.

Разброс свойств гумусового горизонта буроземов вдоль компонентов представлен на рисунке 7.5. Вдоль области ГК:1 по компонентам свойств буроземы внутри высотного пояса группируются по подтипам, причем в горно-лесном поясе совершенно обособились элювиированные и грубогумусированные подтипы. Для буроземов подгольцового пояса вдоль ГК:1 обособленно группируются ожелезненный и глинисто-иллювиированные подтипы. Основная часть элювиированных и грубогумусированных почв находится в отрицательной области факторной плоскости ГК:1 для буроземов горно-лесного пояса, а для подгольцового в положительной области фракционной плоскости ГК:1

Горно-лесной пояс



Подгольцовый пояс

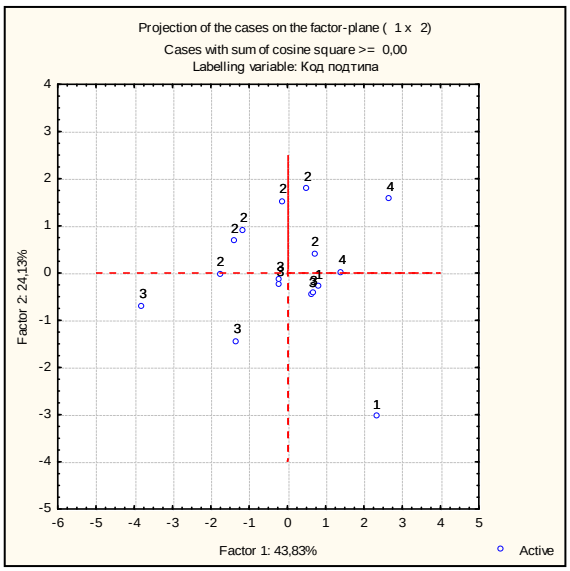


Рисунок 7.5 – Визуализация подтиповых свойств гумусового горизонта буроземов в факторной плоскости ГК1 и ГК2

Для идентификации выделенных таксонов буроземов использовался дискриминантный анализ. Имеются две значимые дискриминантные функции. Матрица классификации свидетельствует, что все подтипы буроземов в горно-лесном поясе были правильно классифицированы на 100%. В подгольцовом поясе ожелезненные, элювиированные и глинисто-иллювиированные, были классифицированы на 100 %, а подтипы грубогумуссированных буроземов на 50 %. Итак, для подгольцового пояса, почвы правильно классифицированы на 94 %.

Функции классификации имеют вид:

А) горно-лесной пояс:

$S_1 = 1{,}507x_1 + 142{,}337x_2 - 0{,}724x_3 + 0{,}180x_4 - 289{,}743$

$S_2 = 0{,}869x_1 + 107{,}515x_2 - 0{,}401x_3 - 0{,}002x_4 - 163{,}612$

$S_3 = 1{,}661x_1 + 120{,}443x_2 - 0{,}760x_3 + 0{,}258x_4 - 214{,}566$

$S_4 = 1{,}198x_1 + 117{,}467x_2 - 0{,}246x_3 + 0{,}005x_4 - 201{,}676$

Б) подгольцовый пояс:

$S_1 = 1{,}038x_1 + 2{,}904x_5 + 63{,}507x_3 + 0{,}775x_4 - 142{,}559$

$S_2 = - 0{,}341x_1 + 3{,}167x_5 + 61{,}247x_3 + 1{,}755x_4 - 125{,}781$

$S_3 = 0{,}209x_1 + 2{,}752x_5 + 65{,}126x_3 + 1{,}507x_4 - 141{,}055$

$S_4 = - 0{,}587x_1 + 4{,}454x_5 + 65{,}497x_3 + 1{,}675x_4 - 145{,}387$, где

S_1 – ожелезненный подтип; S_2 – элювиированный подтип; S_3 – глинисто-иллювиированный подтип; S_4 – грубогумуссированный подтип; x_1– мощность гумусового горизонта; x_2– pH

солевой вытяжки; x_3– содержание физической глины; x_4– насыщенность основаниями; x_5– содержание гумуса.

Для классифицирования буроземов в горно-лесном поясе необходимо иметь данные по pH_{KCl}, мощности гумусового горизонта и содержания физической глины и степень насыщенности основаниями. Для выделения подтипов буроземов в подгольцовом поясе необходимо учитывать pH_{KCl}, содержание гумуса, мощность гумусового горизонта, содержания физической глины. Результаты анализа дискриминантной функции показывают уменьшение достоверных переменных, позволяющих проводить дискриминацию между подтипами буроземов в зависимости от высотного пояса.

Вся совокупность буроземов отчетливо обособляется в классификационной системе 2008 года на элювиированные, ожелезненные, глинисто-иллювиированые, грубогумусированые подтипы.

Буроземы горной тайги, как зональные почвы, достоверно отличаются от бурозёмов подгольцового пояса (луговых полян): во-первых – преобладают процессы выноса и разрушения, во вторых – процессы аккумуляции органического вещества и минеральных компонентов.

7.2.2 Органо-аккумулятивные почвы

Горно-луговые почвы занимают 0,6 % площади края и являются основными опорными пунктами сохранения генетического разнообразия флоры и фауны, поэтому они предложены в категорию редких почв [Еремченко и др., 2010].

Почвы отдела органо-аккумулятивные развиваются в подгольцовом поясе, приуроченного к высоте 570-800 м н.у.м. Травостой очень высок, густой и состоит из многих видов растений. Описание почв представлено в приложении 5. Морфологические особенности почв: маломощный профиль, слабо дифференцирован на генетические горизонты по цвету, щебнистые. На основании морфогенетической характеристики исследуемые почвы отнесены к типам: серогумусовые, темногумусовые, перегнойно-темногумусовые. В профиле органо-аккумулятивных почв иногда встречаются железистые

новообразования, которые свидетельствуют о контрастном водном режиме. Профиль почв формируется за счет гумусонакопления, олуговения и дернового процесса, иногда оксидогенеза.

Распределение щебня по профилю исследуемых почв можно объединить в три группы, связанных с условиями выветривания, почвообразования, аэрального выпадения материала, а также от соотношения этих процессов.

Гранулометрический состав почв является для гумусовых горизонтов более облегченный (среднесуглинистый и легкосуглинистый) и к породе ГС утяжеляется и становится тяжелосуглинистым и глинистым.

Оценивая магнитную восприимчивость, можно сказать, что почвы не загрязнены тяжелыми металлами и могут быть фоновыми почвами.

Почвы имеют очень сильнокислую реакцию среды независимо от высоты местности (3,5-4,4 единиц) и характеризуются высокой Нг (в верхних горизонтах в пределах 10,7-20,7 м-экв/100 г), снижаясь вниз по профилю (приложение 18, таблица 2). Установлено обеднение почв основаниями (2,0-18,6 мг-экв/100 г почвы). Распределение обменного кальция и магния по профилю является дифференцированным за счет хорошей промываемости и внутрипочвенного стока. В нижней части профиля в горизонтах происходит накопление обменных оснований, что говорит о проявлении процесса иллювиирования. Величина ЕКО варьирует незначительно: от умеренно низкой (20,5 м-экв/100 г) до средней (33,2), в среднем оставаясь умеренно низкой. Наблюдается постепенное уменьшение величины ЕКО вниз по профилю. В ряде случаев содержание обменных катионов возрастает в переходном горизонте. ЕКО достаточно высокая при очень кислой pH. Такая емкость создается за счет высокой Нг, но при этом степень насыщенности почв основаниями еще раз показывает, что почвы основаниями не насыщенны и составляет менее < 50 %.

Содержание гумуса колеблется в пределах от 4,8 до 7,9 %, с глубиной постепенно уменьшаясь до 1-2,9 %. Вероятно, это связанно с тем, что ГВ являются водорастворимыми и подвижными в связи с их незрелостью и хорошей промываемостью профиля, пропитывая почвенную толщу, постепенно

снижаясь вниз к породе. Аналитические данные обнаруживают высокое содержание гумуса: в криволесье – до 8,08 %, в субальпийских лугах – до 7,5 % и до 7,1 % в парковом редколесье. Содержание углерода в вытяжке изменяется в широких пределах (25-95 %). Среднее значение *Свыт* для почв подгольцового пояса – 44 %, а колебания значений составляют: в криволесье 48-57 %; в субальпийских лугах 26-95 %; в парковом редколесье – 25-96 %.

Содержание *Сфк* в составе ГВ преобладает над содержанием гуминовых, во всех почвах. Содержание *Сгк* постепенно понижается в пределах профиля. Содержание $C_{ФК}$, наоборот, варьирует в пределах профиля: накопление в срединной части с последующим снижением к почво-элювию. Соотношение $C_{ГК}$:$C_{ФК}$ смещается в сторону ФК и тип гумуса характеризуется как фульватный (*Сгк:Сфк*<0,5). Таким образом, в почвах, $C_{ГК}$ является достаточно рыхлым и способен к гидролизу, то есть очень нестойкий, в связи, с чем легко переходят в раствор. Для всех почв характерна низкая степень гумификации: в криволесье, в среднем 8 %, субальпийский луг – 10,2 % и парковое редколесье – 5,3 %, что говорит о невысокой биологической активности почв. Содержание *Сно* колеблется в широких пределах (для почв криволесья – 33,6 %, субальпийских лугов – 57 % и паркового редколесья – 32 %).

Характеристика группового состава гумуса показала, что горные почвы Среднего Урала имеют особенности: значительное пространственное варьирование показателей качественного состава гумуса, растянутый гумусовый профиль, низкая степень гумификации, легкоподвижный фульватный гумус.

Почвы по содержанию гумуса в пространстве объединены в две группы. В 1 группу вошли почвы на высоте 570-670 м и с содержанием гумуса от 2,5 с постепенным увеличением гумуса до 6,3 %. Во 2 группу вошли почвы, формирующиеся на более высоких позициях 750-920 м (р. 54, 8, 30, 65), где содержание гумуса варьирует от 3,3 до 6,9 % в гумусовых горизонтах.

Проведена зависимость между содержанием гумуса и мощностью профиля. В почвах с мощностью профиля до 40 см содержание гумуса варьирует от 3,3 до

4,01 % в гумусовом горизонте. В почвах с мощностью более 55 см содержание гумуса изменяется в диапазоне от 2,6 до 6,9 %, что связано с различной высотой формирования почв и произрастающей растительности.

Определена зависимость между формами кислотности и свойствами почв. Актуальная и обменная кислотность имеет среднюю и сильную тесноту связи с высотой местности в почвах криволесья и паркового редколесья. Также среднюю связь с мощностью профиля в Криволесье и с мощностью органогенных горизонтов в почвах паркового редколесья. Гидролитическая кислотность имеет среднюю тесноту связи с содержанием крупно-пылеватой и илистой фракцией и содержанием щебня в почвах криволесья. В парковом редколесье Нг зависит практически от всех показателей.

Таким образом, не смотря на большое количество травянистого опада, почвы характеризуются сильно кислой реакцией среды и низким содержанием гумуса, что не характерно для подобных условий на равнине. Кроме того, отмечается растянутость гумусового профиля. Физико-химические показатели свойств почв могут быть диагностическими. В данном случае они диагностируют слабое проявление дернового процесса и гумификации растительных остатков в связи с коротким вегетационным периодом, выщелачивание профиля и передвижение продуктов почвообразования к рыхлой коре выветривания, где возможно создаются различные геохимические барьеры.

На основании экологических условий формирования органо-аккумулятивные почвы объединены в подгруппы по высотно-растительным условиям: 1 – подпояс криволесье представлен перегнойно-темногумусовой, темногумусовой метаморфизированной, серогумусовой глинисто-иллювиированной; 2 – подпояс субальпийских лугов: серогумусовая метаморфизированная, серогумусовая элювиированная; 3 – подпояс паркового редколесья: серогумусовая метаморфизированная, серогумусовая элювиированная, серогумусовая ожелезненная.

7.2.3 Альфегумусовые почвы

Альфегумусовые почвы наиболее распространены в тундровой и таежной зонах, и представлены разными типами подзолов и подбуров [Полевой определитель почв…, 2008; Воробьева, 2010]. Альфегумусовая почва (от латинского *aluminium*–алюминий, *ferrum* – железо, *humus* – перегной) – термин введен [Глазовская, 1972] для семейства почв, входящих в генерацию кислых гумусовых почв и характеризующихся профилем с гумусово-иллювиальным железисто-алюминиевым срединным горизонтом, верхним органогенным или гумусово-аккумулятивным горизонтом с гульматно-фульватным типом гумуса и бескарбонатной сиаллитной почвообразующей породой.

Почвы отдела альфегумусовые формируются на щебнистых продуктах выветривания метаморфических или магматических пород, которые обеспечивают свободный внутрипочвенный дренаж. Характер мерзлоты влияет на развитие процессов в почвах. «Сухая» мерзлота не содержит льда (или почти не содержит) и характерна для щебнистых грунтов и скелетных почв, в которых содержание скелета (>1 мм) очень высокое, а содержание мелкозема (<1 мм) является низким. После замерзания воды значительная часть пор занята воздухом. Почвы, имеющие такую мерзлоту, хорошо аэрируются и в них не развиваются процессы оглеения и криотурбации. Таким образом, «сухая» мерзлота наиболее всего характерна для почв отдела альфегумусовые.

Альфегумусовые почвы формируются в суровых климатогенных условиях горной тундры и криволесья, а также в переходном экотоне тундра-криволесье. В каждом высотном ландшафте выделены основные профилеобразующие процессы (таблица 7.7). В тундре, на выположенных участках и древних поверхностях выравнивания под мохово-кустарничковой растительностью развит альфегумусовый процесс и, соответственно, в почвенном покрове преобладают подбуры. В березово-еловом криволесье на крутых склонах при явно промывном водном режиме с хорошо развитым боковым внутрипочвенным стоком проявляется подзолистый и альфегумусовый процессы.

ПП представлен подзолами. В переходном экотоне альфегумусовый и подзолистый процессы сочетаются с дерновым и создаются условия для развития дерново-подзолов и дерново-подбуров.

Таблица 7.7 – Диагностические процессы и генетические признаки почв

Ландшафт	Разрезы	Процессы	Генетические признаки
Тундра 832-950 м	136, 135, 18,142, 137, 138,103,	Альфегумусовый Дерновый Подстилкообразование	Накопление грубого гумуса *ao* Иллювиально-гумусовый *BH* Иллювиально-железистый *BF* Перегнойный *h*
Переходная зона тундра-криволесье	140, 102, 101, 139, 134, 70	Альфегумусовый Дерновый Подстилкообразование, Подзолистый	
Криволесье 740-830 м	118, 31, 67, 120, 56	Подзолистый Альфегумусовый Подстилкообразование	

Определены основные морфолого-генетические особенности почв отдела *альфегумусовые*. Почвы характеризуются слаборазвитым профилем – менее 50 см, причем, чем выше расположена почва по высоте, тем меньше мощность профиля, что доказывает тесная корреляционная связь (r= –0,92). Профили почв хорошо различимы на минеральные и органогенные горизонты. Мощность органогенных горизонтов варьирует в пределах от 4 до 10 см. Визуально отчетливо выделяются диагностические горизонты почв отдела альфегумусовые: *BHF* (подбуры), *E* (подзолы). Эти горизонты диагностируют основные процессы почвообразования: альфегумусовый, подзолистый; а наличие горизонта *AY* диагностирует дерновый процесс. В профиле почв выделены генетические признаки (*ao, h, f, g*), которые указывают на налагающиеся горизонтообразующие процессы: образование грубого гумуса, перегнойности, ожелезнения, глееватости.

Определена тесная связь между диагностическими горизонтами и их цветовой характеристикой (К=0,394, Т=0,979). В органогенных горизонтах преобладают темно серые, буровато-черные, черные, черно-серые, темно-бурые цвета. Очень темно-красновато-серые, красновато-бурые, красновато-серые цвета преобладают в гумусовых горизонтах. Красноватый оттенок почвы связан с промерзанием профиля. В горизонте *E* наиболее вероятным является

наличии окраски горизонтов светло-серого цвета. Буровато-серый, светло бурый, а так же бурый цвет преобладает в горизонте ВН (иллювиально-гумусовый). В горизонте *BF* (иллювиально-железистый), явно выражена окраска охристо-бурых, темно-охристо-бурых цветов. Бурый цвет явно выделяется в горизонте *BHF*. Наиболее информативными по цветовой окраске являются подзолистый и иллювиально-железистый горизонты. В большей степени варьирует окраска гумусовых и альфегумусового горизонтов.

По содержанию щебня (скелета) профили изменяются от слабо- до сильноскелетных. Содержание щебня находится в широких пределах (0,4-70 %). В профилях почв выделяются различные типы распределения каменистого материала и по распределению их в профиле обозначились особенности. Во-первых, более дифференцированное распределение характерно для подзолов (приложение 20, рисунок 1-4). В подзолах, формирующихся в переходной зоне горная тундра- криволесье, отмечается элювиально-иллювиальный тип профиля по содержанию щебнистого материала. Максимальное содержание камней приходится на подзолистый горизонт. В подзолах, формирующихся в березово-еловом криволесье, формируется более дифференцированный профиль по содержанию камней и можно охарактеризовать как бимодальный, так как отмечается два максимума: в подзолистом и в иллювиально-железистом горизонтах. Отсутствие камней в верхних горизонтах указывает на рост профиля вверх за счет образования грубого гумуса и нарастания органогенного поверхностного горизонта.

Во-вторых, большим разнообразием по дифференциации профиля каменистым материалом отличаются подбуры. Регрессивно-аккумулятивный тип распределения указывает на принос в верхнюю часть профиля обломков породы в результате физической дезинтеграции. Равномерно-элювиальное распределение характерно для почв, расположенных на слабо наклоненной поверхности выравнивания, где классическое распределение щебнистого материала – увеличивается вниз по профилю. В подбурах, достаточно гумусированных (на восточном склоне) в пределах высоты 841-871 м н.у.м., выделяется прогрессивно-элювиально-аккумулятивно-иллювиальный профиль,

который указывает на формирование сложного профиля почвы. В верхней, менее каменистой части профиля, происходит аэральное накопление мелкозема, что в свою очередь и приводит к накоплению органического материала. Это выражено в морфологии профиля и названии почв. В подбурах, формирующихся ниже 850 м н.у.м. (840-813 м), независимо от приуроченности к склону, отмечается аккумулятивно-элювиально-иллювиальный тип профиля по содержанию щебня. В подбуре на восточном склоне, этот тип профиля выражен сильнее, чем в подбуре на западном склоне. Такое распределение также может указывать на сложный профиль, но за счет наличия погребенных горизонтов или почв. Это возможно за счет активной денудации и перемещения раздробленного материала на уже когда-то сформированную почву.

В-третьих, тип профильного распределения изменяется с высотой местности – с понижением усиливается дифференциация профиля (указывает на изменение условий формирования почв).

Таким образом, по распределению щебня в профиле можно предположить, что профили почв развиваются вверх за счет роста мощности органогенных горизонтов, а также вглубь за счет преобразования щебня в ходе выветривания и первичного почвообразования в мелкозем в минеральных горизонтах почв [Самофалова, Кучева, 2018]. Возможно совместное проявление и сочетание этих направлений в развитии профиля.

Гранулометрический состав

Подбуры по гранулометрическому составу мелкозема относятся к среднесуглинистой разновидности. В пределах профиля наблюдается некоторое облегчение ГС вглубь без изменения принадлежности к среднесуглинистой разновидности. Иначе происходит изменение ГС в подзолах. Во-первых, отмечается варьирование гранулометрического состава мелкозема от легкосуглинистой до глинистой разновидности.

Коэффициент дифференциации профиля по ГС мелкозема демонстрирует существенные различия между типами почв отдела (таблица 7.8). Так, подбуры имеют незначительно слабую дифференциацию по содержанию илистой

фракции в мелкоземе (менее 1,3). Однако, дифференциация профиля по ГС мелкозема в подбурах несколько повышается со снижением высоты местности. В подзолах профили почв резко дифференцированы (более 2) по содержанию илистой фракции. Исключение составляет разрез 118 (подзол), занимающий промежуточное положение между подбурами и подзолами.

Таблица 7.8 – Коэффициент дифференциации профиля по ГС

Название почв	№ разреза	Высота,м н.у.м	Коэффициент дифференциации
Подбур иллювиально-железистый	18	911	0,60
Подбур иллювиально-гумусовый	134	811	0,85
Подзол иллювиально-гумусовый грубогумусированный	118	756	1,15
Подзол грубогумусированный	31	755	47,00
Подзол иллювиально-железистый грубогумусированный	120	745	3,35
Подзол грубогумусированный	56	743	14,34

Коэффициент оглинения в альфегумусовых почвах варьирует в широком диапазоне. В подзоле иллювиально-железистом (р. 31) данный показатель является минимальным и достигает 0,007 с резким повышением оглинения в последующем горизонте, хотя и оно по абсолютному значению не является высоким (значительно менее 0,5). В подзолистых горизонтах оглинение выражено менее всего. В подбурах коэффициент оглинения несколько выше в сравнении с подзолами и составляет чуть более 0,5. Признаки оглинивания почвенной массы в горизонтах почв, возможно, связаны с процессами оглеения, которые могут иметь место за счет наличия на поверхности почв грубогумусированного органогенного или органо-минерального горизонтов, либо за счет метаморфического преобразования минеральной почвенной массы под воздействием восстановительных процессов.

В составе мелкозема подбуров в диагностических альфегумусовых горизонтах (*BH, BF, BHF*) преобладает содержание крупной пыли и мелкого песка, то есть частицы, слагающие физический песок. Изменение содержания грубодисперсных частиц (как более устойчивой части ГС неспособной к фронтальному внутрипочвенному перемещению) по профилю может

диагностировать литологическую неоднородность (при суммарном содержании фракции песка и крупной пыли в соседних горизонтах на 10-15%). Таким образом, распределение ЭПЧ по профилю является результатом проявления различных условий формирования подбуров.

Профили подзолов дифференцированы по содержанию ЭПЧ и имеют некоторые тенденции. В горизонтах *E* подзолов на высоте более 750 м н.у.м. в составе ГС преобладают частицы мелкого песка, а на высоте менее 750 м – частицы крупной пыли. Горизонт *BF* имеет максимальное содержание ила (<0,001) по сравнению с другими горизонтами. В подзолах профиль дифференцирован по содержанию физической глины, максимальное содержание которой приходится на 12-20 см. Такое распределение указывает на неоднородность почвенного материала в горизонтах профиля подзолов, и их некоторую самостоятельность и, возможно разновозрастность горизонтов.

По средневзвешенному содержанию частиц в мелкоземе определены структурные формулы ГС подбуров и подзолов (таблица 7.9). Гранулометрический состав альфегумусовых почв является неоднородным.

Таблица 7.9 – Структурные формулы гранулометрического состава

Название почвы	№ разреза	Высота, м н.у.м	Структурные формулы гранулометрического состава
Подбур иллювиально-	18	911	11:9:42:4:14:17.
Подбур иллювиально-гумусовый	134	811	18:36:11:5:7:20
Подзол иллювиально-гумусовый грубогумусированный	118	756	12:20:17:8:13:28.
Подзол грубогумусированный	31	755	14:33:16:8:16:3.
Подзол иллювиально-железистый грубогумусированный	120	745	15:41:9:2:10:21.
Подзол грубогумусированный	56	743	23:13:19:11:12:18.

Примечание: крупный и средний песок: мелкий песок: крупная пыль: средняя пыль: мелкая пыль: ил.

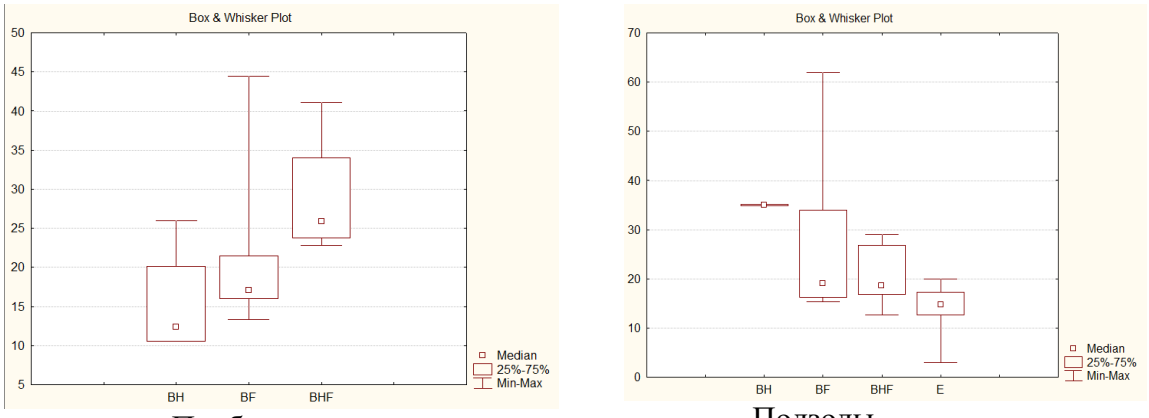
Особенности гранулометрии альфегумусовых почв: профиль подзолов более дифференцирован по содержанию ЭПЧ, чем профиль подбуров; преобладает содержание грубодисперсных фракций (песчаная и крупнопылеватая); неоднородность почвенного материала в горизонтах подбуров и в большей степени подзолов, и их некоторую генетическую самостоятельность и, возможно разновозрастность горизонтов в пределах профиля.

Физико-химические свойства

Альфегумусовые являются очень кислыми как по актуальной, так и по обменной кислотности (см. приложение 18, таблица 2). Иллювиально-железистый горизонт характеризуется наиболее кислыми условиями. В подбурах гидролитическая кислотность имеет разнообразные значения, находясь в диапазоне от 10 до 50 мг-экв на 100 г почвы, а в подзолах – в диапазоне от 10 до 20 мг-экв на 100 г почвы.

Сумма обменных оснований варьирует в узком диапазоне от 0,5 до 1,8 мг-экв на 100 г почвы в подбурах. Обменные основания более всего накапливаются в альфегумусовом горизонте *BHF*. В подзолах содержание обменных оснований несколько больше, в сравнении с подбурами. Возможно, это связано с большим преобладанием травянистой растительности в березово-еловом криволесье, чем в тундре.

Емкость катионного обмена варьирует от низкой до высокой: в подбурах – от 15 до 50 мг-экв на 100 г почвы; в подзолах имеет большую вариацию – от 14 до 100 мг-экв на 100 г почвы. В подбурах в иллювиально-гумусовом *BH* горизонте ЕКО ниже, чем в подзолах (рисунок 7.6).



Подбуры Подзолы

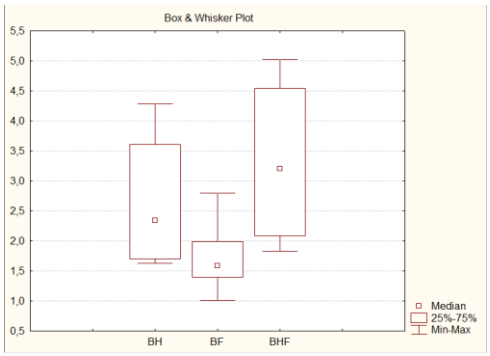
Рисунок 7.6 – Статистическое распределение содержания емкости катионного обмена (ммоль на 100 г почвы)

Иллювиально-железистый горизонт в почвах характеризуется примерно близким содержанием ЕКО, но с разным размахом варьирования (больший в подзоле). Подзолы и подбуры различаются по ЕКО альфегумусового горизонта (*BHF*): большие показатели признака характерны для подбуров. ЕКО в

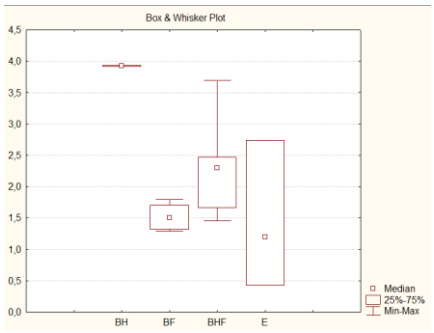
подзолистом горизонте является стабильной в сравнении с альфегумусовыми горизонтами.

Альфегумусовые почвы не насыщены основаниями. В подбурах степень насыщенности основаниями закономерно повышается от иллювиально-гумусового горизонта к иллювиально-гумусово-железистому в пределах 10-12 %. В подзолах степень насыщенности значительно ниже и находится примерно на одном уровне независимо от генезиса диагностических горизонтов. Подзолистый горизонт характеризуется достаточно стабильной насыщенностью основаниями, но с широким размахом изменчивости между минимальным и максимальным значениями. Сравнивая альфегумусовые (*BHF*) горизонты подбуров и подзолов, отмечается общая тенденция для типов почв – большее варьирование признака характерно именно в этом горизонте.

Содержание общего углерода составляет 1,37-5,9 %. Выделяется горизонт BF, в котором значения показателя в подбурах и подзолах примерно равны, различаясь по размаху варьирования (рисунок 7.7).



Подбуры



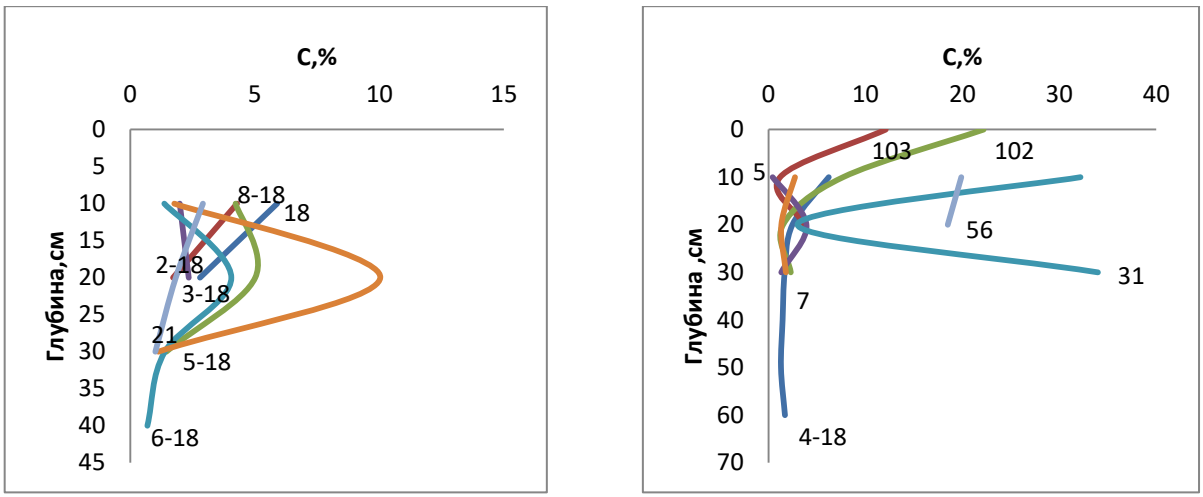
Подзолы

Рисунок 7.7 – Статистическое распределение содержания углерода (С, %)

Менее всего *Собщ.* отмечается в подзолистом горизонте подзолов. Иллювиально-гумусовые и иллювиально-гумусово-железистые горизонты почв диаметрально различаются по накоплению органического углерода. Подбуры и подзолы различаются по профильному распределению углерода (рисунок 7.8).

Вопрос о природе обменной кислотности, о том, какие обменно-поглощенные катионы создают эту кислотность, многие годы был дискуссионным. К.К. Гедройц считал, что в почвах преобладают обменно-поглощенные ионы водорода, которые и являются причиной обменной кислотности, так как при

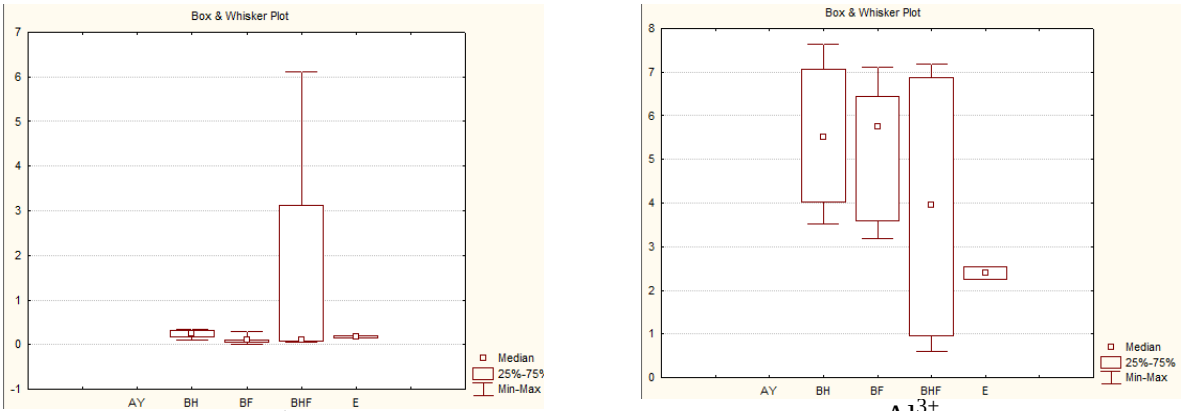
взаимодействии почвы с раствором нейтральной соли (например, KC1) они вытесняются в раствор и образуют соляную кислоту, которая растворяет соединения алюминия и железа, переводит некоторое количество их в раствор. Появление в солевой вытяжке алюминия – это (по Гедройцу) не причина, а следствие обменной кислотности.



А) Подбуры Б) Подзолы

Рисунок 7.8 – Профильное распределение содержания углерода в почвах

Как выше уже указывалось, альфегумусовые почвы являются очень кислыми. Для выяснений природы кислой реакции среды определены обменные катионы. Установлено преобладание Al^{3+}, и большей частью в *BF* и *BH*, варьируя в широком диапазоне (рисунок 7.9).



H^+ Al^{3+}

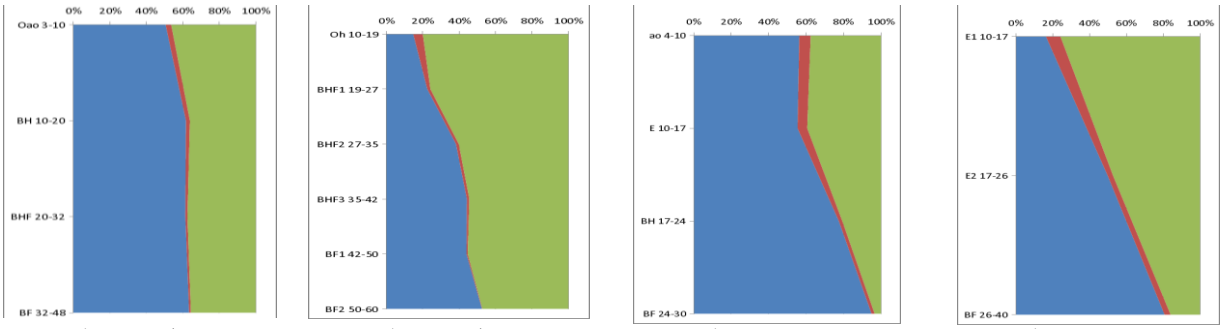
Рисунок 7.9 – Статистическое распределение содержания обменных водорода и алюминия в альфегумусовых почвах

Содержание Al^{3+}значительно меньше в *E* горизонте подзолов при достаточно стабильном его содержании. Обменного водорода содержится

стабильно мало во всех горизонтах, кроме альфегумусового, где отмечается также низкое медианное значение, но с большим размахом варьирования в пространстве.

Полученные данные опровергают гипотезу К.К. Гедройца и подтверждают гипотезу Чернова В.А. [Чернов, 1947], что носителем обменной кислотности в минеральных горизонтах кислых почв являются ионы Al^{3+}, а H^{+} или вообще отсутствует, или содержится в очень небольших количествах. Присутствие H^{+}как носителя обменной кислотности возможно в органогенных горизонтах почв, и в горизонтах, содержащих значительные количества ОВ [Шамрикова, 2013]. Позднее доказано, что источником обменной кислотности почв могут быть ионы железа и его гидроксокомплексы разной основности [Thomas, 1982].

Профильное распределение обменных катионов и их соотношения представлены на примере некоторых подбурах и подзолах (рисунок 7.10).



А) Подбур перегнойный, р. 138, 871 м н.у.м

Б) Подбур грубогумусированный, р. 134, 811 м н.у.м

В) Подзол грубогумусированный, р. 118, 756 м н.у.м

Г) Подзол иллювиально-железистый, р.120, 745 м н.у.м

Примечание: -алюминий, -водород, умма кальция и магния.

Рисунок 7.10 – Распределение обменных катионов в альфегумусовых почвах

Содержание Al^{3+}в профиле альфегумусовых почв в несколько раз превышает содержание водорода. В подбурах содержание Ca^{2+}+Mg^{2+} больше, чем в подзолах. Содержание H^{+} варьирует одинаково в подбурах и в подзолах. В альфегумусовых почвах среди обменных катионов преобладают либо Al^{3+}, либо Ca^{2+}+Mg^{2+} в зависимости от высоты местности. В подбурах распределение обменных катионов менее дифференцировано по профилю, чем в подзолах. Итак, подбуры и подзолы характеризуются некоторыми различными особенностями в проявлении физико-химических свойств.

Структура связи свойств в почвах

Установлена связь между содержанием обменных катионов и высотой местности (таблица 7.10). В верхних горизонтах почвы выявлена сильная прямая связь между высотой и содержанием катионов H+ и Ca^{2+}+Mg^{2+}. В почво-элювии содержание всех катионов зависит от высоты местности, особенно Ca^{2+}+Mg^{2+}.

Таблица 7.10 – Корреляционная связь между содержанием обменных катионов и высотой местности в альфегумусовых почвах

Горизонт	Al^{3+}	H^{+}	Ca^{2+} + Mg^{2+}
Верхний (органо-минеральный)	0,14	**0,99**	**0,96**
Почво-элювий	**-0,70***	**-0,78**	**0,92**

Примечание: *достоверность на уровне значимости менее 0,05

Установлена корреляционная связь между физико-химическими свойствами диагностических горизонтов типов почв и высотой местности. Содержание органического углерода слабо зависит от высоты, выделяется сильная прямая связь между содержанием Нг и содержанием углерода.

В подбурах в иллювиально-гумусовом горизонте (*BH*) отмечается средняя теснота прямой связи актуальной и обменной кислотности с высотой местности и обратная средняя с показателями, характеризующих содержание обменных катионов. В иллювиально-железистом горизонте BF с высотой связаны показатели: содержание углерода (прямая связь), содержание Ca^{2+}+Mg^{2+} и степень их насыщенности (средняя обратная связь). В подзолах физико-химические свойства в большей степени зависят от высоты местности, чем в подбурах. Типы почв имеют определенную связь с абсолютной высотой местности и приуроченность к конкретным высотным ландшафтам.

7.2.4 Литоземы и слаборазвитые почвы

Морфологическое строение и описание типов почв отдела литозёмы и слаборазвитые приводится в приложении 5.

В горных условиях происходит первичное почвообразование, и формируются примитивные почвы, которые приурочены к участкам между камней, где происходит аккумуляция мелкозема и откуда он не выдувается ветром. Слаборазвитые почвы не образуют сплошного покрова, так как они встречаются между каменистыми россыпями и скальными останцами.

Морфологическая диагностика почв, а также характер верхнего горизонта позволила определить исследуемые почвы, как петрозёмы типичные и петрозёмы гумусовые. В петроземе гумусовом отмечается формирование перегнойного горизонта (начальная стадия), в котором органические вещества хотя и имеют некоторую торфянистость, но, наряду с ними, в развитие почвы вовлекается и минеральная часть рыхлых образований. Ниже гумусово-слаборазвитого (W) и подстилочно-торфяного (O) горизонта часто наблюдаются слабые признаки почвообразования, недостаточные для выделения генетических горизонтов. Развитие почвенного профиля ограничивается молодостью почв, активным осадконакоплением, препятствующим непрерывному почвообразованию, а также климатическими условиями.

Особенности свойств петрозёмов: очень кислые (pH_{KCl}=2,7 ед.), очень высокая гидролитическая кислотность (206 ммоль/100 г почвы), обменных оснований 17 ммоль/100 г почвы, насыщенность основаниями, соответственно, очень низкая – 8 %, гумус, представленный детритом и грубым гумусом, составляет 33,5 % (см. приложение 18, таблица 2). Итак, петрозёмы, накапливают органический углерод, связанный с минеральной частью почвы.

Можно заключить, что горизонты, связанные с процессами аккумуляции грубого органического вещества и фульватного гумуса в условиях очень кислой среды – подстилочно-торфяный, грубогумусовый, перегнойный, серогумусовый, реагируют на высотно-климатические условия, образуя биоклиматогенный ряд. Подстилочно-торфяный и перегнойный горизонты в петрозёмах формируются большей частью в тундровом поясе. В переходных экотонах развиваются петрозёмы с серогумусовым горизонтом. В горно-лесном поясе петрозёмы встречаются реже, но с грубогумусовыми или слаборазвитыми

горизонтами, и в основном на нижних частях курумников, на огромных обломках в горных и предгорных таежных лесах, где начинается первичное почвообразование.

Почвы отдела литозёмы относятся к маломощным и формируются на близких выходах скальных пород различного происхождения. Изучая коротко-профильные почвы, выяснилось, что генетические типы почв формируются в определенных вертикальных зонах, где возможно проявление диагностического профилеобразующего процесса. Определены закономерности формирования типов (подтипов) литоземов в пространстве в зависимости от высоты местности н.у.м (таблица 7.11).

Таблица 7.11 –Дифференциация почв отдела литоземы (n=31) в пространстве

Высота, м	Ряд почв	Pbj	H(A/bj)	J(A/bj)	PbjJ(A/bj)
300-500	Лгрг > Лож > Лсг > Лэ	0,3548	2,1626	0,9075	0,3220
500-700	Лт > Лсг, Лтг	0,0968	0,9183	2,1518	0,2082
700-900	Лгл-ил > Лэ > Лтг > Лож	0,2258	2,2359	0,8342	0,1884
>900	Лп, Лстф > Лгл-ил > Лэ	0,3226	2,3219	0,7482	0,2414
T=0,960 бит; K=0,514					

Примечание: Лт – торфяно-литозёмы; Лтг – литоземы темногумусовые; Лсг – литозем серогумусовый; Лож – литоземы ожелезненные; Лэ – литозем элювиированный; Лгрг – литоземы грубогумусовые; Лгл-ил – литоземы глинисто-иллювиированные; Лп – литозем перегнойный; Лстф – литозем сухоторфяный.

Общая информативность взаимосвязи ландшафтных условий и формирования почв является высокой (0,960 бит). Коэффициент эффективности передачи информации К показывает высокую тесноту связи между фактором высоты и генетическими типами литоземов. Количественные значения этой взаимосвязи позволили выстроить топографический биоклиматогенный ряд типов литоземов, закономерно изменяющихся в пространстве (снизу–вверх): грубогумусные (горно-лесной пояс, 300-500 м) – торфяно-литозёмы, темногумусовые (горные болота, 490-570 м; влажные луговые поляны 550-700 м) – серогумусовые, темногумусоые (луговые поляны, криволесье, 700-900 м) – перегнойные и сухоторфяные (тундровая зона, > 900 м).

Свойства литоземов также варьируют в пространстве, как и типы почв. Гранулометрический состав мелкозёма изменяется от супесчаного и

легкосуглинистого в горной тундре до легко- и среднесуглинистого в подгольцовом поясе. В литозёмах горно-лесного пояса содержание физической глины в мелкозёме стабильно более 50 %.

В литозёмах тундровой зоны pH_{KCl} менее 3,5 единиц (2,7-3,4), в литозёмах подгольцового пояса pH_{KCl} варьирует в пределах 3,8-4,2 ед., а в горно-лесном поясе – 3,4-4,0 ед. (см. приложение 18, таблица 2). Гидролитическая кислотность имеет аналогичную тенденцию, но диаметрально противоположную: 113-206; 10,5-15,0; 25,8-34,7 ммоль/100 г почвы соответственно. Почвы не насыщены основаниями более всего в тундре (6-14 %) и горно-лесном поясе (11-31 %), а в подгольцовом поясе отмечается наибольший размах изменчивости – 16-50 %. Накопление гумусовых веществ различно в зависимости от биоклиматогенных условий: в тундровом поясе – 3,3-61,4 %; в подгольцовом – 6,0-7,1 %; в горно-лесном – 5,0-8,9 %.

Литозёмы формируются во всех вертикальных зонах в сочетании с зональными и азональными почвами (отделы): глеевые, примитивные, альфегумусовые, органо-аккумулятивные, структурно-метаморфические, торфяные, аллювиальные. Этот факт можно характеризовать, как особенностью организации почвенного покрова в горных условиях.

7.2.5 Почвы полугидроморфного ряда (торфяные и глеевые)

В горных условиях встречаются заболоченные участки, плохо дренируемые и приуроченные к выровненным платообразным поверхностям на склонах, где происходит накопление внутрипочвенной влаги, стекающей с вышележащей части склона, и за счет затрудненного стока [Самофалова, Лузянина, 2013, 2014в; Самофалова и др., 2014а-г; Самофалова, 2015е,ж; Самофалова, Кондратьева, 2016; Самофалова, Шутов, 2015, 2017; Сарманова, Самофалова, 2017; Самофалова и др., 2021; Самофалова, 2022в, 2022г; Самофалова, Сивкова, 2022]. Болотные ландшафты тяготеют к местам водосборных воронок, что объясняется повышенным переувлажнением.

В болотной экосистеме доминируют кустарничково-сфагновые и пушициево-сфагновые фитоценозы с угнетенной березой, елью, кедром. Высота расположения болота над уровнем моря составляет 517-518 м. Почвенные разрезы закладывали с учетом структуры растительного покрова на трансекте «центр – окраина» и доминирующих растительных сообществ. Первоочередное значение придается растительности «генетического центра» болота, что отражает динамику развития экосистемы. Это особенно актуально для болот, характеризующихся комплексной структурой растительного покрова.

Профили почв различаются степенью разложенности органического материала, мощностью органогенного и органо-минерального горизонтов, степенью выраженности и мощностью глеевого горизонта, мощностью профиля (приложение 5). Таким образом, от центра болотного массива с осоково (Carex globularis)-кустарничково (Vaccinium vitis-idaea, Vaccinium myrtillus)-сфагновым и зеленомошно-сфагновым (Sphagnum angustifolium, S. fallax, S. russowii, Pleurozium schreberi) растительным покровом с присутствием болотных кустарничков (Vaccinium uliginosum, Ledum palustre) к окраине болота мощность торфяной залежи снижается, постепенно переходя в грубогумусный или перегнойный органический материал. При этом глеевый горизонт находится ближе к поверхности (с 16-19 см) и большей мощности (52-80 см). Болотный массив мелко-залежный, с низким стоянием уровня болотных вод (УБВ= -22-50 см).

В связи с этим, диагностированы подтипы почв по трансекте «центр-окраина»: *торфяная олиготрофная глеевая иловато-торфяная – глеезем грубогумусированный – перегнойно-глеевая грубогумусированная ожелезненная.*

Наиболее влагоемкой является торфяная олиготрофная глеевая почва: в 2,5-3,3 раза выше содержание гигроскопической влаги, чем в глеевых почвах (таблица 7.12). Торфяные и органо-минеральные горизонты имеют очень кислую реакцию среды. Наиболее кислыми являются подстилочно-торфяный и глеевые горизонты. В торфяной олиготрофной глеевой почве, формирующейся в центре болотного массива, отмечается очень низкая гидролитическая кислотность при относительно высокой насыщенности обменными основаниями (82-86 %). Здесь растительная

группировка представлена кроме кустарничковых и моховых видов растений и травянистыми видами, что и создает большую обеспеченность обменными основаниями, и значительно большую насыщенность ими, в сравнении с глеевыми почвами.

Таблица 7.12 – Физико-химические свойства
торфяной олиготрофной глеевой почвы (р. 25)

Горизонт	Мощность горизонта, см	pH		Ммоль/100 г почвы			%			
		H2O	KCl	Hг	S	ЕКО	V	W	ППП	C
О	3-7	3,98	3,03	2,16	10,00	12,16	82	9,30	93,92	29,33
ТО	7-26	4,28	3,37	1,98	12,20	14,18	86	7,65	90,48	31,60
Т	26-48	4,67	3,93	1,90	8,50	10,40	82	7,57	95,26	24,40

Торфяная олиготрофная глеевая иловато-торфяная также имеет дифференцированный профиль по отношению C:N (бимодальный). Очень высокая обогащённость ОВ азотом отмечается в торфяно-перегнойном (N = 5,52 %) и глеевом (N = 0,95 %) горизонтах, а в поверхностном органогенном мощностью 0-7 см и иловато-торфяном на глубине 16-36 см – обогащённость очень низкая (N = 0,15 %). Такая резкая дифференциация профилей почв по обогащённости ОВ азотом, возможно, связана с биоклиматогенными условиями, в которых происходит генезис этих почв. Болотная экосистема представлена растительными группировками, где центральные виды растений различаются, и за счет этого создаются различные гидротермические условия для формирования органогенных горизонтов.

Глеевые почвы отличаются гумусовыми горизонтами, приуроченные к разным условиям формирования: грубогумусовый горизонт мощностью более 10 см характерен для почв горной тайги и паркового редколесья (350-500 м); перегнойный с генетическими признаками грубогумусированности формируется на границе горной тайги и лугов (515-640 м), что соответствует поверхности выравнивания и представляет собой слабонаклоненное плато, где собираются поверхностный и внутрипочвенный сток воды с верхних крутых склонов. Также глеевые почвы можно обнаружить в горно-лесном поясе (ниже 500 м н.у.м.) в сочетании с буроземами и аллювиальными почвами.

Почвы отдела глеевые характеризуются очень кислой реакцией среды в солевой вытяжке и кислой и слабокислой реакцией в водной вытяжке (см. приложение 18, таблица 2). В зависимости от высотных условий, различаются показатели гидролитической кислотности и насыщенности основаниями в глеевых горизонтах: на порядок ниже Нг (всего 2-7 ммоль/100 г почвы) и выше насыщенность в глеевых почвах в горно-лесном поясе (более 70 %). Сумма обменных оснований повышается вниз по профилю, что связано с появлением минерального компонента в горизонтах. Глеевый горизонт в почвах в подгольцовом поясе более обогащен гумусом (2,02-5,14 %), чем глеевый горизонт в почвах в горно-лесном поясе (0,81-1,50 %).

Итак, основные особенности почв отдела глеевые заключаются в следующем. В почвах над глеевым горизонтом, как правило формируются различные органогенные горизонты (*АО, Нао, Hg*) с высоким содержанием органических веществ (20-56 %). В глеевых горизонтах отмечается накопление гумусовых веществ. Только в глеевых почвах ΔpH больше 1, так как в результате формирования почв, создается большой разрыв значений между актуальной и обменной кислотностью. Почвы более насыщены основаниями, чем другие почвы, диагностированные в пределах хребта Басеги. Профиль глеевых почв создают элементарные почвообразовательные процессы: образование подстилки, аккумуляция гумуса, внутрипочвенное оглинивание и оглеение.

Аллювиальные почвы занимают небольшие ареалы в связи с узко выработанными поймами. В нижней части профиля имеются признаки оглеения.

Таким образом, почвенный покрв болот на западном склоне хребта представлен как органогенными, так и постлитогенными почвами полугидроморфного ряда, которые вклиниваются в зональный ряд почв высотных поясов. Эти почвы являются азональными, развивающиеся в сочетании с зональными бурземами в парковом редколесье и в горно-лесном поясе. Условной границей появления ареалов почв является наличие водосборных воронок, из которых берут начало все водотоки.

7.2.6 Высотная организация типов почв

В.В. Докучаев во время работ в Полтавской губернии указал, что «между высотой местности и ее рельефом, с одной стороны, распределение черноземных почв, лесных земель, солонцов и дикой растительности – с другой наблюдаются постоянные закономерные отношения» [Докучаев, 1949]. Рассматривая зональность почв Ставрополья, С.А. Захаров писал [Захаров, 1926], что главным моментом в распределении почв можно считать рельеф и, в частности, высоту данного участка над уровнем моря. С.А. Захаров писал, что «все три закона распределения почв в пространстве можно объединить под именем общего закона зональности почв, по которому почвы образуют аналогичные топографические ряды» [Захаров, 1924].

Пространственно-структурная организация почвенного покрова горных геосистем на Урале изменяется с высотой местности [Самофалова, 2018]. В выявлении и исследовании высотной организации важны не сами по себе граничные условия почв, т.к. они переменны, а необходимо знать соотношения друг к другу этих пределов. Для анализа СПП определяют индекс сложности, неоднородности и контрастности. Как считают В.С. Крыщенко и А.П. Самохин [2008], недостаток этих показателей проявляется в том, что полученные таким образом результаты имеют частный характер, потому что в конкретных почвенно-топографических рядах меняется набор почв и абсолютные высоты их залегания, поэтому являются несравнимыми.

Высотная организация структурно-метаморфических почв

Высотная организация определена для типов и подтипов бурозёмов (таблица 7.13). Амплитуда залегания (Δ h) буроземов сильно варьирует: от 820 до 315 м н.у.м. Наибольшая амплитуда залегания по высоте характерна для бурозёмов типичных и грубогумусовых, которая соотносится с горно-лесным поясом, подпоясом паркового редколесья и на границе луговых полян. Наименьшей амплитудой залегания отличаются бурозёмы темногумусовые, формирующиеся в подгольцовом поясе под травянистым разнотравьем на луговых полянах (подпояс субальпийских лугов, подпояс криволесья).

Таблица 7.13 – Высотная организация структурно-метаморфических почв, м

Почвы (типы, подтипы)	$h_в$	$h_н$	Δ h	КВ	ah
Типы бурозёмов					
Типичные	655	315	340	2,08	6,12
Грубогумусовые	595	319	276	1,86	6,74
Темногумусовые	820	640	180	1,28	7,11
Топографический ряд	820	315	505	2,60	5,15
Подтипы бурозёмов					
Грубогумусированные	800	347	453	2,31	5,09
Ожелезненные	800	346	454	2,31	5,09
Глинисто-иллювиированные	646	315	331	2,05	6,19
Элювиированные	597	347	250	1,72	6,88
Глееватые	595	319	276	1,87	6,77
Топографический ряд	800	315	485	2,54	5,24

Примечание: $h_в$ – верхний уровень залегания почв; $h_н$ – нижний уровень залегания почв; Δh – амплитуда почв; КВ – коэффициент высотной организации почв; ah – плотность заполнения типом и подтипом почв единицы высоты.

Соответственно, коэффициент высотной организации подтверждает выявленную закономерность в распределении типов бурозёмов в высотном пространстве. Наибольшая плотность заполнения типом единицы высоты характерна для темногумусовых, так как, они формируются в специфиных условиях, отличных от условий горно-лесного пояса.

Подтипы буроземов также имеют различные провинциальные топографические особенности. Наибольшая амплитуда залегания и наименьшая плотность заполнения подтипом единицы высоты характерна для грубогумусированных и ожелезненных бурозёмов.

Высотная организация альфегумусовых почв

Амплитуда залегания альфегумусовых почв изменяется от 941 до 743 м.н.у.м. Амплитуда по высоте залегания (Δh) у подбуров больше, чем у подзолов (таблица 7.14).

Таблица 7.14 – Показатели высотной организации альфегумусовых почв

Тип почвы	Показатели				
	$h_в$	$h_н$	Δ h	КВ	ah
Подбур	936	823	113	1,13	10,06
Подзол	841	743	98	1,13	11,55

Примечания: обозначения см. в табл. 7.12.

При этом коэффициент высотной организации типов почв (КВ) не различается – 1,13. Плотность заполнения типом почв единицы высоты (ah) в

подзолах несколько больше, чем в подбурах, однако, в целом, эти значения выше, чем у бурозёмов.

Определены показатели высотной организации почв с учетом ландшафтов, в которых преимущественно формируются почвы (таблица 7.15). В тундровой зоне преимущественное положение занимают подбуры. В сочетании с ними, в зависимости от преобладающей растительности и напочвенного покрова, встречаются дерново-подбуры и на нижней границы тундры – дерново-подзолы. Плотность заполнения типами почв высокая.

Таблица 7.15 – Показатели высотной организации альфегумусовых почв в высотных ландшафтах

Ландшафт	№ разреза	Типы почв	Показатели				
			$h_в$	$h_н$	Δh	КВ	ah
Тундра, 940-850 м	136,135,18,142,137,138	Подбуры, дерново-подбуры, дерново-подзолы	940	884	56	1,06	18,9
Переходная зона (тундра-криволесье), 850-811 м	103,140,102,101,139,134,70	Дерново-подбуры, дерново-подзолы, подбуры, подзолы	875	811	64	1,08	16,86
Криволесье	118, 31, 67, 120,56	Подзолы	770	743	27	1,04	38,38
Топографический ряд			940	743	197	1,27	6,45

Примечания: обозначения см. в табл. 7.13

В переходной зоне горная тундра и криволесье проникают друг в друга и возникает разнообразие биоценозов, где формируются в основном дерново-подбуры и дерново-подзолы. На восточном склоне на нижней границе переходного экотона встречаются подзолы.

Меньшую протяженность по высоте занимает криволесье, развивающееся в определенных геоморфологических и климатогенных условиях. В криволесье отдел альфегумусовых почв представлен только одним типом – подзолы. Высотные показатели демонстрируют очень высокую плотность заполнения подзолов единицы высоты. Таким образом, условия для проявления подзолистого процесса, возможны только на определенной высоте. Итак, оценка высотной организации почвенно-топографических рядов альфегумусовых почв показала, что типы почв имеют определенную связь с

абсолютной высотой местности и приуроченность к определенным высотным ландшафтам, что отражает дифференциацию почвенного покрова.

Высотная организация литозёмов и петрозёмов

Типы почв отдела слаборазвитые имеют различные показатели высотной организации (таблица 7.16). Наибольшая плотность заполнения типом единицы высоты отмечается для петроземов с органогенным поверхностным горизонтом, имеющих наиболее узкие границы залегания по высоте.

Таблица 7.16 – Показатели высотной организации *петроземов* и *литоземов*, м (по типам)

Почвы (Типы Подтипы)	hв	hн	Δ h	КВ	ah
Слаборазвитые почвы					
Петрозём	950	740	210	1,28	6,10
Петрозём гумусовый	823	420	403	1,96	4,86
Топографический ряд	950	420	530	2,26	4,27
Литоземы					
Грубогумусовые	500	320	200	1,56	7,81
Торфяно-литозёмы	578	490	88	1,18	13,40
Темногумусовые	820	600	220	1,36	6,21
Серогумусовые	770	345	425	2,23	5,25
Сухоторфяно-литозёмы	939	826	113	1,14	10,06
Перегнойные	940	911	29	1,03	35,58
Топографический ряд	940	320	620	2,94	4,74

Примечание: $h_в$ – верхний уровень залегания почв; $h_н$ – нижний уровень залегания почв;
Δh –амплитуда почв; КВ – коэффициент высотной организации почв;
ah – плотность заполнения типом и подтипом почв единицы высоты.

Амплитуда залегания литозёмов сильно изменяется от 950 до 345 м н.у.м. Развитие почв возможно в различных высотных условиях. Выделяются подтипы, приуроченные к конкретным высотам и, соответственно, имеющие узкие границы залегания почв по высоте: перегнойные, торфяно-литозёмы и сухоторфяно-литозёмы. Темногумусовые и грубогумусовые литозёмы имеют более широкие границы залегания почв по высоте. Самым распространенным типом литозёмов по условиям залегания является серогумусовый.

Таким образом, типы *литоземов* и *петроземов* почв имеют различные топографические сочетания за счет накладывающихся элементарных почвообразовательных процессов.

Высотная организация органо-аккумулятивных почв

Почвы отдела органо-аккумулятивные представлены типами серогумусовые, темногумусовые, перегнойно-темногумусовые, которые имеют различные показатели высотной организации (таблица 7.17).

Таблица 7.17 – Высотная организация *органо-аккумулятивных* почв, м

Типы	hв	hн	∆h	КВ	ah
Серогумусовые:	794	605	189	1,31	6,94
Глинисто-иллювиированные	700	635	65	1,10	16,96
Элювиированные	750	655	95	1,15	12,05
Метаморфизированные	794	608	186	1,31	7,02
Ожелезненные	642	605	37	1,06	28,68
Темногумусовые	800	740	60	1,08	18,02
Перегнойно-темногумусовые	940	927	13	1,01	78,00
Топографический ряд	940	605	335	1,55	4,63

Примечание: обозначения см. в табл. 7.15.

Наиболее широкие границы залегания по высоте характерны для типа – серогумусовые, развивающиеся практически в пределах всего подгольцового пояса. Значительно уже границы залегания темногумусовых почв, которые приурочены в основном к луговым полянам в подпоясе криволесья. Наибольшая плотность заполнения единицы высоты характерна для перегнойно-темногумусовых, которые формируются в горной тундре и встречаются фрагментарно между останцами и гольцами.

Высотная организация глеевых почв

Типы почв отдела глеевые глеезем и перегнойно-*глеевые* имеют примерно близкую амплитуду залегания (136 и 116 м), что свидетельствует о близком залегании и нахождении в одном высотно растительном поясе. По амплитуде залегания (таблица 7.18) глеевые почвы приурочены к горно-лесному поясу.

Таблица 7.18 – Показатели высотной организации *глеевых* почв, м (по типам)

Почвы (Типы Подтипы)	hв	hн	∆h	КВ	ah
Глеезем	518	382	136	1,36	10,00
Перегнойно-глеевые	633	517	116	1,22	10,55
Топографический ряд	633	382	251	1,66	6,60

Примечание: обозначения см. в табл. 7.15.

В зависимости от биоклиматогенных, геоморфологических условий процессы почвообразования протекают по-разному, что способствует

формированию провинциальных особенностей почвенного покрова горно-лесного пояса в вертикальной зональности.

Таким образом, выявлена приуроченность типов-подтипов почв к определенным высотно-растительным условиям. Генетические признаки почв закономерно проявляются с изменением высоты.

Наибольшая плотность заполнения типом почв единицы высоты (более 6) характерна в первую очередь для серогумусовых почв (органо-аккумулятивные), подзолов и подбуров (альфегумусовые), формирующихся на водораздельных пространствах, наименее затронутых процессами бассейнообразования. Почвы отдела глеевые также характеризуются большой плотностью заполнения типом почв единицы высоты (6,60), чем почвы отдела структурно-метаморфические (5,15). Это означает, что глеевые приурочены к определенным условиям формирования, соответствующие водораздельным воронкам и склоновым поверхностям. Литозёмы и петрозёмы имеют плотность заполнения единицы по высоте менее 5 ед. Почвы, имеющие меньший показатель заполнения единицы по высоте, характеризуются более широкой встречаемостью в пределах всех высотных поясов – это петрозёмы и литозёмы и их можно отнести к интразональным почвам. К зональным почвам высотной поясности относится ряд почв следующих отделов (сверху низ): *альфегумусовые – органо-аккумулятивные – структурно-метаморфические* почвы.

Таким образом, выявлена приуроченность типов-подтипов почв к определенным высотно-растительным условиям. Генетические признаки почв закономерно проявляются с изменением высоты.

7.3 Организация почвенного покрова на уровне элементарных почвенных структур

Биогеоценозные изменения связаны с направленными сменами природных условий (увлажнения, интенсивного приноса материала или смыва почв, температурного режима) длительного воздействия или нарастанием действия какого-либо фактора [Карпачевский и др., 2007]. В пределах высотного пояса

почвенный покров не является однородным, его строение, существенно осложняется влияем ряда факторов. В разных высотных поясах механизмы дифференциации почвенного покрова различны [Урушадзе, 1979, 1989; Фирсова, Дедков, 1983; Владыченский, 1998; Чернова, 2006; Владыченский, 2007; Семаль., 2007; Бадмаев, 2008; Карпачевский, 2012; Семиколенных и др., 2013; Самофалова, Шутов, 2017, Хмелева, Самофалова, 2017; Самофалова, 2020]. Ведущим фактором дифференциации почвенного покрова в горах является высотно-экспозиционный, определенную долю играет и литогенный фактор, но в меньшей степени.

7.3.1 Почвенное разнообразие тундровых и гольцовых ландшафтов

В современных условиях в мировом почвоведении наблюдается интерес к географии, генезису и классификации почв в связи с новыми международными проектами Глобальной почвенной карты (GlobalSoilmap.net) и Всеобщей классификации почв (Universal soil classification) [Broll, Keplin, 2005; Sanchez et al., 2009; Старцев и др., 2017]. Это требует обновления знаний о почвах и почвенном покрове многих регионов, и в том числе малоизученных в почвенном отношении.

Почвы тундровой зоны представляют интерес с точки зрения их уникальности, а также почвообразования, которое осложняется пестротой пород, постоянным проявлением и смыва, и накопления мелкозема, обломочного материала, а также вовлечением свежих не выветрелых горных пород в почвообразование, интенсивным проявлением внутрипочвенного и латерального стока [Владыченский, 1998; Карпачевский, 2012; Самофалова, Лузянина, 2014; Самофалова, 2018]. Можно сказать, что почвы постоянно находятся в стадии не только формирования (первичное почвообразование), но и в стадии разрушения (постоянного «омолаживания»).

Почвенный покров тундровых и гольцовых ландшафтов Среднего Урала, а также генезис почв высокогорных пространств Урала изучал М.А. Тифлов в 50-х г.г. прошлого столетия [Тифлов, 1951, 1952]. Материалы ученого почти не публиковались и сведений о почвах горной тундры мало. Среди почв

гольцового пояса исследователь выделил почвенные примитивы на поверхности скал, образовавшиеся под воздействием накипных и листоватых лишайников и примитивно-аккумулятивные почвы, образовавшиеся на продуктах разложения накипных и листоватых лишайников при непосредственном воздействии мхов. М.А. Тифлов обосновал, что растительный покров альпийского пояса Западного Урала не имеет цветущих ковров и лугов, которые свойственны другим горным странам и для альпийского пояса Уральской горной страны характерны горные тундры с соответствующей растительностью. В альпийском поясе М.А. Тифловым выделены и описаны горно-тундровые (под моховой горной тундрой) и горно-тундровые задернованные почвы (дерновинные тундры). Автор считал, что эти почвы представляют собой стадии единого почвообразовательного процесса, начинающегося со скалистых выходов гольцового пояса и кончая контактом горно-луговых почв с почвами горно-лесного пояса.

После исследований М.А. Тифлова тундровые почвы Уральской горной страны практически не изучали [Самофалова, 2015б]. Почвенный покров необходимо изучать с учетом региональных и локальных особенностей конкретной горной страны [Иванова, 1949; Шоба и др., 2014; Сафарян, 2015]. Горная тундра в границах Пермского края занимает площадь более 200 тыс. га [Почвенная карта Пермской…, 1989] и не изучена в почвенном отношении.

Физико-географические и климатические условия на высоте более 830 м над уровнем моря обуславливают формирование тундровой растительности и холодных гольцовых ландшафтов. В условиях сурового климата основными рельефообразующими факторами являются процессы морозного выветривания и солифлюкции, которые формируют своеобразный «гольцовый» рельеф. Вершины гольцов плоские. На плоской поверхности возвышаются каменные останцы высотой несколько метров. Крутые обрывы в несколько метров, покрытые каменными россыпями (курумники, каменные «реки»), чередуются с плоскими уступами – нагорными (гольцовыми) террасами. Гольцовые террасы имеют различную ширину от нескольких десятков метров на Северном Басеге до нескольких сот метров на Среднем Басеге. Террасы врезаны в коренные

породы. На плоских вершинах гольцов и на гольцовых террасах развиты различные формы микрорельефа (каменные моря или реки с участками мелкозема, пятнистые и бугристые тундры). Такой гольцовый рельеф является зональным для горных хребтов с суровым континентальным климатом.

В целом, горно-тундровый пояс занимает небольшие территории и представляет собой узкую полосу, проходящую по высоким отметкам хребта, нагорным террасам верхних уступов, находящиеся в безлесных пространствах. Растительный покров имеет характерные черты тундровой растительности: преобладание многолетних цветковых растений, мхов, лишайников; микроярусность, комплексность и мозаичность в распределении растительности. Распределение горно-тундровых ассоциаций зависит от характера увлажнения. Так, ассоциации моховых тундр занимают местообитания с затрудненным дренажем. Лишайниковые и кустарничково-лишайниковые тундры развиваются на участках с хорошим дренажем.

Таким образом, почвообразование в горной тундре происходит в условиях сурового климата, наличия сильных ветров, отсутствия снежного покрова и резких колебаний температур [Иванова, 1949; Тифлов, 1952; Самофалова, Лузянина, 2013, 2014а,б; Лузянина и др., 2015; Самофалова, 2015б, 2016б; Самофалова, Шутов, 2015, 2017; Самофалова, 2018б]. В таких условиях формируются примитивные почвы, расположенные на участках между камней. Первичный почвообразовательный процесс способствует накоплению мелкозема между камней, который не выдувается ветром.

Почвенный покров горной тундры изучали на 11 профилях почв, заложенных выровненных платообразных участках (нагорные террасы или поверхности выравнивания) северной (9 шт., 836-940 м) и южной экспозиции (3 шт., 911-950 м) на вершине горы с каменистыми россыпями, и с низкорослой растительностью. На восточном склоне горы Северный Басег на границе субальпийского криволесья и горной тундры заложено 8 разрезов на трех условно выделенных уровнях, абсолютные высоты варьировали от 823 до 927 м н.у.м. В пределах каждого уровня заложено по два-три разреза на разных элементах

рельефа с разной крутизной склона. В результате закладки разрезов на разных высотах образованы три параллельные катены на восточном склоне горы Северный Басег и появилась возможность изучить морфологию почв в зависимости от высоты местности и смены растительной группировки. Выделены следующие группировки растительности: на первом уровне, выделена горная кустарничковая тундра на слабонаклоненной поверхности на высоте 927-925 м; следующий уровень расположен вблизи курумника, где создаются несколько иные гидротермические условия для формирования почв и развития растений (еловое мелколесье с включением зарослей можжевельника сибирского, переходные условия тундра – лес и на крутой части склона); следующий уровень наиболее разнообразен по видовому составу растительности (березово-пихтово-разнотравное редколесье, 820-850 м н.у.м.). По рельефу эта часть склона представляет слабонаклоненную платообразную поверхность, которую можно отнести к древней поверхности выравнивания.

Профили горных почв тундрового пояса хорошо различимы на минеральные и органогенные горизонты по цвету. Почвы развиваются под очесом мощностью от 2 до 10 см. Гумусовый горизонт в данных условиях формируется не всегда. Для почв тундры характерно накопление мертвых корней и, соответственно грубого гумуса, что обусловлено низкими температурами и преобладанием осадков над испарением, которые ограничивают биохимические процессы. Основная часть корневой массы растений сосредоточена в торфянистых подстилках. Мощные торфяные горизонты также не образуются. В связи с этим, выделяются различные разновидности органогенных горизонтов: подстилочно-торфяный, перегнойно-торфяный, перегнойный. Органогенные горизонты присутствуют практически во всех почвах различной мощности (от 3 до 15 см). Средняя мощность профилей почв составляет 27-40 см.

Итак, основными особенностями морфологического строения почв горно-тундрового пояса являются: темная окраска горизонтов, много грубых растительных остатков; наличие органогенных горизонтов; мощности

органогенных горизонтов больше, чем минеральных гумусовых; органогенный поверхностный горизонт состоит как минимум из 2 слоев, различающихся разной степенью разложенности; наличие в окраске горизонтов красноватого оттенка диагностирует промерзание и наличие мерзлоты при отсутствии морфологических признаков оглеения, то есть глубину промерзания профиля; профиль маломощный, рыхлый, мягкий; различное содержание щебня.

Определена теснота связи между цветом и природой горизонтов (органогенные, минеральные), а также цветом горизонта и экспозицией нагорных террас (северная, южная). Цветовая характеристика горизонтов разделена на группы: бурые, охристо-бурые, бурые с сероватым оттенком, бурые с темными черными и бурые с красноватыми оттенками (в некоторых горизонтах присутствуют красноватые оттенки, которые связывают с промерзанием профиля). Анализ показал, что для органогенных горизонтов почв наиболее вероятным является наличие буровато-черных оттенков, характерных для торфообразования, гумусообразования, разложения. Для минеральных горизонтов почв наиболее характерно преобладание охристо-бурой окраски, что указывает на преобладание альфегумусового процесса. Общая информативность связи высокая (Т=0,271 бит; К=0,291). Степень варьирования окраски является наибольшей для минеральных горизонтов.

Определена зависимость цветовой характеристики горизонтов от экспозиции нагорной террасы. Условная вероятность данной связи выше для почв нагорной террасы северной экспозиции (Paj=0,846), чем для южной экспозиции. Степень варьирования окраски горизонтов выше также для почв северной экспозиции. Наиболее вероятное состояние цвета горизонтов для почв нагорной террасы северной экспозиции – охристо-бурые и бурые с темными оттенками, а для почв южной экспозиции – бурые с темными оттенками. Теснота взаимосвязи оценивается как средняя (К=0,174).

Логический анализ информационных связей показал, что в почвах нагорных террас в тундровых и гольцовых ландшафтах преобладают различные процессы почвообразования в зависимости от экспозиции террас на вершине. В

почвах северной экспозиции в большей степени проявляется альфегумусовый процесс, приводящий к иллювиально-железистой дифференциации профиля и окрашивающий горизонты в охристые тона. Альфегумусовое иллювиирование осуществляется за счет разрушения наиболее неустойчивых алюмо- и ферросиликатов под воздействием агрессивных фульвокислот, частичного биологического поглощения, альфегумусовой миграции и аккумуляции подвижных форм оксидов железа и алюминия. Процесс наиболее характерен для подбуров, формирующихся на породах, способных к активному выветриванию и не испытывающих поверхностное переувлажнение. На более высоких позициях выположенной части нагорной террасы, где возможно поверхностно-проточное переувлажнение, проявляются процессы формирования грубогумусовых, перегнойных, торфяных аккумуляций органического вещества, которые присущи грубогумусовым, перегнойным, торфяным литоземам.

В почвах нагорной террасы южной экспозиции по преобладающей окраске горизонтов можно диагностировать доминирование процессов сухоторфяной и серогумусовой аккумуляций, выражающиеся в наличии сухоторфяных и серогумусовых горизонтов в профиле почв. Процессы формирования сухоторфяных аккумуляций происходят в результате «сухого» торфонакопления, не связанного с грунтовыми водами и заболачиванием в условиях холодного и влажного климата. Серогумусовые аккумуляции представлены гумусовыми веществами фульватного состава, которые связаны с минеральной частью почвы, окрашивая ее в серый цвет.

На склоне восточной экспозиции на высоте 927-925 м почвенный покров представлен подбурами: иллювиально-гумусовыми при проективном покрытии мхами 50 % и лишайниками 20 %; иллювиально-железистыми при проективном покрытии мхами 30 % и лишайниками 30 % и несколько большей доли произрастающей древесной растительности. Подбуры формируются с разным режимом увлажнения: в более влажных условиях под более мощным органогенным напочвенным покровом – подтип иллювиально-гумусовые; в менее увлажненных условиях – подтип иллювиально-железистые. На

выположенных участках склона (менее 5°) за счет бокового стока и аэрального приноса пылеватых частиц на поверхность формируются дерново-подбуры иллювиально-железистые. Почвы на высоте 905-871 м формируются в микропонижениях, или на плоских или вогнутых поверхностях с близким залеганием мерзлоты под еловым мелколесьем с мохово-лишайниковым напочвенным покровом и в профилях почв проявляются признаки слабой глееватости: в сизоватой окраске и потечности гумуса, железистой цементации. В еловом мелколесье на крутых склонах при явно промывном водном режиме с хорошо развитым боковым внутрипочвенным стоком проявляется подзолистый и альфегумусовый процессы. Таким образом, почвенный покров представлен разными типами почв, входящих в отдел *альфегумусовые*. При преобладании тундровой растительности формируются дерново-подбур иллювиально-гумусовый (в более влажных условиях) и подбур иллювиально-железистый (что соответствует меньшему увлажнению). При возрастании в доле древесной растительности можжевельника, березы, ели в сочетании с возрастающей долей лишайников (70 %) образовался подзол иллювиально-гумусовый глееватый. Почвы на высоте 823-840 м расположены на платообразной поверхности, резко сменяющейся крутым склоном и формированием курумников. Отмечается первичное почвообразование на заросших курумниках и формирование литозёмов. Изменение в составе тундровой растительности (появление мелколиственных пород и развитие травяно-кустарникового яруса) приводит к замене свойственного подбурам органогенного горизонта с заторможенными процессами гумификации серогумусовым (дерновым) горизонтом, и соответственно, формированию дерново-подбура. Окраска минеральных горизонтов имеет красноватые оттенки согласно цветовой шкале, что указывает на наличие мерзлоты в профиле почв.

По классификации 2004 года исследуемые почвы относятся к первичному почвообразованию и постлитогенному. В ствол первичного почвообразования включен отдел слаборазвитых почв, петрозем сухоторфяный и гумусовый (приложение 21, таблица 1). Педогенез постлитогенных почв не нарушается и не

прерывается отложением свежего седиментационного материала. Постлитогенное почвообразование в тундровых ландшафтах представлено почвами отделов: литоземы, органо-аккумулятивные, альфегумусовые (подбуры, подзолы, дерново-подбуры).

Таким образом, в суровых условиях горной тундры и гольцового пояса формируются почвы различного генезиса. Почвенный покров является достаточно пестрым для таких небольших ареалов тундр среди каменистых россыпей и останцев. Это может указывать на то, что в тундровой зоне, среди гольцов, резко выражены микроклиматические (гидротермические) различия, создающиеся за счет местоположения тундровой поляны по отношению к преобладающим ветрам и близости расположения ее к россыпям и гольцам. Можно предположить, что почвы в горной тундре могут формироваться за счет надувания-навевания пылеватых частиц и отложения их с наветренной стороны и, соответственно ростом мощности профиля вверх. С подветренной стороны, напротив, можно предположить, что профиль почвы будет развиваться вглубь и накапливать мелкозем при активном физическом и морозном выветривании скальных пород in sity на высоте более 900 м н.у.м. Установлено, что дифференциация почвенного покрова в тундровых и гольцовых ландшафтах определяется пространственной вариабельностью геологических компонентов – поверхностных седиментов и рельефом. Вертикальная смена типов почвообразования внутри горно-тундрового пояса отражает изменение с высотой, прежде всего климата и растительности.

Содержание щебня в почвах тундры варьирует в больших пределах. На высоте более 930 м н.у.м встречается щебень размером камней более 10 мм и мелкий щебень размером камней 1-5 мм. Возможно, это непосредственно связано с морозным выветриванием, а также моховая растительность способствует большему разрушению и выветриванию горных пород и каменных россыпей. В поверхностных органогенных горизонтах почв содержание щебня низкое и колеблется в пределах от 5 до 17 %. В горизонтах минерального происхождения содержание щебня значительно выше и варьирует от 25 до 64 %.

Анализ содержания и распределения щебня в почвах горной тундры позволил выделить особенности формирования почв: 1) во всех горизонтах почв преобладает щебень размером более 10 мм, что указывает на активные процессы выветривания; 2) в органогенных горизонтах щебня мало, а в минеральных напротив, много; 3) низкое содержание щебня или его отсутствие в органогенных горизонтах может указывать на аэральный привнос пылеватых частиц, создающих субстрат для развития тундровой растительности; 4) по распределению щебня по профилю можно предположить, что профиль почв в горно-тундровом поясе растет в двух направлениях: вверх за счет роста мощности органогенных горизонтов, и вниз за счет преобразования щебня в ходе выветривания и первичного почвообразования в мелкозем в минеральных горизонтах почв; 5) горизонты почв за счет различного содержания щебня являются механическими барьерами друг для друга, так как создаются неодинаковые гидротермические условия в пределах маломощного профиля.

Содержание ОВ в пересчете на гумус является высоким (приложение 21, таблица 2, 3). Так, в органогенных горизонтах содержание гумуса составляет 8,8-35,6 %, а в минеральных горизонтах содержание ниже (1,20-8,04 %), количество которого уменьшается с глубиной. Специфика накопления кислых органических веществ и биохимических процессов в почвах обуславливает проявление всех форм кислотности. Почвы являются очень сильно кислыми (pH_{H2O} 2,70-3,88 единиц, $pH_{KC}l$ 3,37-4,48 единиц). Гидролитическая кислотность высокая (Нг) и варьирует в пределах 8,9-205,0 мг-экв на 100 г почвы с максимумом в органогенных и гумусовых горизонтах. Сумма обменных оснований низкая и изменяется в широких пределах: в органогенных горизонтах от 3,5 до 21, а в минеральных от 3,5 до 41,5 мг-экв/100 г почвы. Насыщенность почв основаниями в органогенных горизонтах крайне низкая и составляет 2-10 %, в минеральных горизонтах показатель выше и варьирует в более широком диапазоне от 22 до 75 %. Наличие щебня в профиле почв обеспечивает постоянный запас в них первичных материалов, при выветривании которых освобождаются основания, поступающие в почвенный поглощающий комплекс.

Анализируя свойства почв горно-тундрового пояса выделяются следующие особенности: в почвах активно проявляются все формы кислотности, почвы являются сильно кислыми; содержание органического вещества является достаточно высоким; образование почв в горной тундре происходит при обильном промывании профиля осадками до плотной породы, что приводит к значительному выносу оснований, как в нижнюю часть профиля, так и за пределы профиля почв, что создает дефицит обменных оснований и отражается в специфичности физико-химических показателей; средние значения показателей свойств резко различимы для горизонтов разного происхождения; каждый горизонт в почвах является геохимическим барьером (сорбционным, физико-химическим, биологическим и др.). Основными процессами почвообразования являются: аккумуляция и разложение растительных остатков, торфообразование, гумусообразование, кислотный гидролиз минеральных компонентов, выщелачивание, элювиирование.

Для горизонтов различного происхождения (органогенные, минеральные) определены связи и их теснота между свойствами почв. Установлена средняя и сильная теснота связи между содержанием щебня в органогенных горизонтах и мощностью всего профиля. Таким образом, наличие щебнистого материала в этих горизонтах создает условия для развития профиля вглубь. В отношении минеральных горизонтов такая связь выражается иначе: для роста профиля почвы необходимо наличие тонко щебнистого материала размером менее 5 мм.

В органогенных горизонтах многие свойства зависят от содержания щебня, а в минеральных горизонтах почв с содержанием щебня связаны содержание гумуса (r=0,89) и сумма обменных оснований (r=0,74). В органогенных горизонтах pH_{H2O} имеет обратную среднюю связь с мощностью профиля, высотой местности. Таким образом, при меньшей мощности горизонтов органогенного происхождения, реакция среды в них ожидается более кислая, причем, чем выше над уровнем моря формируются эти горизонты, тем также следует ожидать более кислые условия. В минеральных горизонтах почв активная кислотность имеет сильную обратную тесноту связи

с гидролитической кислотностью (r=-0,93) и сильную прямую связь с мощностью профиля (r=0,75). Выделяются обратные связи с содержанием оснований, гумуса. Таким образом, при увеличении мощности минерального горизонта, активная кислотность в абсолютных цифрах увеличивается к 3,5-4 единицам, а гидролитическая кислотность при этом снижается.

Обменная кислотность в органогенных горизонтах имеет обратную тесную связь с мощностью профиля (r=-0,76), прямую с содержанием обменных оснований (r=0,57). В минеральных горизонтах pH_{KCl} имеет прямую связь с мощностью профиля (r=0,71), тесную обратную связь с Нг (r=-0,90) и среднюю с высотой над уровнем моря (r= -0,56). В органогенных горизонтах образование и накопление гумусовых веществ имеет тесную обратную связь с зольностью (r=-0,99), тесную прямую связь с содержанием гигроскопической влаги (r=0,90), обменных оснований (r=0,70), подвижного фосфора (r=0,68). В минеральных горизонтах накопление ГВ в большей степени зависит от внешних факторов: высоты местности (r= -0,73), мощности профиля (r= -0,58); а от внутренних свойств почв проявляется средняя связь между содержанием гумуса и степенью насыщенности основаниями. Наиболее сильные связи в почвах определены между суммой обменных оснований и общим содержанием щебня (r=0,8). С увеличением мощности профиля происходит увеличение обменной (r=0,7) и актуальной (r=0,7) кислотности. Это может указывать на возрастание роли почвенных процессов на фоне процессов выветривания.

Итак, генезис почв в суровых условиях на высоте более 800 м происходит в двух противоположных направлениях: с развитием профиля вглубь при преобладании процессов выветривания и высоком содержании щебнистого материала; с нарастанием профиля вверх за счет аэрального наноса частиц, где щебень почти отсутствует в профиле или с максимумом в почво-элювии. Наличие щебня влияет на формирование свойств органогенных и минеральных горизонтов.

На нагорной террасе южной экспозиции под мохово-кустарничковой растительностью на высоте 950-910 м н.у.м. почвенный покров образует топографический ряд (сверху вниз): петрозем сухоторфяный (950 м) – литозем

сухоторфяный (930 м) – дерново-подбур иллювиально-железистый (910 м). Нагорные террасы северной экспозиции характеризуются более сложными сочетаниями почв под мохово-лишайниковой растительностью. Компонентный состав ПП для нагорной террасы Северного Басега представлен следующим рядом сопряженных почв: *перегнойно-темногумусовая элювиированная* (940 м) → *литозем перегнойный* (937-939 м) → *литозем грубогумусовый* (896 м) → *подзол иллювиально-гумусово-желехистый* (854 м*)* → *дерново-подзол иллювиально-железистый* (836 м). На восточном склоне почвенный покров представлен подбурами и дерново-подбурами до высоты 840 м. Ниже, на высоте 832-823 м встречаются петроземы и подзолы (соответственно).

Компонентный состав сочетания почв для нагорной террасы Среднего Басега образует несколько иной ряд сопряженных почв: *торфяно-литозем перегнойно-торфяный* (936 м*)* → *литозем серогумусовый* (920 м). Таким образом, в тундровых ландшафтах формируются в основном литоземы с органогенными горизонтами различной природы (перегнойные, торфяные) и подбуры. В гольцовых ландшафтах на камнях и останцах под моховой «подушкой» формируются петроземы и литоземы, состоящие, в основном, из сухоторфяного горизонта различной мощности и степени разложенности.

В пределах исследуемых биоценозов встречаются простые и сложные профили. Простые профили (моногенетические) развиваются в суровых условиях горной тундры. Полигенез почв встречается в переходных экотонах тундра-криволесье (еловое мелколесье). Таким образом, почвы горной тундры можно считать уникальными объектами, формирующимися в специфических экологических условиях, которые хранят в своих свойствах различную информацию и находятся одновременно и в стадии первичного почвообразования, и в стадии разрушения (постоянного «омолаживания»).

В суровых условиях тундры на крутых участках склонов формируются генетические признаки грубогумусированности в профилях почв, а на выположенных или слабонаклоненных поверхностях – элювиированности. Тундровые биотопы характеризуются в основном фрагментарным ПП (мозаика

из каменистых россыпей и тундр) и представлены петрозёмами, подбурами, перегнойно-тёмногумусовыми, литозёмами (сухоторфяными, грубогумусовыми, серогумусовыми). Образование почв в горной тундре происходит при обильном промывании профиля осадками до плотной породы, что приводит к значительному выносу оснований. Каждый горизонт в почвах является геохимическим барьером (сорбционным, физико-химическим, биологическим и др.). Основными процессами почвообразования являются: аккумуляция и разложение растительных остатков, торфообразование, гумусообразование, кислотный гидролиз минеральных компонентов, выщелачивание, элювиирование. Высотный ряд почв тундрового пояса образуют типы: *перегнойно-темногумусовая элювиированная – дерново-подзол грубогумусированный – подбур грубогумусированный.*

7.3.2 Почвенное разнообразие подгольцового пояса

Почвы субальпийской зоны разных горных стран различны между собой в зависимости и от климатических условий и от характера растительности [Молчанов, 1991, 2008]. Более глубокое проникновение корневой системы субальпийской растительности по сравнению с альпийской, и лучшие условия гумификации и минерализации органических веществ обусловливают меньшее содержание органических веществ в субальпийских почвах и более равномерное распределение гумуса в их профиле.

Горно-луговые почвы занимают 0,6 % площади Пермского края [Еремченко, 2010]. В подгольцовом поясе выделяют подпояса: криволесье, субальпийские луга, парковое редколесье [Горчаковский, 1975].

Субальпийский (подгольцовый) пояс находится на высоте 580-870 м. Всего в подгольцовом поясе заложено 54 разреза на высоте 557-870 м н.у.м.; в подпоясе криволесья – 14, под субальпийскими лугами – 26, в парковом редколесье – 14 (см. прилож. 1). Почвы подгольцового пояса характеризуются водным режимом промывного типа, развиваются в условиях пониженного

поверхностного увлажнения, что обеспечивается их расположением на плосковыпуклых вершинах, пологих и крутых склонах.

Травянистая растительность доминирует в этом поясе. Парковое редколесье начинается на границе горно-лесного и субальпийского пояса – крупнотравные елово-пихтовые леса. Постепенно, с увеличением высоты, возрастает доля кустарничков (черники Vaccinium myrtillus, брусники Vaccinium vitis ideae), мелких папоротников (сем. Thelypteridaceae, Ophioglossaceae), щучки извилистой (Deschampsia flexuosa). Чем выше по склону, тем ниже становится высота деревьев. Береза извилистая (Betula tortuosa), ель (Picea obovata) и изредка пихта (Abies sibirica) растут небольшими куртинами, между которыми встречаются субальпийские поляны [Баландин, Ладыгин, 2002; Лоскутова, 2003]. В местах с достаточным слоем мелкозема развиваются крупнотравные ассоциации, на каменистых участках – зеленомошные ассоциации. На выровненных и выположенных участках парковое редколесье переходит в естественные луга, приуроченных к высоте верхней части криволесья и в болотные биоценозы к верхней границе леса.

Луговая растительность успешно развивается на склонах потому, что почва здесь сильно увлажнена и обогащена иловатыми частицами. Основные площади лугов сосредоточены на восточных и западных склонах хребта Басеги и в межгорных седловинах [Баландин, Ладыгин, 2002]. Встречаются мезофильные и криофильные луга [Горчаковский, 1975; Баландин, Ладыгин, 2002]. Мезофильные луга самые широко распространенные и располагаются на более или менее плоских поверхностях. Увлажнение среднее или выше среднего. Луга подразделяются на высокотравные (разнотравные с господством двудольного разнотравья) и злаковые. Высокотравные луга встречаются в нижней части подгольцового пояса. Криофильные луга занимают небольшие участки горной тундры в местах накопления снега, в верховьях снеговых ручьев. Согласно карты растительности хребта Басеги ботаники выделяют по преобладающим видам травянистой растительности следующие луга: двукисточниково-

разнотравный, щучково-разнотравный, полевицево-разнотравный, кислецовый, зверобойно-разнотравный луг [Баландин, Ладыгин, 2002].

Парковые леса с высотой постепенно переходят в криволесье, где деревянистая растительность находится в состоянии резкого угнетения и представлена в виде небольших участков. На верхней границе криволесья деревья представлены карликовыми формами, пихта (Abies grandis) и можжевельник (Arceuthobium oxycedri) стелются, достигая высоты не более метра. Субальпийское криволесье – это наиболее характерный и распространенный тип высокогорной растительности Западного Урала [Овеснов, 1952]. Выше по склонам роль травяного яруса в криволесье усиливается, луговые поляны расширяются.

На основании морфогенетической характеристики почв выделены следующие отделы: литоземы, органо-аккумулятивные, структурно-метаморфические, торфяные, глеевые. В пределах отделов проведена диагностика типов и подтипов по наличию в профиле одного или нескольких диагностических генетических признаков (приложение 5). Исследуемые почвы относятся к постлитогенному стволу и стволу органогенного происхождения (приложение 22) .

Различные условия образования создают неодинаковые условия почвообразования, что проявляется в пространственном варьировании морфологических признаков и свойств. Определено статистическое распределение мощности органогенных, гумусовых горизонтов и всего профиля почв. Средняя мощность органогенных горизонтов варьирует от 1,5 в парковом редколесье до 3,0 см в почвах лугов и 3,85 см в криволесье. Таким образом, более стабильным в пространстве подгольцового пояса является мощность органогенных горизонтов. Средняя мощность *AY* в почвах криволесья составляет 14,3 см, в подпоясе субальпийских лугов 22,1 см, в парковом редколесье 20,4 см. По степени изменчивости максимальное варьирование мощности гумусового горизонта в парковом редколесье и субальпийских лугах. Наибольшая мощность профиля почв формируется в парковом редколесье и субальпийских лугах. Мощность профиля почв – наиболее варьируемый показатель.

Рисунок 7.11 – Статистические диаграммы размаха распределения щебнистости (криволесе n= 10, субальпийский луг n=16, парковое редколесье n=12)

Содержание щебня в исследуемых почвах варьирует в широких пределах (от некаменистых до сильноскелетных) (рисунок 7.11). Минимальный размах признака характерен для почв под луговой растительностью, хотя по содержанию щебня более высокий, наибольшее варьирование отмечается в почвах в парковом редколесье. Распределение щебня по профилю исследуемых почв объединены в две группы, связанных с условиями выветривания, почвообразования, аэрального выпадения материала, а также от соотношения этих процессов: ненарушенные, нарушенные. На основании этого установлено, что в подгольцовом поясе можно обнаружить моно- и полигенетичные почвы, а также почвы аэрального происхождения.

Дифференциация профиля почв по ГС является результатом закономерного изменения в профиле активности химического и физического выветривания и соотношения между ними. ГС почв подгольцового пояса является более облегченный (среднесуглинистый, легкосуглинистый) для гумусовых горизонтов, а к породе становится тяжелосуглинистым и глинистым.

Определены взаимосвязи между содержанием фракций ГС и свойствами почв (таблица 7.19). В почвах криволесья содержание всех фракций в первую очередь зависит от высоты местности. В субальпийских лугах только содержание крупнопылеватой фракции зависит от изменения высоты местности. В парковом редколесье с изменением высоты в первую очередь связана пылеватая фракция, а затем, песчаная. Напрямую от содержания щебня в профиле зависит количество илистой фракции, но лишь в криволесье и лугах.

Степень развития мощности профиля очень сильно зависит от содержания илистой в почвах, причем теснота связи с понижением высоты

ослабляется. Кроме того, в почвах криволесья мощность профиля имеет тесную обратную связь с наличием песчаной фракции. В почвах паркового редколесья мощность профиля зависит от содержания всех фракций.

Таблица 7.19 – Корреляционная матрица между показателями

Фракции ГС	Щебнистость почв	Магнитная восприимчивость	Высота н.у.м.	Мощность профиля
Криволесье				
Песчаная	-0,20	0,01	**-0,95**	**-0,85**
Крупно-пылеватая	0,09	0,13	**0,99**	0,21
Пылеватая	-0,23	-0,15	**0,89**	0,19
Илистая	**0,50***	-0,29	**-0,47**	**1,00**
Субальпийский луг				
Песчаная	-0,20	-0,32	0,33	-0,22
Крупно-пылеватая	-0,22	0,32	**-0,73**	-0,29
Пылеватая	0,33	0,16	0,16	0,30
Илистая	**0,45**	-0,03	0,02	**0,73**
Парковое редколесье				
Песчаная	-0,22	0,09	**0,56**	**0,45**
Крупно-пылеватая	0,32	-0,33	-0,23	**-0,72**
Пылеватая	-0,18	0,07	**-0,92**	**-0,97**
Илистая	0,01	0,17	0,05	**0,66**

Примечание: ∗ - связь существенна.

Магнитная восприимчивость не зависит от содержания ЭПЧ. Магнитная восприимчивость (МВ) почв обусловлена генетически и является интегральным показателем ее магнитных свойств, унаследованных от почвообразующей породы, а также приобретенных свойств в процессе педогенеза [Соловьева, 2000]. В почвах подгольцового пояса показания объемной МВ оцениваются как не высокие 0,01-1,05*10^{-5} СИ по шкале [Лобанова, 2008]. В анализируемых почвах наблюдается увеличение МВ с глубиной, а более высокие значения – в срединных горизонтах и породе. Максимальное значения магнитной восприимчивости отмечаются в почвах криволесья. Минимальные значения среднего показателя присущи почвам субальпийских лугов. В почвах субальпийских лугов варьирование значений значительно меньше, чем в почвах криволесья и паркового редколесья. Оценивая МВ, можно сказать, что почвы не загрязнены тяжелыми металлами и могут быть фоновыми почвами.

Итак, по гранулометрии почв подгольцового пояса выделяются особенности: ГС является суглинистым; большое содержание крупнопылеватой

фракции, что связано с наличием физических процессов выветривания пород и минералов; распределение крупной пыли по профилю очень слабо дифференцировано; профиль наиболее дифференцирован по содержанию песчаной и илистой фракций; соотношение ЭПЧ зависит от высоты местности и произрастающей растительности на этой высоте.

Почвы, независимо от высоты местности внутри пояса, имеют очень кислую реакцию среды, которая повышается вниз по профилю к породе. Актуальная кислотность в срединных горизонтах в почвах паркового редколесья имеет слабокислую реакцию (5,0-6,7) по сравнению с гумусовым горизонтом и почво-элювием. В почвах субальпийских лугов и криволесья pH_{H2O} понижается до 3,9 в гумусовом и срединном горизонте. В почвах в парковом редколесье pH_{KCl} в гумусовом горизонте очень кислая, и составляет 3,6-4,4 единиц. В почвах криволесья pH_{KCl} тоже является очень кислой. Основные значения pH для срединного горизонта группируются в интервале 3,4-4,0. Гидролитическая кислотность в гумусовом горизонте является очень высокой (более 10 ммоль/100 г почвы), а вниз по профилю происходит снижение (рисунок 7.12). Повышенная кислотность в верхних горизонтах почв является их особенностью и обязана значительному накоплению ОВ, для нейтрализации которого недостаточно мобилизуется оснований.

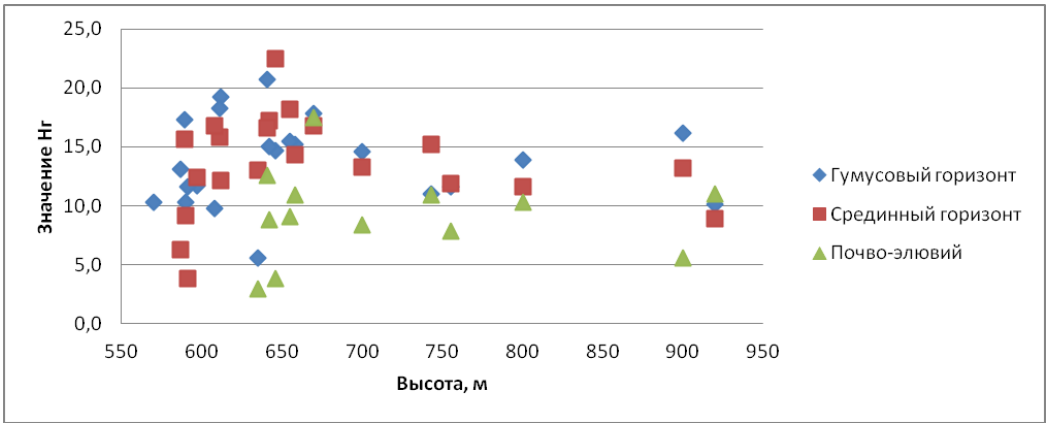


Рисунок 7.12 – Профильное распределение гидролитической кислотности

Определены различные взаимосвязи между формами кислотности и некоторыми показателями почв в высотных ландшафтах (таблица 7.20). В криволесье все формы кислотности в почвах в большей степени связаны с

содержанием крупно-пылеватой фракции. С содержанием илистой фракции и щебня отмечается умеренная обратная связь. Установлено, что мощность профиля почвы в криволесье зависит от степени проявления кислотности. В почвах под луговым разнотравьем отмечается минимальное количество связей между свойствами: pH_{H2O} – крупная пыль; pH_{KCl} – мощность органогенного горизонта; Нг – мощность профиля и высота н.у.м. В почвах в парковом редколесье на первый план выходит Нг, которая связана практически почти со всеми представленными показателями. Следующая особенность в том, что в пределах паркового редколесья все формы кислотности зависят от высоты местности.

Таблица 7.20 – Корреляционная матрица между формами кислотности и свойствами почв

	Крупная пыль	Илистая фракция	Щебнистость почв	Мощность органогенных горизонтов	Мощность профиля	Высота м н.у.м.
Криволесье						
pH_{H2O}	**0,32***	-0,17	0,00	0,15	**0,46**	**-0,42**
pH_{KCl}	**0,45**	**-0,36**	-0,30	0,30	**0,58**	**-0,41**
Нг	**0,59**	**-0,52**	**-0,57**	0,07	-0,08	-0,03
Субальпийский луг						
pHH2O	**0,31**	-0,13	-0,04	-0,19	-0,16	**-0,38**
pHKCl	0,02	-0,09	0,06	**0,48**	-0,15	-0,16
Нг	-0,12	0,25	-0,07	-0,10	**-0,32**	**0,30**
Парковое редколесье						
pHH2O	-0,29	**0,39**	-0,29	**0,68**	0,31	**-0,89**
pHKCl	-0,11	0,23	-0,09	**0,64**	-0,12	**-0,58**
Нг	**0,73**	-0,22	**0,61**	**-0,62**	**-0,59**	**0,49**

Примечание: ∗ - связь существенна.

Почвы не насыщенны обменным кальцием и магнием (в среднем, менее 50%). Степень насыщенности почв основаниями варьирует при широком разбросе значений (максимальное – 85,4 %; минимальное – 21 %). Внутрипрофильное изменение значений степени насыщенности довольно разнообразно и изменяется в зависимости от высоты и произрастающей растительности. Самая высокая насыщенность основаниями в почвах паркового редколесья. Менее всего основаниями насыщенны почвы субальпийских лугов.

Содержание гумуса в исследуемых почвах варьирует от 6,9 % в гумусовом горизонте и постепенно снижается вниз по профилю до 2,5 % в породе. Это вероятно, связанно с тем, что гумусовые вещества являются

водорастворимыми и подвижными в связи с незрелостью гумусовых веществ и хорошей промываемостью профиля, они пропитывают почвенную толщу, постепенно снижаясь вниз к породе. Максимальное варьирование показателя отмечается в горизонте, переходном к почвообразующей породе. Содержание гумуса варьирует в пределах пояса и имеет растянутый гумусовый профиль.

Определена зависимость между содержанием гумуса и мощностью профиля (рисунок 7.13). В почвах с мощностью профиля до 40 см содержание гумуса в AY варьирует от 3,3 до 4,0 %. В почвах с мощностью 55-75 см содержание гумуса изменяется в более широких пределах (2,6-6,9 %), что связано с различной высотой формирования почв и произрастающей растительности. В почвах с более мощным профилем (более 80 см), что характерно для бурозёмов, среднее содержание гумуса составляет 4,5-4,8 %.

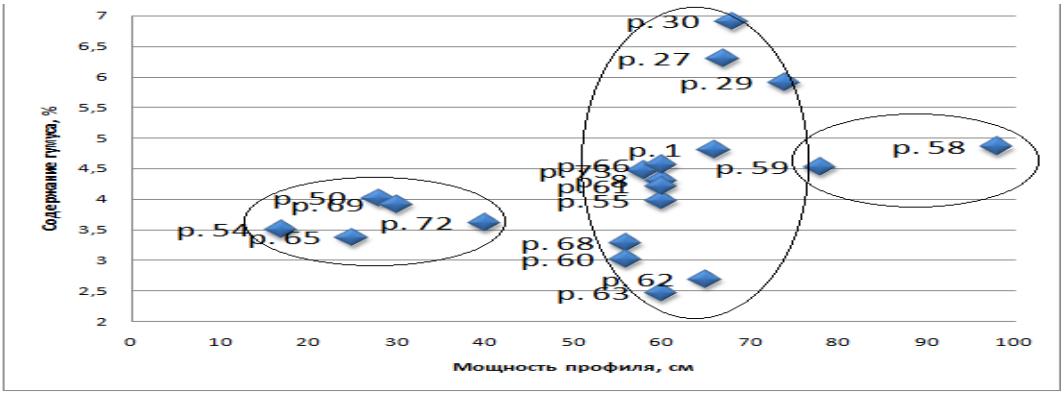


Рисунок 7.13 – Зависимость содержания гумуса от мощности профиля

Рассчитаны уравнения регрессии, показывающие связь между содержанием гумуса и мощностью профиля почвы (приложение 22, таблица 2). В криволесье содержание гумуса с глубиной падает более интенсивно, чем в почвах субальпийских лугов, что связано с укороченностью профилей в криволесье и меньшей мощностью гумусовых горизонтов.

Корреляционная зависимость между физико-химическими свойствами и высотой н.у.м. имеет обратную среднюю связь. Насыщенность почв основаниями имеет обратную связь с высотой местности в почвах криволесья (-0,49) и паркового редколесья (-0,61). Накопление гумусовых веществ напрямую зависит от высоты местности в почвах криволесья (0,53) и луговых полян (0,46).

Определены взаимосвязи между физико-химическими свойствами и содержанием фракций ГС, МВ и обменной кислотностью (таблица 7.21).

Таблица 7.21 – Корреляционная матрица свойств почв

	Песчаная фракция	Крупно-пылеватая фракция	Пылеватая фракция	Илистая фракция	МВ	pH_{KCl}
Криволесье						
S	**0,32**	-0,02	-0,02	**-0,40**	**0,32**	0,14
ЕКО	**0,33**	0,21	-0,29	**-0,48**	0,19	0,20
V	-0,20	**0,39**	-0,08	-0,21	0,29	0,08
Гумус	**-0,40**	**0,96**	**-0,63**	-0,24	**-0,32**	0,14
Субальпийский луг						
S	0,18	0,03	-0,18	-0,23	0,05	0,16
ЕКО	0,08	-0,05	-0,02	-0,02	0,16	-0,11
V	0,17	0,11	-0,19	**-0,30**	-0,02	0,24
Гумус	**0,46**	-0,04	**-0,36**	**-0,52**	0,24	0,02
Парковое редколесье						
S	0,00	**-0,32**	**0,38**	0,17	-0,15	**0,43**
ЕКО	**-0,48**	**0,41**	-0,06	-0,06	0,02	0,11
V	**0,36**	**-0,66**	0,19	0,26	-0,06	**0,43**
Гумус	-0,16	**0,42**	**0,36**	**-0,50**	-0,04	-0,03

Одним из ферментов, широко используемым в качестве диагностического показателя является каталаза, играющая ведущую роль при окислительно-восстановительных реакциях в почве, которые являются основным звеном в процессе синтеза гумусовых веществ в почве и важным показателем их биологической активности [Хазиев, 1976].

Почвы, расположенные в криволесье и субальпийских лугах обладают довольно низкими значениями каталазной активности (таблица 7.22). Так, каталазная активность в р. 54 – слабая и в р. 61 очень слабая.

Таблица 7.22 – Ферментативная активность почв

Разрез, высота, м н.у.м.	Горизонт	Мощность горизонта, см	Показатель ферментативной активности, мл/г
Литозём серогумусовый 54, 755	AY1	2-9	1,7
	AY2	9-17	1,0
	AYC	>17	1,0
Бурозём 61, 646	AY1	2-20	0,2
	AY2	20-39	0,1
	BM	39-60	0,1
	C	>60	0,0

Почвы подгольцового пояса имеют слабую и очень слабую каталазную активность, что указывает на низкую биологическую активность почв.

Групповой состав гумуса в почвах подгольцового пояса

Аналитические данные обнаруживают в почвах варьирование содержания *Собщ.* в почвах: в криволесье – 3,83-4,69 %; в субальпийских лугах – от 2,84 % до 4,47 % в парковом редколесье – 2,78-4,13 %. Содержание углерода в вытяжке изменяется в широких пределах (15-95 %). Среднее значение *Свыт* для почв подгольцового пояса – 44%, но в пределах подпоясов наблюдаются следующие колебания значений: в криволесье – 48- 57%; субальпийских лугах – 26-95%; в парковом редколесье – 25-96 % (рисунок 7.14).

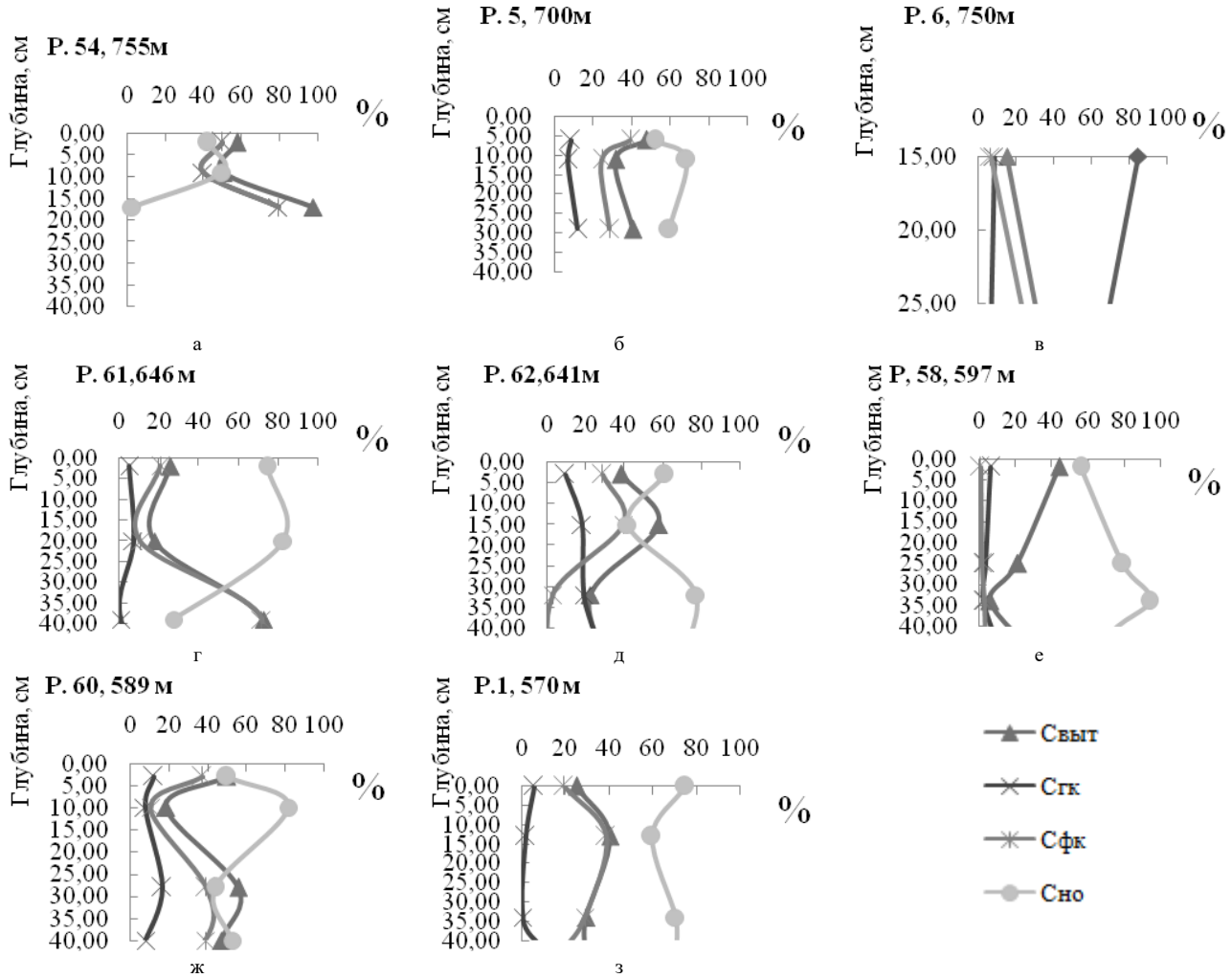


Рисунок 7.14 – Кривые профильного распределение гумусовых веществ

а, б – криволесье; в, г, д, е, ж – субальпийские луга; з – редколесье

В почвах отмечается низкое содержание гуминовых кислот, причем с наименьшим размахом варьирования, чем у фульвокислот. Относительное содержание углерода в вытяжке изменяется бимодально, постепенно снижаясь к срединной части профиля, а затем, резко повышается и вновь постепенно

снижается. В пределах профиля выделяются максимумы накопления ГК на глубинах 60-70 см (р. 61, высота 646 м н.у.м.), 52-65 см (р. 62, высота 641 м), 55-85 см (р. 58, высота 597 м), 28-40 и 56-65 см (р. 60, 589 м). Таким образом, распределение гуминовых кислот носит флуктуирующий характер, и позволяет зафиксировать наличие максимумов в пределах профиля (более 20 % от Собщ).

В почвах отмечается дифференциация содержания фульвокислот (ФК) по профилю: имеется как минимум два максимума. Широкий диапазон варьирования ФК (3,24-40,00 % от Собщ.) указывает на различные условия формирования почвенного профиля при изменяющихся условиях температуры и увлажнения. Накопление ФК в профиле диагностирует влажные прохладные условия, при которых формировался соответствующий генетический горизонт.

Содержание негидролизумого остатка (*Сно*), состоящего из не полностью гумифицированных растительных остатков, колеблется в широких пределах (4-84 % от Собщ; среднее для почв криволесья – 33,6 %, для почв субальпийского луга – 57% и паркового редколесья – 32%).

Тип гумуса в почвах фульватный, так как соотношение Сгк:Сфк составляет менее 0,5 (рисунок 7.15) в большинстве исследуемых почв.

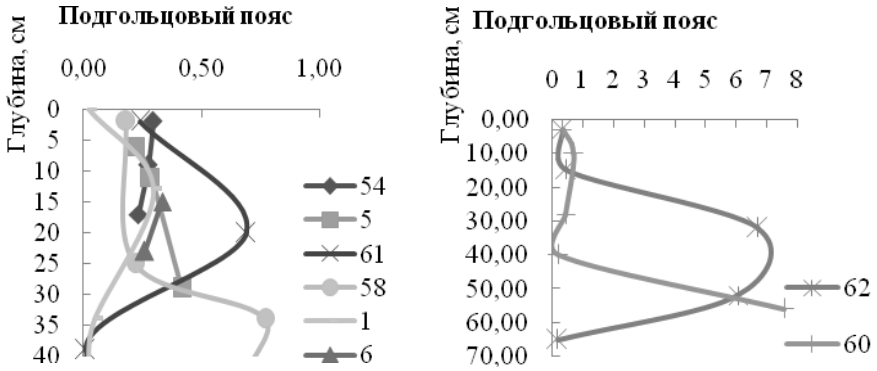


Рисунок 7.15 – Профильное распределение Сгк:Сфк в почвах

В почвах под луговой растительностью в срединной части профиля и ниже встречается более широкое соотношение, что свидетельствует о накоплении ГК. Резкое повышение показателя Сгк:Сфк указывает на смену условий формирования почв: накопление ГК характеризует почвообразование в теплых условиях, а фульвокислот – в холодных и влажных условях.

Итак, анализ гумусового профиля почв, показывает его сложное строение, что выражается в наличии нескольких максимумов в содержании ГК, отношениях Сгк:Сфк приуроченных к погребенным горизонтам.

Основные параметры гумусовых профилей фиксируют эволюционный ход формирования почв. Характер гумусовых профилей позволяет рассматривать почвы как полигенетичные, несмотря на то, что морфологически реликтовые признаки не выявляются. Под современной толщей серогумусовых горизонтов почв аналитически, по гумусовому профилю, обнаружены погребенные почвы, а в р. 60 выявлены два профиля погребенных почв. Таким образом, под субальпийскими лугами при мощности профиля 60-90 см не всегда и морфологически, и аналитически не выделяется горизонт *BM* в профиле и исследуемые почвы можно классифицировать как органо-аккумулятивные с погребенным гумусовым горизонтом.

Для почв характерна низкая степень гумификации: в криволесье, в среднем 8 %, под субальпийскими лугами – 10,2 % и парковом редколесье – 5,3 %, что говорит о невысокой биологической активности горных почв в целом, и большей частью в почвах паркового редколесья.

Характеристика группового состава гумуса показала, что горные почвы подгольцового пояса имеют особенности: значительное пространственное варьирование показателей качественного состава гумуса, обогащенность профиля гумусом, низкая степень гумификации, фульватный гумус, легкоподвижный.

В пределах подгольцового пояса определяется некоторая тенденция приуроченности отделов и типов почв к подпоясам. Серогумусовые и темногумусовые органо-аккумулятивные почвы формируются на луговых полянах под разнотравьем. Литоземы встречаются в криволесье и парковом редколесье на более крутых участках. Буроземы можно обнаружить на любой высоте подгольцового пояса. В связи с этим, в подпоясах можно обнаружить различные сочетания из перечисленных почв. В пределах горных болот диагностированы торфяные и глеевые почвы в сочетании с бурозёмами грубогумусовыми и глееватыми. Одновременно происходящие с разной

интенсивностью процессы почвообразования и выветривания, денудации обуславливают пестроту почв в пределах подгольцового высотного пояса, что приводит к пространственной неоднородности и формированию почв различного генезиса.

Особенности почвенного покрова подгольцового пояса проявляются в следующем:

- литоземы серо- и темно-гумусовые почвы формируются в подпоясе криволесья в комплексе с буроземами темно-гумусовыми и ожелезненными, фрагментарно встречаются темногумусовые и перегнойно-темногумусовые;
- органо-аккумулятивные серо-гумусовые почвы обнаруживаются под луговой растительностью в комплексе с буроземами;
- бурозёмы встречаются большей частью в парковом редколесье, а также фрагментарно в пределах всего пояса: буроземы глееватые → бурозёмы типичные → буроземы темногумусовые;
- подпояса не имеют четко выраженных границ и строгой высотной приуроченности, а взаимно проникают друг в друга, что, по-видимому, и выражается в формировании пестрого и сложного почвенного покрова подгольцового пояса под различными растительными ассоциациями.

Таким образом, в пределах подгольцового высотно-растительного пояса выявлена пространственная неоднородность почвенного покрова и разнообразие почв. Составлен систематический список почв подгольцового пояса (приложение 22, таблица 1). Высота 500-700 м н.у.м. соответствует переходной зоне между горно-лесным и подгольцовым поясами. В пределах переходной полосы границы экотонов наиболее мобильны, что проявляется в быстрой экспансии тех или иных контактирующих биотопов при смене соотношения тепла, атмосферной влаги, рельефа, местного стока. Здесь формируются практически все диагностируемые в заповеднике типы почв. Почвенный покров подгольцового пояса представлен почвами отделов альфегумусовые, структурно-метаморфические, органо-аккумулятивные, торфяные, глеевые, литозёмы. Вблизи курумников развиваются маломощные

почвы – литозёмы серогумусовые, глинисто-иллювиированные (луговые поляны, криволесье, 700-800 м), а в переходном лугово-болотном ландшафте – литозёмы глееватые (500-600 м). В разных биотопах формируются различные органогенные, органо-минеральные и минеральные горизонты.

Высотный ряд почв подгольцового пояса представлен типами: *подзол грубогумусированный* (745 м) – *бурозем темногумусовый* (623 м) – *серогумусовая глинисто-иллювиированная* (608 м) – *бурозем элювиированный* (580 м) – *бурозем глинисто-иллювиированный* (565 м) – *торфяная олиготрофная глеевая иловато-торфяная, глеезём грубогумусированный, перегнойно-глеевая грубогумусированная ожелезненная* (517-518 м).

7.3.3 Почвенный покров горно-лесного пояса

Пространственное распределение почв даже в пределах низкогорной тайги подчиняется закономерностям, связанным с горным характером территории, экспозицией, крутизной склонов, высотой местности, составом биоценозов [Краснощеков, 1996, 2008; Осипов, Шляхов, 2012; Fu et al., 2013; Dymov et al., 2015; Спирина, Раудина, 2015; Samofalova, 2015a,b; Samofalova et al., 2016]. В процессе почвообразования формируется профиль почвы с морфологическими признаками, в которых отражаются условия почвообразования. [Краснощеков, 1996, 2008; Самофалова, Лузянина, 2013а-в; Samofalova, 2015a; Самофалова, Кондратьева, 2016; Самофалова, Шутов, 2017; Лопатовская, 2006, 2019].

Своеобразие физико-географического положения хребта Басеги в пределах Среднего Урала, разнообразие экологических условий формирования ПП в низкогорных ландшафтах обуславливает наличие большого спектра почв, представленных в основном почвами буроземного ряда [Самофалова, Лузянина, 2014в; Шоба и др., 2014; Samofalova, 2015a; Samofalova et al., 2016].

Почвенный покров горно-лесного пояса изучали на ключевом участке в долине р. Малый Басег (15 разрезов), и дополнительно на 3 ключевых площадках (КП): КП 1 находится в пределах Коростелевского лесничества (р. 80, 319 м н.у.м., условно принят за фон) (рис. 7.16, приложение. 23, таблица 1);

КП 2 – в южной части хребта (р. 82, 83, 85 в окрестностях 4 кордона с перепадом высот от 382 до 420 м); КП 3 – в юго-западной части хребта в окрестностях 62 кордона (р. 74, 75, 76 на высоте от 418 до 425 м).

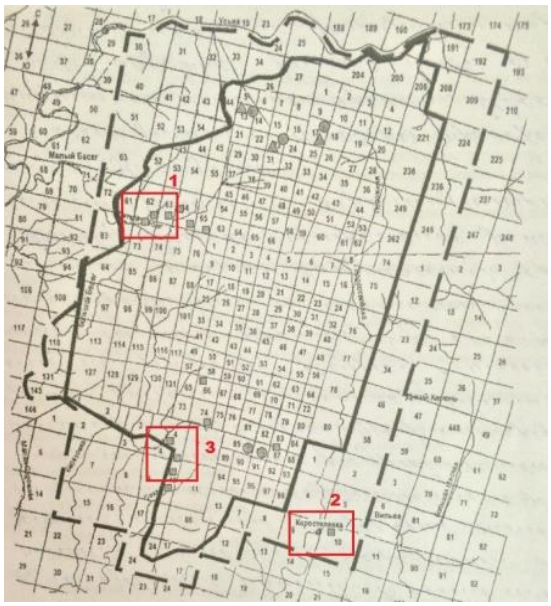


Рисунок 7.16 – Схема расположения ключевых площадок

В горно-лесном поясе под разными биоценозами создаются различные условия для формирования почв. Так, на высоте 315-430 м под еловыми лесами с мохово-травянистым покровом формируются буроземы грубогумусовые глееватые, элювиированные; на высоте 500-560 м под пихтово-еловыми лесами с примесью березы, рябины с папоротниково-чернично-моховым покровом встречаются бурозёмы грубогумусовые ожелезненные, в депрессиях – глеевые и болотные верховые торфяно-глеевые почвы; в верхней части горно-лесного пояса под елово-пихтовыми лесами встречаются литоземы и петроземы (примитивно-аккумулятивные почвы). Почвы различаются по строению, что отражается в наличии диагностических горизонтов *(BM, G, T, W*) и степени выраженности генетических признаков. Цвет гумусового горизонта меняется по топоряду от черного и темно-серого через оттенки серого до темно-коричневого и серовато-черного. Морфологические признаки оподзоливания в почвах не выражены, а обнаружены признаки разной степени оглеения: холодные (глеевые) тона окраски горизонтов (сизоватые, серые оттенки), пятна и слои оржавления, новообразования железа, бурые Fe-Mn конкреции, сизовато-серый цвет кутан. Данный факт говорит о том, что в почвах создаются условия для проявления оглеения, который развивается при избытке влаги в профиле почвы. Возможно и поверхностное переувлажнение за счет аккумуляции влаги на поверхности почв мощной мертвопокровной подстилкой или слабооторфованной массой органики,

играющей роль губки и удерживающей на поверхности почвы значительную массу воды, создавая условия застойно-промывного водного режима. Причем, в большей степени глееобразование развивается в почвах на более выположенных участках склона. На кислых породах при обеспеченном дренаже на повышениях под пологом хвойных лесов и кислой подстилкой на фоне промывного режима (при наличии всех условий, необходимых для подзолообразования) подзолистые почвы отсутствуют. Благодаря глееобразованию происходит слабая отмывка от несиликатного железа зерен минерального субстрата горизонтов почвенного профиля. Профиль бурозёмов слабо диффиренцирован на горизонты, которые различаются по плотности и структуре.

Мощности генетических горизонтов в почвах низкогорных ландшафтах варьируют достаточно значительно: лесная подстилка 2-10 см, гумусовый горизонт 7-36 см, структурно-метаморфический – 9-43 см. Меньшая мощность профиля (30 см и менее) характерна для петрозёмов и литоземов. В глееземах мощность профиля составляет 45-50 см, а в буроземах профиль почвы более развит и варьирует, среднем, от 48 до 80 см.

Почвенный покров горно-лесного пояса на Северном Басеге является достаточно разнообразным (приложение 23, таблица 2) и во многом зависит от экспозиции склона. На склонах разной экспозиции создается неодинаковое распределение тепла и влаги и как следствие, различная степень проявления эрозионных процессов. Элювий на северных склонах формируется при менее интенсивной эрозии. Эти различия сказываются на строении почвенного профиля. Так, на холодных склонах формируются бурозёмы мощностью от 55-65 см до 100-110 см. На склонах южной и западной экспозиции формируются более щебнистые и укороченные профили (< 65 см).

Особенностью почв горно-лесного пояса является накопление щебня в гумусовых горизонтах (в среднем 19 %), что связано с педотурбациями, делювиальным выносом мелкоземистой массы, с привнесением грубого материала с более высоких частей склона. Наиболее щебнистым (в среднем, 33 %) является структурно-метаморфический горизонт (*BM*). В горизонтах *BM-C*

отмечается скачок в содержании скелета (33-12 %), что может диагностировать слоистость почвообразующих пород, привнос крупных масс скелета на поверхность горизонта, бывшую некогда дневной поверхностью почвы и последующим перемешиванием привнесенного мелкозема с местным каменистым материалом. Максимальная степень варьирования содержания скелета характерна для обломков размером >3 мм во всех горизонтах. Итак, постепенное увеличение скелета в почвах с приближением к поверхности свидетельствует о нарушении почвенного профиля.

Почвы по гранулометрическому составу (ГС) относятся к тяжелосуглинистым и глинистым разновидностям. Содержание физической глины варьирует в пределах 43-73 %. В почвах на высоте 340-360 м отмечается хорошо выраженное перераспределение илистой фракции, что является результатом проявления процессов глееобразования и оподзоливания. В почвах на высоте 360-400 м передвижение илистых частиц по профилю отсутствует, либо слабо выражено. Отмечается незначительное накопление илистой фракции в гумусово-аккумулятивном горизонте почв. Равномерное распределение ила в исследуемых почвах свидетельствует об отсутствии оподзоливания. Е.Н. Ногина отмечает, что отсутствие оподзоливания в горных почвах Среднего Урала объясняется тем, что они развиты на породах, содержащих в достаточном количестве свежие первичные материалы, которые отщепляют при гидролизе основания, нейтрализующие кислые продукты разложения растительных остатков.

Горные почвы испытывают непрерывный привнос веществ, который обусловлен выветриванием, и чем интенсивнее оно, тем более измельчен выветривающийся материал. Коэффициенты элювиально-иллювиальной дифференциации профиля по содержанию ила в почвах варьируют от 0,9 до 1,6, постепенно снижаясь по профилю, и только в маломощных почвах (р. 39-45) в гумусово-аккумулятивном горизонте коэффициент составил 1,5-2,0.

Процессы почвообразования и выветривания в почвах происходят с различной интенсивностью, что отражается в ГС. Статистический анализ показал, что содержание песчаной фракции закономерно увеличивается с

глубиной профиля от 14,4 % в серогумусовом горизонте до 21,1 % к породе. По содержанию крупнопылеватой фракции отличается структурно-метаморфический горизонт, где содержание крупной пыли на порядок ниже, чем в выше и ниже лежащих горизонтах. Содержание илистой фракции в профиле почв максимально в структурно-метаморфическом и серогумусовом горизонтах, а в породе на порядок ниже. Такое распределение пылеватой и илистой фракций указывает на процессы буроземообразования в почвах низкогорной тайги на Среднем Урале. Коэффициент вариации подтверждает максимальное варьирование песчаной фракции по горизонтам (> 90 %) и является очень высоким, а для крупнопылеватой и илистой фракций изменяется от низкого до среднего, и для пылеватой фракции – от среднего до высокого. Максимальная дисперсия отмечается по содержанию песчаной фракции (361,3), особенно в горизонте *C*, а меньшая в гумусовом горизонте (192,5). Горизонт *BM* отличается высокой дисперсией по содержанию илистой фракции, а почвообразующая порода по пылеватой фракции. Это ещё раз подтверждает, что в структурно-метаморфическом горизонте *BM* происходят процессы образования вторичных минералов. В почвообразующей породе, наоборот, преобладают процессы выветривания первичных минералов, что и сказывается на увеличении содержания песчаных и пылеватых частиц.

На основании распределения фракций ГС почв выделены следующие особенности: для всех горизонтов характерно сильное варьирование песчаной фракции; содержание крупнопылеватой фракции является более стабильным, и особенно в породе, за счет постоянно идущих процессов выветривания; в породе небольшое содержание ила с наименьшей изменчивостью. Содержание физической глины имеет прямую корреляционную зависимость с содержанием щебня в породе, что указывает на наличие процессов выветривания. Обратная корреляционная зависимость характерна между содержанием щебня и песчаной, крупнопылеватой фракциями в горизонте *C*. В горизонте *BM* эта зависимость прямая и возрастает до 0,8.

Содержание гумуса в почвах на ключевых площадках варьирует от 1,8 до 5,0 % в верхних гумусовых горизонтах (прилож. 23, табл. 3). Распределение гумуса в почвах горно-лесного пояса имеет свои особенности. На всех ключевых площадках в буроземах (р. 80, 83, 85, 74) отмечается регрессивно-аккумулятивный тип распределения гумуса, и только на КП 3 в буроземе глееватом ожелезненном (р. 75) – аккумулятивно-элювиально-иллювиальный. В глееземе (КП 2) и литоземе элювиированном (КП 3) распределение гумуса по профилю имеет аккумулятивно-элювиально-иллювиальный тип. Постепенное снижение содержания гумуса по всему профилю обусловлено процессами поверхностного выветривания, в связи с чем, количество органического вещества увеличивается в выветриваемых слоях и проникает за счет хорошей дренируемости в нижние горизонты.

Почвы низкогорных ландшафтов имеют очень сильнокислую реакцию среды (pH_{KCl}) в пределах профиля. Однако, ближе к породе, реакция среды несколько повышается (до 3,83 единиц). Особенно в этом смысле отличается глеезем (р. 82), где pH_{KCl} с 3,32 единиц в гумусовом горизонте повышается до 5,34 единиц в породе. Почвы на КП 3 являются более кислыми, чем на других площадках. Потенциальная кислотность в почвах является высокой, насыщенность почв обменными основаниями – низкой. Таким образом, почвы низкогорных ландшафтов в основном, выщелочены от обменных катионов. Большая насыщенность основаниями отмечается в структурно-метаморфических горизонтах и в горизонтах с ожелезнением.

Кислотность в буроземах и литоземах чаще всего обусловлена содержанием обменного водорода (прилож. 23, табл. 4). Глеезем резко отличается по содержанию катионов водорода и алюминия, где обменного водорода меньше, чем алюминия. Причем, содержание алюминия по профилю глеезема практически не изменяется.

В долине р. Малый Басег содержание гумуса в почвах изменяется в пределах от 1,65 до 21,65 % в гумусовом горизонте. Содержание гумуса в почвах достаточно высокое (прилож. 18, табл. 1, прилож. 23) за счет хорошо

развитой травянистой растительности в горных среднетаежных лесах. В почвах отмечается очень высокий коэффициент вариации показателей по содержанию гумуса. Почвы имеют кислую реакцию среды. Плавное падение кислотности с глубиной объясняется свежестью пород, содержащих, еще достаточно первичных материалов для нейтрализации растворов, поступающих сверху, и кислотности, образующейся под воздействием корневых волосков. Для показателей гидролитической кислотности и степени насыщенности почв основаниями отмечается максимальный коэффициент варьирования. Насыщенность основаниями невысокая: обменных оснований в верхних горизонтах ниже, чем в породе. В бурых лесных почвах очень высокая гидролитическая кислотность, обусловленная обменным алюминием, содержание которого варьирует от 1,09 до 23,65 мг/100 г почвы. Емкость катионного обмена варьирует от 19,1 до 48,5 мг-экв/100 г почвы в поверхностных горизонтах с постепенным понижением вниз по профилю. При pH ниже 5,0 алюминий легко мобилизуется, становясь более мобильным, и конкурирует с водородом и другими катионами за место в почвенно-поглощающем комплексе. Обменный алюминий в таких кислых условиях вытесняет Ca^{2+} из ППК и сильнее в нем удерживается. Отмечается четкая обратная зависимость их содержания по профилю почв (коэффициент корреляции составил 0,6).

Исследования К.К. Гедройца в свое время показали, что коллоидные глинистые минералы, связанные с алюминием образуют соли силикатов, которые имеют большую прочность к разрушающему воздействию на них воды. Этим объясняется отсутствие признаков оподзоленности в профиле почв при достаточно высокой кислотности. Процесс буроземообразования находится на кислой стадии. При слабой мобилизации алюминия усиливается роль обменного водорода, что интенсифицирует разрушение первичных и глинистых минералов, вынос продуктов разрушения и приводит к смене буроземообразования подзолообразованием.

Особенности почв в горно-лесном поясе на Среднем Урале выражены через профиле- и горизонтообразующие процессы: подстилкообразование, гумусообразовние, оглеение, буроземообразование, выщелачивание, лессиваж, элювиирование, иллювиирование, ожелезнение. Многообразие вариантов проявления основных почвообразовательных процессов в низкогорных условиях зависит от изменения ландшафтных факторов, что приводит к формированию почв, отличающихся на уровне подтипа, а в некоторых случаях и типа.

Ненарушенность заповедных горных территорий позволяет увидеть развитие почв во времени и пространстве и наблюдать на небольшой территории целую гамму переходов условий и стадий почвообразования даже в пределах одного типа почв. Например, диагностируемые бурозёмы по гипсометрическим уровням по склону (сверху вниз) образуют следующий эволюционный ряд: *бурозёмы грубогумусные – бурозёмы типичные ожелезненные – бурозёмы грубогумусные элювиированные – бурозёмы глееватые элювиированные – бурозёмы грубогумусовые глееватые*. Пространственная эволюция бурых лесных почв в горно-лесном поясе на Среднем Урале проявляется под влиянием избыточного увлажнения.

Диагностируемые почвы в горно-лесном поясе по гипсометрическим уровням по склону (сверху вниз) образуют различные топографические ряды: 1) *бурозем грубогумусовый элювиированный – бурозем типичный – глеезем ожелезненный* (в микропонижениях) (КП 2); 2) *литозем потечно-гумусовый* (под вторичным лесом) – *бурозем глееватый ожелезненный* (также под вторичным лесом) – *бурозем элювиированный* под коренной елово-пихтовой тайгой (КП 3).

В почвенном покрове горной тайги преобладают бурозёмы в сочетании с глееземами, перегнойно-глеевыми, торфяными, литозёмами и петроземами. В высотном поясе зональными почвами являются бурозёмы, азональными – глеевые и торфяные, интразональными – литоземы и петроземы.

Основными факторами классификационной дифференциации почвенного покрова в горно-лесном поясе низкогорных ландшафтов на Среднем Урале являются положение почвы в рельефе, пестрота напочвенного растительного

покрова, избыточное увлажнение. В горно-лесном поясе создаются условия для преимущественного формирования типов: буроземов, литоземов, глееземов, петрозёмов. Высотный ряд почв горной тайги представлен типами почв: *глеезем грубогумусированный ожелезненный – бурозем грубогумусированный ожелезненный – аллювиальная гумусовая глеевая ожелезненная оруденелая.*

7.4 Организация почвенного покрова на уровне мезоструктур

7.4.1 Структурно-организационная иерархия условий почвообразования хребта Басеги

Почвенный покров горных территорий имеет сложное строение, что определяется характером взаимосвязи отдельных почв, их пространственным расположением, степенью различия. Только совместное исследование горизонтальной и вертикальной структуры ПП позволяют характеризовать почву как самостоятельное тело природы [Годельман, 1981]. Для изучения целостности изучаемого объекта необходимо рассмотрение не только самого объекта изучения, но и его окружающей среды [Соколов, 1992]. В почвенно-индикационных исследованиях с ландшафтных позиций используют комбинации растительности и рельефа, выявляя взаимосвязи между ними и почвами. В природных геосистемах факторы почвообразования выступают как средообразующие, формирующие определенные ниши для типов почв [Трифонова, 1999].

Различное сочетание факторов почвообразования в высотных ландшафтах обуславливает проявление и сочетание разных элементарных почвообразовательных процессов, проявляющихся в диагностических горизонтах и генетических признаках почв. По строению почвенных профилей и наличию диагностических горизонтов определены основные ЭПП: гумусообразование, альфегумусовый, оглеение, оподзоливание, иллювиирование, элювиирование, ожелезнение, торфообразование.

В почвах выявлены две группы генетических признаков: переходные, процессные. Переходные признаки указывают на процессы, проявляющиеся на

сформированном профиле почв: *ao, h, i, el, f, g, m,* в большей степени встречающиеся в почвах в подгольцовом и горно-лесном поясов. Процессные признаки *fn, ox* проявляются в почвах горно-лесного пояса.

Все диагностические горизонты объединены по их генезису в несколько групп: органогенные (*AO, O, T*); органо-минеральные (*AУ, AH, H, BH*); минеральные, которые в свою очередь разделена на подгруппы: глеевые (*G, G*C), подзолистые (*E*), структурно-метаморфические (*BM*), альфегумусовые (*BHF*), почво-элювий (*C, BC*). Проведена статистическая обработка данных по мощности горизонтов. Установлено, что мощности минеральных горизонтов подчиняются нормальному закону, а для органогенных, органо-минеральных – распределение не подчиняется нормальному распределению.

В органогенных поверхностных горизонтах в среднем мощность составляет 5±0,6 см. Средняя мощность грубогумусового горизонта в почвах составляет 8±1,5 см. Органо-минеральные (гумусовые и гумусово-иллювиальные) горизонты имеют среднюю мощность 12±1,3 см. В почвах, формирующихся на разных высотах, образуются специфичные диагностические горизонты: подзолистые, глеевые, торфяные. Торфяные горизонты формируются небольшой мощности-7±1,3 см. Подзолистые и глеевые горизонты имеют большую мощность, чем органо-минеральные и органогенные горизонты (11±2,0 и 17± 1,8 см соответственно). Максимальная степень варьирования мощности горизонтов характерна для глеевых, органо-минеральных, грубогумусных горизонтов.

Определена индикационная связь между мощностью профиля и условиями формирования почв (горный ландшафт). Установлено, что в тундровых ландшафтах вероятнее всего формирование профиля мощностью 20-30 см. В ландшафтах, где преобладает травянистая растительность (луговые поляны и парковый редколесный лес) вероятнее всего развитие почв более 30 см. В криволесье, где наблюдается основная масса курумников, условия развития почв отличаются: формируются маломощные почвы (< 20 см), что указывает на первичное почвообразование на высоте более 700 м. В болотных

ландшафтах почвы формируются не большой мощности (35-55 см). Большей развитостью профиля характеризуются почвы под лесами – более 50 см. Таким образом, в определенных условиях горного ландшафта формируются вероятные специфичные состояния почв, обуславливающие степень развития мощности профиля. Максимальное варьирование признака отмечается в болотных, горно-лесных и тундровых ландшафтах. С помощью информационно-логического анализа установлена достоверно высокая связь между мощностью профиля и высотным ландшафтом (Т=0,776; К=0,362).

В процессе изучения почвенного покрова выявлена особенность: одни и те же генетические типы почв встречаются в различных экотонах. Для них определена частота встречаемости диагностических горизонтов. Выявлены индикационные связи между диагностическими горизонтами и условиями почвообразования (n=61). Установлена наибольшая вероятность формирования соответствующих диагностических горизонтов в тайге и горном болоте (таблица 7.23). Максимальная неопределенность (степень варьирования) характерна для формирования горизонтов в горной тундре и лугах. Наиболее информативными являются экотоны болот, далее следуют по информативности горная тайга и криволесье.

Таблица 7.23 – Результаты информационно-логического анализа

Экотон	Преобладающие горизонты	P(aj)	H (a/b)	J(a/b)	J(a/b)Pb
Тундра	BHF>H>E>AY>AO,T>G	0,197	2,625	0,126	0,025
Криволесье	E>H>AO>AY	0,098	1,928	0,832	0,082
Луг	AO>BM>G>AY	0,131	2,000	0,750	0,098
Болото	T>G	0,213	0,996	1,755	0,374
Горная тайга	BM>AY>G>AO	0,361	1,814	0,936	0,338

Т=0,9158; К=0,4209

В тундровых ландшафтах наиболее вероятны условия для альфегумусового процесса, в результате которого и образуются горизонты *BHF* и формирование соответствующих типов почв отдела *альфегумусовые*. Кроме того, в этом ландшафте отмечается максимальное варьирование диагностических горизонтов внутри экотона. Во вторую очередь создается вероятность для образования перегнойного горизонта *H*. Это связано с короткими вегетационным периодом и

условиями минерализации и трансформации растительных остатков. Меньшую вероятность формирования имеют горизонты *E, AY, AO, T* и *G*.

В криволесье создаются наиболее вероятные условия для развития подзолистого горизонта (*E*), перегнойного (*H*), а также грубогумусного горизонтов (*AO*), которые способствуют формированию почв с подзолистыми и различными модификациями гумусированных горизонтов. В подгольцовых ландшафтах (луговая поляна, парковый лес) более вероятно развитие горизонтов *AO>BM>AY>G*. В луговом ландшафте создаются иные условия, обуславливающие формирование грубогумусового и структурно-метаморфического горизонтов. Несколько меньшая вероятность формирования отмечается для глеевых и серогумусовых горизонтов, характерных для развития органо-аккумулятивных почв, литозёмов, глеевых почв.

Болотный ландшафт отличается тем, что в нем наиболее вероятнее условия для развития только торфяных (*T*) и глеевых (*G*) горизонтов. Здесь степень варьирования признака является минимальной. Таким образом, более однотипный почвенный покров отмечается для болотного массива.

В горно-таежных ландшафтах наиболее вероятным является формирование серогумусного (*AY*) и структурно-метаморфического горизонта (*BM*), характерных для буроземов. Также возможны условия для формирования глеевых и грубогумусных горизонтов. Глинистые натеки являются унаследованными признаками прошлых стадий педогенеза.

Связь является существенной и достоверной, так как показатели информативности *T* и *K* являются достаточно высокими. Таким образом, установлена максимальная вероятность формирования диагностических горизонтов в определенных ландшафтах. Установлено преобладание ЭПП в экотонах: в тундре – альфегумусовый; в луговом ландшафте – гумусообразование; в криволесье – оподзоливание (кислотный гидролиз); в болотном массиве – торфообразование, оглеение; в горной тайге – буроземообразование, гумусообразование, лессиваж.

Морфологические признаки как результат почвообразования несут основную диагностическую нагрузку, а почвенный профиль в целом содержит полную

информацию о генезисе и свойствах почвы, о сформировавших ее и протекающих в настоящее время процессах. Обобщая данные по морфологическим и преобладающим ЭПП, определено классификационное положение исследуемых почв. В пределах хребта формируются почвы стволов: постлитогенные, синлитогенные, органогенные и первичного почвообразования.

Наибольшую группу почв, встречающуюся во всех экотонах горных ландшафтов, образуют постлитогенные почвы, которые представляют пять отделов. На границе взаимодействия высотных ландшафтов и водосборных воронок (элементов бассейновых структур рек) формируются специфичные (азональные) почвы органогенного происхождения – отдел торфяные почвы. Эти почвы приурочены в основном к высоте 490-520 м н.у.м. Наличие азональных почв (глеевые, торфяные), несоответствующих высотным поясам, указывает на проявление «деформации» высотно-растительных геосистем, где нарушаются стабильные функциональные взаимосвязи между компонентами ландшафта. В нижней части склона, в пойме р. Малый Басег образуются синлитогенные почвы: отдел аллювиальные. Кроме этого, в местах выхода пород в горно-лесном поясе, в пределах каменных рек и морей (курумников) в подгольцовом поясе, а также останцев и гольцов в тундровом поясе встречаются почвы первичного почвообразования: отдел слаборазвитые (петроземы). Почвы состоят из слабовыраженного органогенного или гумусового горизонта малой мощности (менее 15 см) на больших обломках кристаллических пород.

Итак, на уровне мезоструктур наибольшую группу почв, встречающуюся во всех экотонах высотных поясов и на разных элементах структурной организации бассейнов рек, образуют почвы постлитогенного и первичного почвообразования: литозёмы, петрозёмы. Полученные результаты подтверждают общие особенности ПП горных систем мира [Розанов, 1977]: преобладание на склонах почв первой стадии горного почвообразования – литозёмов, петрозёмов. Литоземы и, сопутствующие им петрозёмы отнесены к интрозональным в системе почвенного покрова горных территорий.

С изменением ландшафтно-геоморфологических условий происходит изменение ПП с высотой. Установлена достоверно высокая связь между мощностью профиля и высотным ландшафтом. Определена закономерная смена диагностических горизонтов и почвообразующих процессов в пространстве в пределах ландшафтно-геоморфологического профиля на западном склоне хребта Басеги. Организованные ассоциации почв и растительности закономерно взаимосвязаны в пространстве. Высотное сочетание почв образует зональный ряд (снизу вверх): бурозёмы → серогумусоые → альфегумусовые.

В гумидных горных регионах внутриконтинетальных областей сжаты градиенты ландшафтообразующих факторов и поэтому соседствуют несколько (более двух) резко контрастных сред. Во всех ландшафтах на склоновых поверхностях одновременно проявляются зональные и азональные черты с различной степенью выраженности, но зональность может быть затушевана гипертрофированным влиянием формирования русловой системы рек, развивающейся вверх по склону. В горных условиях взаимообусловленность вертикальных и горизонтальных геосистем создает условия для формирования почв незонального ряда: на границе взаимодействия высотных поясов и водосборных воронок (элементов бассейновых структур рек) формируются специфичные (азональные) почвы органогенного (торфяные, приуроченне к высоте 498-578 м н.у.м.) и постлитогенного (глеевые) происхождения. В пойме рек, образуются почвы синлитогенного происхождения: отдел аллювиальные. Почвы (глеевые, торфяные, аллювиальные), несоответствующие высотной зональности, отнесены к азональным, наличие которых указывает на проявление «деформации» высотно-растительных геосистем. Установлен азональный ряд: глеевые → торфяные → аллювиальные. Таким образом, установлена деформация предшествующих высотных ландшафтов (зональных) на склоне, что подтверждается сочетаниями зональных почв с азональными и интразональными.

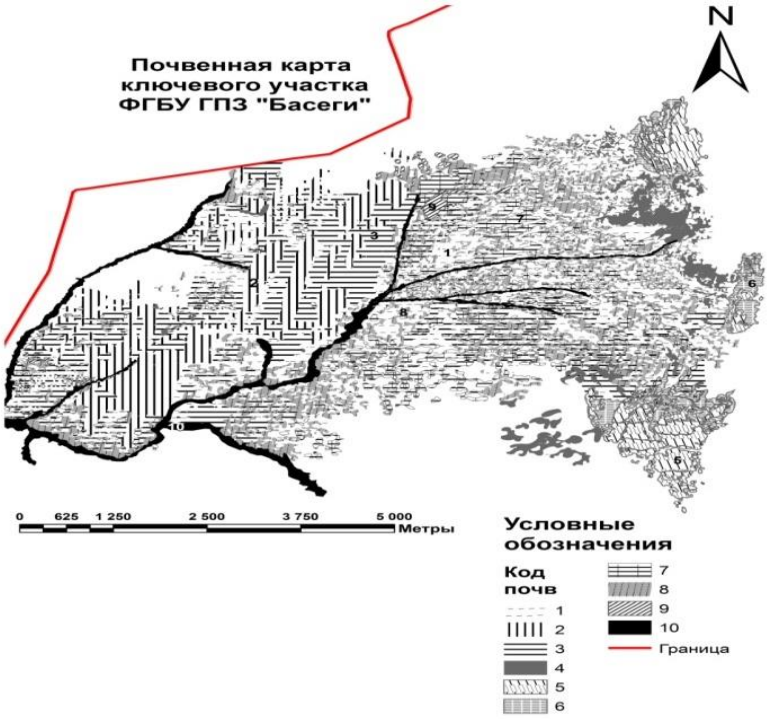
7.4.2 Почвенный покров, соответствующий элементам структуры водосборных бассейнов рек (вертикальных геосистем) и высотно-растительных поясов (горизонтальных геосистем) в бассейне р. Малый Басег

Для изучения дифференциации ПП на территории хребта Басеги использованы данные автора за 2009-2019 г.г. [Самофалова, Лузянина, 2014а; 2014б; 2015; Samofalova, 2015; Самофалова, Кондратьева, 2016; Самофалова и др., 2015, 2016; Самофалова и др., 2016] на ключевом участке – в бассейне реки Малый Басег. В обработке участвовало 92 разреза: 53 разреза в горно-лесном, 31 разрез в подгольцовом и 8 разрезов в гольцовом поясе.

В горных условиях мы наблюдаем одновременное развитие двух налагающихся и взаимообусловленных геосистем (вертикальной поясности и бассейнообразования). Взаимодействие двух геосистем рассмотрим на примере ключевого участка – бассейна реки Малый Басег.

С учетом климатических особенностей высотных поясов и склонов различных экспозиций, а также литологической неоднородности на ключевом участке в бассейне реки Малый Басег следует констатировать разнообразие условий почвообразования, которое обусловливает и разнообразие почвенного покрова. На основании обобщенного пространственного анализа с учетом выявленных индикационных связей «абсолютная высота местности-типы (подтипы) почв» и данных по свойствам почв проведено геомоделирование ПП [Самофалова, Шутов, 2017] и создан авторский вариант почвенной карты для ключевого участка – бассейна реки Малый Басег (рисунок 7.17).

Западная и восточная части бассейна реки Малый Басег отличаются по составу ПП. Так, в западной части бассейна преобладают буроземы типичные, глинисто-иллювиированные, грубогумусные, ожелезненные, образующиеся на склоновых поверхностях бассейнов при крутизне до 3^0 в горно-лесном поясе (350-550 м н.у.м.).



Почвы ключевого участка:
1 – бурозёмы типичные и темногумусовые;
2 – бурозёмы типичные;
3 – бурозёмы грубогумусовые и ожелезненные;
4 – серогумусовые и темногумусовые;
5 – петроземы;
6 – литоземы;
7 – перегнойно-глеевые;
8 – глеезёмы;
9 – торфяные олиготрофные;
10 – аллювиальные гумусовые глеевые

Рисунок 7.17 – Почвенный покров в бассейне р. Малый Басег

В восточной части бассейна (420-750 м н.у.м) на более крутых склоновых поверхностях (3-15°) господствуют вертикально-организованные геосистемы с преобладанием нисходящих потоков вещества и энергии, образуя своеобразный рисунок ПП в виде линейно-волнистых комплексов и сочетаний перегнойно-глеевых почв, глееземов, торфяно-олиготрофных почв, буроземов грубогумусных и ожелезненных.

Ручьи и притоки реки Малый Басег берут начало на высоте формирования болотных массивов, где на концах трещин-русел образуются энергетические зоны – водосборные воронки с повышенной степенью поверхностного и грунтового увлажнения, что и отражается в составе ПП.

Таким образом, в этой части бассейна наблюдается деформация высотной зональности в результате доминирования экзогенных процессов. Преобладающим фактором почвообразования является рельеф, где нарушаются стабильные функциональные взаимосвязи между компонентами ландшафта.

Выше истоков ручьев, притоков и водосборных воронок действие вертикально-организованной геосистемы (ЛВБ) ослабевает, и в большшей степени проявляются биогеоклиматогенные закономерности формирования

высотной поясности: подгольцовый пояс, представленный субальпийскими лугами, криволесьями. Эти горные ландшафты территориально приурочены к нижней части водораздела (дугам) на высоте 600-750 м н.у.м при крутизне до 5^0, где формируются серогумусовые органо-аккумулятивные почвы в сочетании с литоземами серо- и темногумусовыми. Выше, в верхней части водораздела (дугах) на высоте более 750-800 м начинается криволесье и тундровый пояс с преобладанием слаборазвитых и альфегумусовых почв (петроземы, подбуры, подзолы), а также литоземов сухоторфяных, перегнойных с чередованием гольцовых пустошей. Таким образом, морфологические элементы бассейна характеризуются различным почвенным покровом.

Одновременное развитие двух налагающихся и взаимообусловленных геосистем (вертикальной поясности и бассейнообразования) обуславливает интерференцию почвенных зон в высотном ряду, что в свою очередь приводит к тому, что в пределах ЛВБ имеются элементы обеих геосистем. Формирование русловой системы развивается вверх по склону, что ведет к деформации или уничтожению предшествующих высотных ландшафтов на этом склоне.

Таким образом, в зависимости от термических, биоклиматических и геоморфологических условий в каждом вертикальном поясе, процессы выветривания и почвообразования протекают с разной интенсивностью, что способствует формированию провинциальных особенностей почвенного покрова в системе вертикальной зональности. На основании провинциальных особенностей для каждого высотного пояса сгруппированы основные процессы, накладывающиеся на профилеобразующие процессы: тундра: грубогумусированность – элювиированность; криволесье: аккумуляция грубого гумуса (грубогумусированность) – ожелезнение; луга: иллювиирование – ожелезнение – элювиирование; парковый лес: оглеение – элювиирование – грубогумусированность; горная тайга: оглеение – элювиирование, ожелезнение – грубогумусированность.

При изучении связей элементов геосистем, допустимо моделировать СПП на большой территории, и особенно в труднодоступных районах.

Глава 8. МОДЕЛЬ ПРОСТРАНСТВЕННО-СТРУКТУРНОЙ ОРГАНИЗАЦИИ ПОЧВЕННОГО ПОКРОВА В ГОРНЫХ СИСТЕМАХ

8.1 Влияние взаимодействия вертикальных и горизонтальных геосистем на пространственно-структурную организацию почвенного покрова

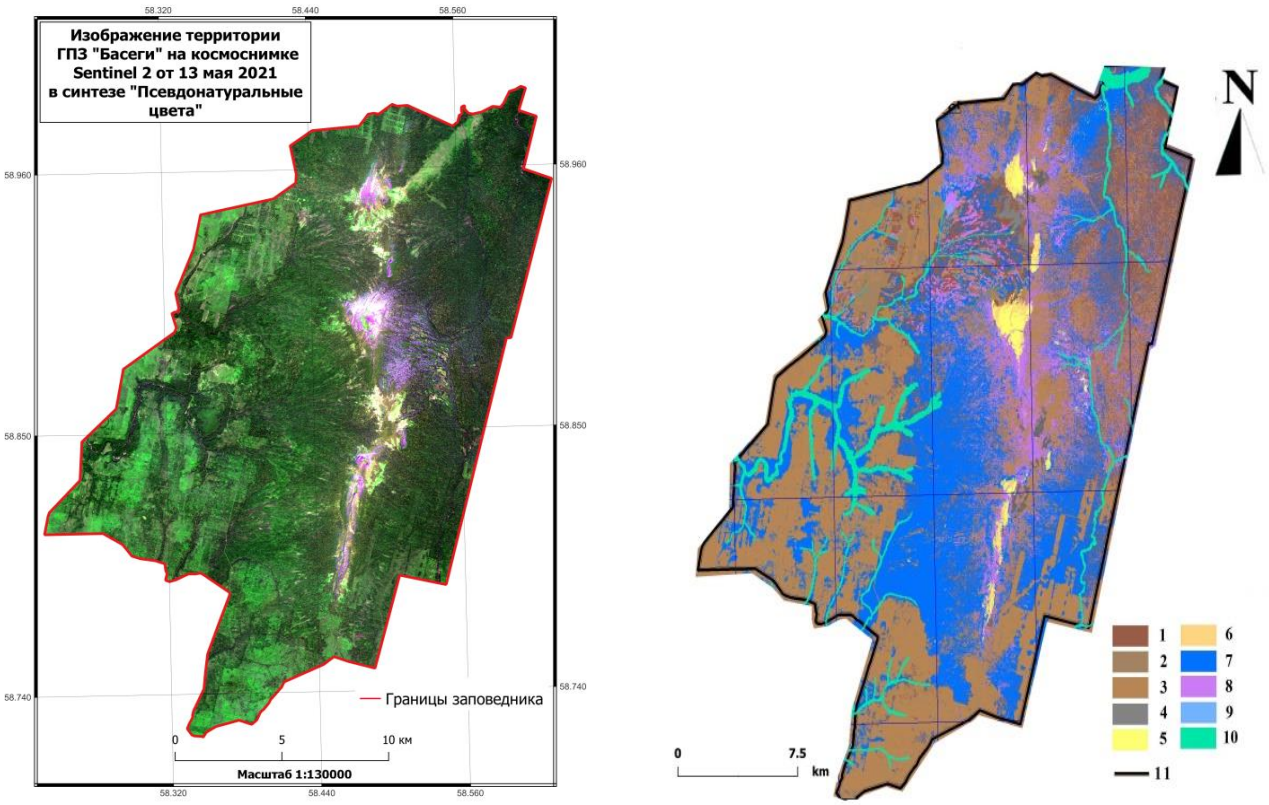
Изучение структуры почвенного покрова стоит в ряду важнейших проблем почвоведения и ведётся во многих странах мира. СПП горных стран до сих пор остаётся неизученной и мало исследованной [Stefanovits, 1971; Урушадзе, 1979; Владыченский, 1998; Молчанов, 2010]. Без познания генетических взаимосвязей почв, составляющих почвенный покров, характера почвенных комбинаций, закономерностей формирования СПП, особенно в сложных природных условиях гор, невозможны его рациональное использование, надёжная охрана [Трифонова, 1999].

Почвенная карта – это основной результат изучения почв какой-либо территории, в котором аккумулируются в сжатом виде все знания о почвах и почвенном покрове. Без почвенной карты практически невозможно осуществить внедрение почвенных знаний в практику. Результаты инвентаризации почв в виде средне- и мелкомасштабных карт используются при решении экологических проблем, проблем оптимизации землепользования отдельных районов и субъектов РФ [Трифонова, Мищенко, 2009]. Многообразие проявлений факторов почвообразования в пространстве в горных условиях обусловливает сложный характер дифференциации почвенного покрова и развитие неоднородностей [Урушадце, 1979; Владыченский, 1998; Мукатанов, 2002; Молчанов, 2010; Карпачевский, 2012; Краснощеков, 2013; Dymov et al., 2015].

8.1.1 Модель пространственно-структурной организации почвенного покрова, хребет Басеги, Средний Урал

Для выявления взаимосвязи между вертикальными и горизонтальными геосистемами на уровне совокупности однородных бассейнов проведен

обобщенный пространственный анализ и геомоделирование ПП. Проведено дешифрировнание растительности по космоснимку в псевдонатуральном цветокомпозите (рисунок 8.1А). Создан авторский вариант почвенной карты (рисунок 8.1Б) территории хребта Басеги в границах ФГБУ «Государственного заповедника «Басеги» [Самофалова, Шутов, 2017].



А) Территория заповедника в псевдонатуральном цветокомпозите

Б) Почвенная карта

Рисунок 8.1 – пространственно-структурная организация почвенного покрова хребта Басеги в границах ФГБУ *«Г*осударственного заповедника «Басеги» *1–10* – см. таблицу 8.1. *11* – граница заповедника

Подтипы почв, представленные единичными ареалами и(или) занимающие площадь <1 %, исключены из анализа из-за недостаточности выборки и малой суммарной площади. Например, в тундровых ландшафтах почвенный покров в основном фрагментарный и представлен петроземами, подбурами, литоземами (сухоторфяными, грубогумусовыми, серогумусовыми), которые объединены в один ареал (код почв на карте – 5). Согласно полученной картографической модели, в составе ПП хребта Басеги до 800 м н.у.м. преобладают

буроземы, представляющие собой широко распространенный тип почв, причем в разных высотных ландшафтах.

Определен ПП, соответствующий элементам структуры водосборных бассейнов рек и высотно-растительным поясам хр. Басеги (таблица 8.1). Так, горно-тундровый пояс занимает наиболее высокую часть хребта, соответствующую водораздельной части бассейнов рек (дуги), покрытой тундровой растительностью и курумниками на темно-гумусовых почвах, литоземах, а также петроземах и дерново-подбурах.

Подгольцовый пояс (березово-пихтовые и березово-еловые криволесья, луга) расположен в нижней части водораздельной территории хребта (фанды), что выше водосборных воронок, где под хвойно-лиственными лесами формируются буроземы, а под луговой растительностью на слабонаклоненных террасах – серогумусовые почвы и литоземы. В центре водосборных воронок, где происходит накопление влаги, стекающей с вышележащих склонов, под осоково-сфагновой растительностью болотной формации образуются торфяные олиготрофные глеевые почвы, а на периферии болотных сообществ, под еловыми лесами – глееземы ожелезненные, перегнойно-глеевые грубогумусированные, буроземы грубогумусовые.

Ниже водосборных воронок (энергетических зон), на склоновых поверхностях бассейнов рек под пихтово-еловыми и еловыми лесами образуются буроземы грубогумусовые и глееватые в сочетании с глееземами, перегнойно-глеевыми и литоземами (глееватыми, перегнойными).

Горно-таежный пояс соотносится с нижними частями склоновых поверхностей, где развиваются еловые и елово-пихтовые леса на буроземах, глееземах, перегнойно-глеевых почвах, а также с внутренней долиной рек, где формируются аллювиальные гумусовые глеевые почвы.

Итак, дифференциация ПП в пространстве является результатом взаимодействия вертикальных и горизонтальных геосистем, так как морфологические элементы ЛВБ рек характеризуются различным ПП, как на уровне типов почв, так и на уровне отделов.

Таблица 8.1 – Почвы хребта Басеги, соответствующие элементам структуры водосборных бассейнов рек и высотно-растительным поясам хребта

Код ПК	Почвенная комбинация	Таксономические единицы почв	
		Отдел	Тип (подтип)
Водораздельная часть бассейнов, тундровый пояс, 800–950 м над ур. моря			
5	Ташеты	Слаборазвитые, Альфегумусовые, Органо-аккумулятивные	Петроземы гумусовые Подбуры иллювиально-гумусово-железистые Перегнойно-темногумусовые
6	Пятнистости	Литоземы	Литоземы сухоторфяные, грубогумусовые, темногумусовые, ожелезненные
Водораздельная часть бассейнов, подгольцовый пояс (березово-еловые криволесья, березовые леса, луга), 550–800 м над ур. моря			
березово-еловые криволесья			
1	Ташеты	Альфегумусовые Структурно-метаморфические Органоо-аккумулятивные Литозёмы	Подзолы, дерново-подзолы, дерново-подбуры Буроземы темногумусовые Темногумусовые Литозёмы
Березовые леса, луга			
2	Комплексы	Структурно-метаморфические Органо-аккумулятивные Литозёмы	Буроземы типичные Серогумусовые Литозёмы серогумусовые
4	Сочетание-мозаика	Органо-аккумулятивные Литозёмы	Серогумусовые Литозёмы серогумусовые и темногумусовые
6	Пятнистости	Литоземы	Литоземы сухоторфяные, грубогумусовые, темногумусовые, ожелезненные
Водосборные воронки, подгольцовый пояс (болотные растительные сообщества), 510–530 м над ур. моря			
8	Вариации	Глеевые Структурно-метаморфические Литозёмы	Перегнойно-глеевые Бурозёмы ожелезненные, глееватые Литоземы глееватые, перегнойные
7	Пятнистости	Глеевые Структурно-метаморфические Литозёмы	Глеезёмы Бурозёмы глееватые, ожелезненные Литоземы глееватые, перегнойные
9	Ташеты	Торфяные Глеевые Литозёмы	Торфяные олиготрофные глеевые Глеезёмы, перегнойно-глеевые Торфяно-литозёмы
3	Вариации	Структурно-метаморфические Литоземы	Буроземы грубогумусовые Литоземы грубогумусовые, глееватые
Склоновые поверхности бассейнов ниже водосборных воронок, парковое редколесье и горно-таежный пояс (елово-пихтовые, березово-пихтовые, еловые леса), 450–650 м над ур. моря			
3	Вариации	Структурно-метаморфические Литоземы	Буроземы грубогумусовые Литоземы грубогумусовые, глееватые
8	Вариации	Глеевые Структурно-метаморфические Литозёмы	Перегнойно-глеевые Бурозёмы ожелезненные, глееватые Литоземы глееватые, перегнойные
7	Пятнистости	Глеевые Структурно-метаморфические Литозёмы	Глеезёмы Бурозёмы глееватые, ожелезненные Литоземы глееватые, перегнойные
6	Пятнистости	Литоземы	Литоземы грубог. ожел., перегн., глееватые
Внутренняя долина рек, горно-таежный пояс (елово-пихтовые, еловые леса), 300–450 м над ур. моря			
3	Вариации	Структурно-метаморфические Литоземы	Буроземы грубогумусовые Литоземы грубогумусовые, глееватые
7	Пятнистости	Глеевые Структурно-метаморфические Литозёмы	Глеезёмы Бурозёмы глееватые, ожелезненные Литоземы глееватые, перегнойные
8	Вариации	Глеевые Структурно-метаморфические Литозёмы	Перегнойно-глеевые Бурозёмы ожелезненные, глееватые Литоземы глееватые, перегнойные
10	Сочетания	Структурно-метаморфические Глеевые Аллювиальные	Буроземы грубогумусовые Глеезёмы Аллювиальные гумусовые глеевые

В пределах переходной полосы между различными типами геосистем происходит преодоление критического состояния в процессе преобразования структуры геосистем во времени. Границы экотонов в этой зоне отличаются повышенной мобильностью, что наглядно проявляется в быстрой экспансии тех или иных контактирующих геосистем (разреженные березово-еловые парковые леса, березовые криволесья, луга) при смене соотношения тепла, атмосферной влаги, рельефа, местного стока. Эти высотные ландшафты территориально приурочены к нижней части водораздельной области (фандам) на высоте 600-750 м при крутизне до 5°. Здесь формируются практически все диагностируемые в заповеднике типы почв следующих отделов: структурно-метаморфические, органо-аккумулятивные, литоземы, глеевые, торфяные.

Наличие азональных почв (глеевые, торфяные), не соответствующих высотной зональности, указывает на проявление «деформации» высотно-растительных поясов (геосистем), где нарушаются стабильные функциональные взаимосвязи между компонентами ландшафта.

На высоте 700-800 м н.у.м. преобладают типы почв, относящиеся к отделам «литоземы» и «альфегумусовые» и формирующиеся в березовом криволесье. Кроме того, на этой же высоте на луговых полянах среди криволесья на склонах южной и восточной экспозиций создаются благоприятные условия для генезиса буроземов темногумусовых и глинисто-иллювиированных.

На высоте более 800 м н.у.м. (дуги водораздела) начинается тундровый (гольцовый) пояс с преобладанием комбинаций из литоземов, слаборазвитых и альфегумусовых почв. Выше 900 м н.у.м., в более суровых климатических условиях, формируются короткопрофильные маломощные почвы (петроземы, литоземы).

Таким образом, роль водосборных бассейнов малых рек хребта Басеги проявляется в формировании как сублитоморфных (выше энергетических зон), так и субгидроморфных (ниже энергетических зон) разновидностей почв и растительности. Наиболее специфичными образованиями в горных условиях

являются почвы отдела органо-аккумулятивные, для которых характерна наиболее тесная связь с высотными условиями их формирования. Почвы отделов структурно-метаморфические и литоземы, не смотря на высокую информативность, формируются во всех высотных геосистемах в сочетании с почвами других отделов (глеевые, слаборазвитые, альфегумусовые, торфяные, аллювиальные), что является еще одной особенностью организации ПП.

Для каждого высотного ряда почв выделены почвенные комбинации. Сложные комбинации складываются на высоте более 600 м, так как здесь максимальное разнообразие и варьирование различных типов растительности: леса елово-пихтовые, елово-березовые, леса паркового редколесья, субальпийские луга, и частично по некоторым склонам, березовые криволесья, что приводит к формированию пёстрого ПП.

Почвенный покров хребта является поликомбинационным и представляет собой повторение нескольких почвенных комбинаций: линейно-волнистых комплексов с переходным фоновым компонентом и линейно-волнистых сочетаний. Комплексы приурочены к склонам и водоразделам (элювиальные и трансэлювиальные ландшафты), сочетания занимают трансаккумулятивные и аккумулятивные ландшафты – выположенные подножия склонов, территорию поймы. Микропятнистости в составе почвенных комбинаций встречаются во всех высотных геосистемах. Многообразие проявлений факторов почвообразования в пространстве в горных условиях обусловливает сложный характер дифференциации почвенного покрова и развитие неоднородностей.

Показ ПП бассейнов, дренирующих хребет Басеги с использованием классификации почв России [Полевой определитель почв…, 2008] является одним из первых опытов и позволяет показать более широкий спектр почв в высотных ландшафтах по сравнению с почвенными картами, составленными ранее на основе Классификации почв СССР [Классификация, 1977].

8.1.2 Модель пространственно-структурной организации почвенного покрова в бассейне реки Большая Молебная (Хомги-Нёл, Северный Урал)

В настоящее время трудно найти совершенно не нарушенные антропогенной деятельности биогеоценозы. Только в заповедниках можно отследить естественные процессы развития биогеоценозов, где с большей вероятностью сохраняются и естественные качества почвенных разновидностей с их морфологией и геометрией (формами контуров). Довольно проблематично определить ПП, не опираясь на данные полевых измерений, а в труднодоступных районах, провести эти измерения довольно сложно. Использование ГИС-технологий и бассейнового метода облегчают решение этих проблем с помощью интерполяции и математического моделирования. Такие исследования могут способствовать совершенствованию методики изучения природных систем, в том числе, ради их сохранения и с целью осуществления мониторинга.

Разработанная методология была опробована на другом объекте труднодоступной ненарушенной территории в границах заповедника «Вишерский» (Пермский край, Красновишерский район) по причине максимальной степени сохранности в его границах природных систем Северного Урала, а также труднодоступностью горной территории. Почвенный покров заповедника практически не изучался [Летопись Природы «Заповедник «Вишерский», 2015].

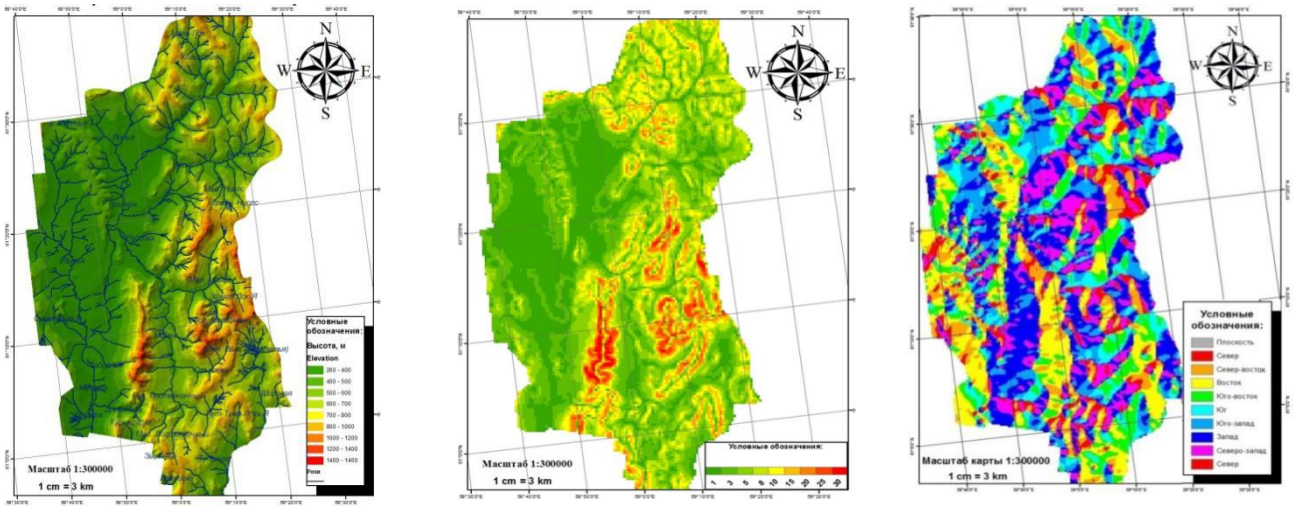
Заповедник расположен на западном макросклоне Северного Урала, на крайнем северо-востоке Пермского края, в верховьях реки Вишера (между 60°54'-61°40 с.ш. и 58°40'-59°27' в.д.) и представляет среднегорье Северного Урала и приурочен к осевой зоне горной страны. В ходе исследования использованы методы: сравнительно-географический, профильный, обобщающий пространственный анализ, ГИС-технологии, метод индикационных связей, статистические методы, картографические методы, методы геомоделирования. Для выделения бассейновой территориальной структуры и элементов водосборных бассейнов применена методика [Трифонова, 1999]. Исходными материалами для составления схемы позиционно-динамической структуры,

цифровой модели рельефа и электронных карт растительности, гидрографической сети, бассейнов рек и их элементов являются топографические карты масштаба 1:25000, подготовленные с помощью распространяемой навигационной программы SAS-Planet, объединяющей в себе возможность загрузки и просмотра карт и спутниковых фотографий земной поверхности, космические снимки, полученные с оптических спутников ДЗЗ Landsat-8 от 01.07.2016 с пространственным разрешением до 20 метров. Обработка картографического материала, анализ данных проведены на базе геоинформационных системы ArcGis 10.2 и MapInfo Professional 12.5.

Схема высотной поясности растительности [Белковская и др., 2014]: пояс темнохвойной тайги (240-600 м н.у.м) включает два подпояса: подгольцовый пояс (600-800-900 м) состоящий из редколесий и мелколесий с высокотравными лугами («лесолуга», 600-700 м), криволесий с мелкотравными и горнопустошными лугами, горными пустошами и зарослями кустарников (700-900 м.); горно-тундровый пояс (900-1000-1100 м); холодно-гольцово-пустынный (> 1000-1100 м). Данные NDVI интерпретированы с точки зрения неоднородностей растительности и использованы при геомоделировании почвенного покрова.

Изучение ПП проводили на ключевом участке (КУ) в водосборном бассейне р. Большая Молебная, т.к. в данном бассейне представлены различные перепады высот, высокая степень расчленения. Заложен почвенно-геоморфологический профиль, проведено полевое обследование, заложены почвенные разрезы в высотно-растительных поясах. Использованы данные автора [Самофалова, 2015б, 2015в; Samofalova, 2018] и научных сотрудников [Летопись Природы «Заповедник «Вишерский», 2015] – 12 почвенных разрезов. Почвенные контуры оцифровывали по космоснимкам, автоматизированным методом дешифрирования ДДЗ, с учетом факторов почвообразования (карты – авторские оригиналы).

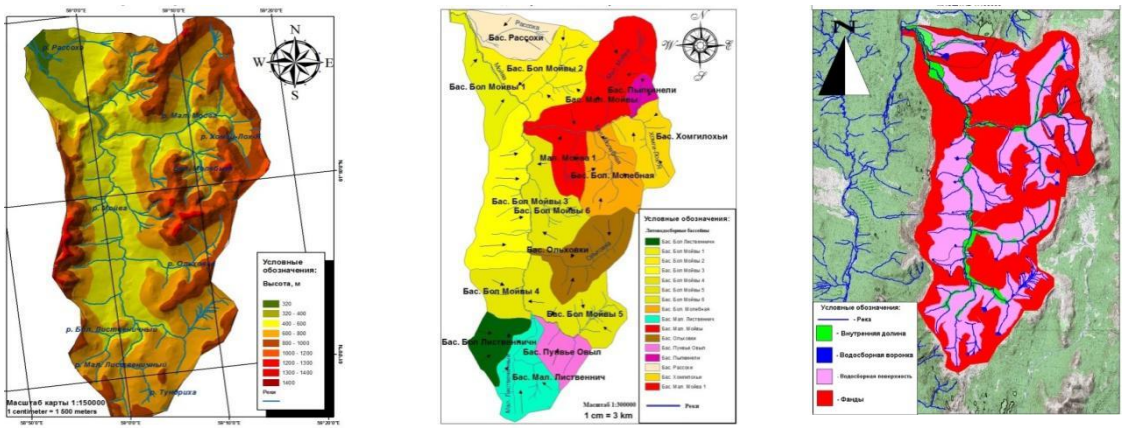
Для создания почвенных карт при дистанционном зондировании в качестве индикаторов используют «физиономичные» факторы почвообразования (созданы карты рельефа, экспозиции склонов и уклона поверхности заповедника (рисунок 8.2).



А) Цифровая карта рельефа Б) Карта уклонов поверхностей В) Карта экспозиции склонов

Рисунок 8.2 – Тематические карты для территории заповедника «Вишерский»

Перепад высот в пределах заповедника составляет от 260 до 1469 м н.у.м. В северных и восточных районах заповедника преобладает типичный низкогорный и среднегорный ландшафт. Углы наклона поверхностей изменяются от 1˚ до 30˚ и более. Вишерское левобережье отличается выраженным горным рельефом, который находится в центральной части заповедника, где основным притоком р. Вишеры является р. Большая Мойва. В пределах бассейна р. Большая Мойва наибольшую площадь имеют территории высотой от 600 до 800 м н.у.м. (237,6 км^2), самые низкие высоты (рисунок 8.3А) – 300-320 м н.у.м. (9,8км^2).



А) Рельеф бассейна р. Большая Мойва Б) Бассейны рек В) Элементы структуры водосборных бассейнов

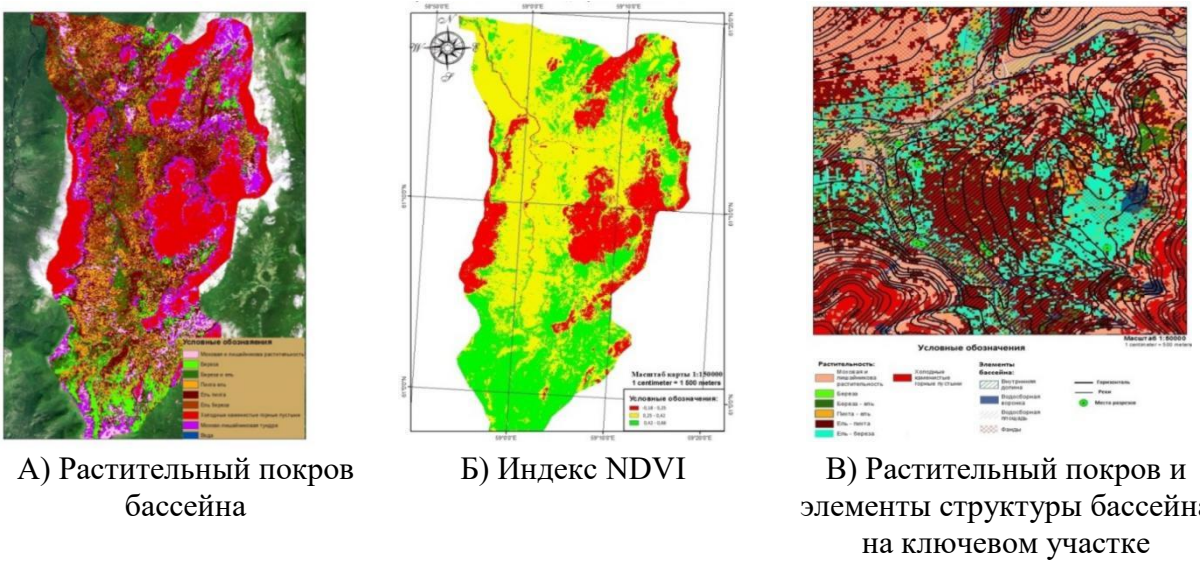
Рисунок 8.3 – Тематические карты водосборного бассейна р. Большая Мойва

Бассейновый тип геопространства имеет полузамкнутый способ организации с хорошо выраженными границами (рисунок 8.3Б). Площадь бассейна р. Большая Мойва составляет 594,5 км^2, что примерно 24,4% от всей площади заповедника. Вид асимметрии показывает, что правая его часть более

выражена. На территории бассейна протекает 10 рек различной величины, которые формируют водосборы различного порядка. Высокая степень расчленения характерна для микроводосборов в правобережье по течению р. Большая Мойва, примыкающее к осевой части Уральского хребта.

В пределах бассейнов рек выделены элементы структуры бассейнов: внутренняя долина, склоновые поверхности водосбора, водосборные воронки, фанды (рис. 8.3В). В пересчете на долевое участие элементов структуры бассейнов создается соотношение 1-0,13-5,5-6,9 (внутренняя долина – водосборная воронка – склоновые поверхности – фанды).

Выявлены закономерности изменения факторов почвообразования в пространстве и взаимосвязи между растительностью и высотой местности. Сопоставляя карту NDVI с картой растительности, наблюдается последовательная дифференциация типов высотно-растительных геосистем от их биомассы (рисунок 8.4). Так, к склоновым поверхностям и внутренним долинам бассейнов приурочены участки с максимальной биопродуктивностью растительности.



А) Растительный покров бассейна

Б) Индекс NDVI

В) Растительный покров и элементы структуры бассейна на ключевом участке

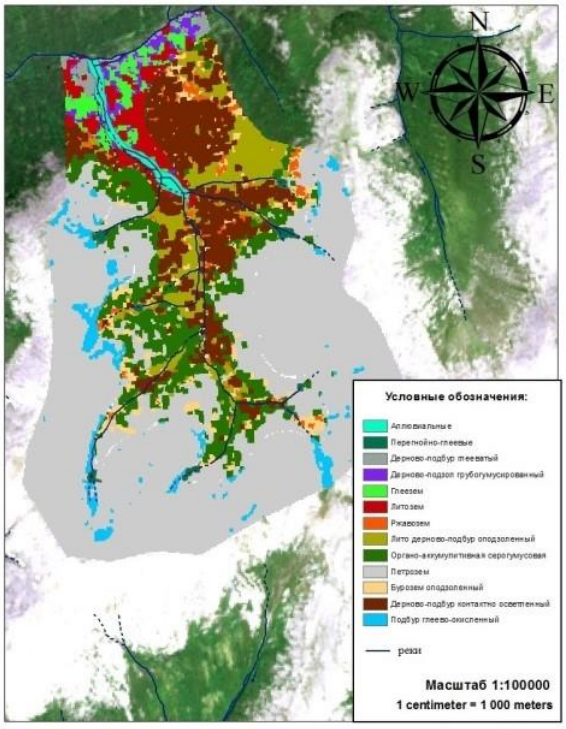
Рисунок 8.4 – Карты, характеризующие растительность в бассейне р. Большая Мойва

При совмещении карт растительного покрова и элементов структуры бассейнов для ключевого участка (рисунок 8.4В), наблюдается закономерная смена растительных фитоценозов. С помощью ИЛА установлена тесная связь

между типом растительности и высотой местности. Доказаны взаимосвязи между растительностью и морфометрическими показателями рельефа.

Выявлены особенности формирования ПП в пространстве на примере ключевого участка в бассейне р. Большая Молебная, как часть бассейна р. Большая Мойва. Определена классификационная принадлежность почв и приуроченность отделов, типов почв к определенным элементам водосборных бассейнов, высотно-растительным поясам. Любой тип исследуемых почв имеет пределы развития по вертикали. На основе обобщения информации о факторах почвообразования проведено геомоделирование ПП для бассейна р. Большая Молебная.

Опираясь на данные почвенных разрезов, с учетом климатических особенностей высотных поясов, растительности, крутизны склонов, экспозиций, литологии построена карта ПП ключевого участка (рисунок 8.5).



Отдел почв	Тип почв	га
Аллювиальные	Аллювиальные	46
Глеевые	Глеезем грубо-гумусированный	79
	Перегнойно-глеевые	26
Литозем	Литозем (серогумусовый, глееватый потечно-гумусовый)	147
Альфегумусовые	Дерново-подбур контактно-осветленный	490
	Дерново-подбур глееватый	47
	Дерново-подзол грубогумусированный	64
	Лито дерново-подбур оподзоленный	262
	Подбур глеево-окисленный	120
Структурно-метаморфические	Бурозем оподзоленный	132
Железисто-метаморфические	Ржавозем (железисто-гранулированный, оподзоленный)	51
Органо-аккумулятивные	Серогумусовая	436
Слаборазвитые	Петрозем	2263

Рисунок 8.5 – Почвенный покров ключевого участка в микроводосборном бассейне реки Большая Молебная в бассейне реки Большая Мойва

В пределах ключевого участка наибольшую площадь занимают почвы отдела слаборазвитые; почвы отдела альфегумусовые и органо-аккумулятивные 436 га. Наименьшую площадь занимают почвы отделов: литозёмы, структурно-метаморфические, глеевые, железисто-метаморфических, аллювиальные.

Структура почвенного покрова представлена сочетаниями, мозаиками, пятнистостями, ташетами (таблица 8.2).

Таблица 8.2 – Структура почвенного покрова ключевого участка в микроводосборном бассейне р. Большая Молебная

ЛВБ	Высотный пояс	ПК	Формула
Внутрення долина рек	Горно-лесной	Пятнистость	Ал*Л
Склоновая водосборная поверхность	Горно-лесной	Пятнистость	$ДПБ^{г}$*Г*$ДПз^{грг}$*Л
		Пятнистость	$ДПБ^{г}$*Г*$ДПз^{грг}$*Л*$ДПБ^{к-о}$*Р
	Подгольцовый	Сочетание	Р+СГ+$ДПБ^{л.оп}$
		Микромозаика	$ДПБ^{к-о}$ х Р х $ДПБ^{л.оп}$
		Сочетание	Л+СГ
		Мезочетание	СГ+ $ДПБ^{к-о}$ +$ДПБ^{л.оп}$
		Сочетание	Р+СГ+ $ДПБ^{л.оп}$
		Комплекс	СГ+$ДПБ^{к-о}$ + $ДПБ^{л.оп}$
		Сочетание	СГ+ $ДПБ^{к-о}$+ $Б^{оп}$
Фанды, дуга	Гольцовый	Мозаика	П х $ПГ^{ок}$
		Ташет	$Г^{п}$:$ПГ^{ок}$

Совместное применение геоинформационных технологий и бассейнового подхода дают высокую точность (80-90 %) при использовании их для сложных природных условий, где пестрый почвенный покров и пространственное разнообразие сочетаний факторов почвообразования.

Для заповедных территорий результаты исследований могут быть использованы для разработки и проведения экологического мониторинга, инвентаризации объектов охраны почв, создания Кадастра качества почв ООПТ, Экологического паспорта почв, для разработки регионального атласа, оценки и прогноза природных явлений горных геосистем.

8.2 Почвенно-ландшафтное районирование как модель пространственно-структурной организации и формирования почвенного покрова в горных системах

В настоящее время существует геолого-экологическая карта Среднего Урала, а также геоэкологическая и ландшафтно-геохимическая карта Пермского края [Копылов и др., 2014], где основой районирования являются

геоморфологические (генетические) ландшафты. Почвенное районирование горной части Пермского края проведено схематично на основе данных первой половины XX века [Самофалова, 2018]. Выделены были только крупные иерархические единицы: Уральская горная область, в пределах которой выделены провинции: Северо-Уральская горно-тундрово-таежная и Средне-Уральская горно-таежная и горно-луговая. Таким образом, вопросы типизации природной среды для организации и проведения мониторинга разработаны недостаточно.

Методические рекомендации ведущих институтов (ВСЕГЕИ, ВСЕГИНГЕО, ИМГРЭ) в качестве основы картографирования предлагают использовать ландшафтный подход, который обеспечивает комплексную оценку экологического состояния территории. Дополнительное использование бассейнового подхода к исследованию наземных геосистем, как одного из способов деления ландшафтно-геоэкологического пространства, имеет определенные преимущества, так как бассейновые геосистемы имеют строгую иерархическую упорядоченность, и связаны потоками вещества и энергии [Корытный, 1991, 2017; Трифонова, 1999; Отбоева, Жалсараева, 2016; Самофалова, 2019а; Самофалова, Шутов, 2015, 2017; Трифонова, Шутов, 2019]. Методика типизации геосистем речных бассейнов опробована в глобальном масштабе для всего Камского бассейна [Трифонова, Шутов, 2019]. Развитие цифровых методов, доступность материалов космических съемок и технологий информационного анализа позволяют создавать карты с использованием моделей почвенно-ландшафтных связей. Это является важным для картирования труднодоступных территорий. Использование факторно-индикационных характеристик, получаемых из материалов цифровых моделей рельефа и оцифрованных топографических карт, отличается высокой точностью. Такой подход позволяет предсказать значение моделируемого почвенного свойства на уровне типа или подтипа почвы для не обеспеченных полевым опробованием пикселей. На возможность «предсказания» почвы по визуально распознаваемым факторам указывал В.В. Докучаев.

Определена СПП с учетом выделенных кластеров, в пределах которых складывается своеобразный ПП. Во всех кластерах преобладают буроземы

грубогумусовые (таблица 8.3). Различия по составу ПП бассейновых геосистем заключаются в следующем. Буроземы типичные и серогумусовые почвы в большей степени преобладают в северо-восточной части хребта. Перегнойно-глеевые почвы в западных бассейновых геосистемах составляют более 30 %.

Таблица 8.3 – Структура почвенного покрова геосистем хребта Басеги

Кластер, геосистема	Площадь, км^2	Типы почв, %								
		1	2	3	4	5	6	7	8	9
1, северо-западная	287	0,0	**7,2**	**34,2**	0,5	0,7	0,7	3,9	3,9	**48,9**
2, северо-восточная	279	**0,1**	**13,3**	**29,5**	1,2	1,0	1,2	**22,8**	0,3	**30,6**
3, юго-восточная	131	0,0	1,5	**39,0**	0,0	0,4	0,5	2,5	0,7	**55,5**
4, юго-западная	157	0,0	2,2	**15,1**	0,2	0,6	0,5	4,8	4,5	**72,1**

Примечание: 1 – торфяные олиготрофные глеевые и глеевые; 2 – глееземы; 3 – перегнойно-глеевые; 4 – серогумусовые; 5 – петроземы гумусовые и подбуры; 6 – литоземы сухоторфяные; 7 – буроземы; 8 – буроземы глееватые; 9 – буроземы грубогумусовые.

Типы бассейновых геосистем образовали ландшафтные микрорайоны, в пределах которых, с учётом элементов взаимодействия вертикальных и горизонтальных геосистем, выделены ландшафтные ярусы. Внутри каждого ландшафтного яруса определены ландшафтные контура, различающиеся по преобладающему типу растительности. Определена пространственная организация ПП с учетом ландшафтной приуроченности к элементам бассейна и рельефа (таблица 8.4).

Таблица 8.4 – Распределение ландшафтных контуров

Ландшафтный микрорайон (кластер)	Ландшафтные ярусы		
	Водораздельный (дуги, фанды)	Склоновый (склоновые поверхности)	Пойменно-террасовая, (внутренняя речная долина)
Северо-западный (кластер 1)	Гольцово-тундровый Тундровый Тундрово-криволесный	Криволесный, Криволесно-луговый, Луговый, Лугово-редколесный, Болотно-редколесный, Болотный, Болотно-таежный, Таежный	Таежно-террасовый Долинный Болотно-долинный
Северо-восточный (кластер 2)			
Юго-восточный (кластер 3)	Гольцы Гольцово-тундровый Тундровый, Болотно-тундровый	Луговый, Лугово-редколесный, Болотно-редколесный, Болотно-таежный, Таежный	Таежно-террасовый Долинный Болотно-долинный
Юго-западный (кластер 4)		Болотно-редколесный, Болотно-таежный, Таежный	

Почвенный покров характеризуется не только высотными особенностями, но и зонально-провинциальными. Ландшафтные микрорайоны и ярусы качественно различаются внутри по составу почвенного покрова (таблица 8.5).

Таблица 8.5 – Распределение основных типов почв по высотным ландшафтам

Геосистема (кластер)	Элементы рельефа, почвы высотных поясов		
	вершина	склон	основание
Кластер 1 (северо-западная часть хребта)	Петроземы гумусовые и подбуры; Литоземы сухоторфяные, грубогумусовые, темногумусовые,	Подзолы иллювиально-ожелезненные и грубогумусированные; Буроземы темногумусовые Буроземы, Серогумусовые, Литоземы темногумусовые, Глееземы, Перегнойно-глеевые, Торфяные олиготрофные глеевые, Буроземы грубогумусовые	Буроземы грубогумусовые, Буроземы Перегнойно-глеевые, Глееземы, Аллювиальные гумусовые глеевые
Кластер 2 (северо-восточная часть хребта)	Подбуры; Дерново-подбуры; Литоземы сухоторфяные, темногумусовые	Буроземы, Литоземы серогумусовые, Глееземы, Перегнойно-глеевые,	Буроземы грубогумусовые, Перегнойно-глеевые
Кластер 3 (юго-восточная часть хребта)	Петроземы и подбуры; Литоземы грубогумусовые, темногумусовые, Перегнойно-темногумусовые, Перегнойно-глеевые	Глееземы, Перегнойно-глеевые Буроземы глееватые Серогумусовые	Буроземы грубогумусовые Аллювиальные гумусовые глеевые
Кластер 4 (юго-западная часть хребта)	Петроземы гумусовые и подбуры; Литоземы грубогумусовые, темногумусовые, Перегнойно-гумусовые, Перегнойно-глеевые	Перегнойно-глеевые Буроземы глееватые	Буроземы грубогумусовые Аллювиальные гумусовые глеевые

Мелкой таксономической единицей районирования является почвенная комбинация внутри ландшафтного контура (микроСПП), сочетание которых образуют зонально-провинциальную структуру почвенного покрова (мезоСПП) в пределах ландшафтного яруса.

Организация ПП в пределах различных ЛВБ на западном склоне Среднего Урала имеет сходные черты, заключающиеся в чередовании аналогичных комбинаций от водоразделов к долинным базисам эрозии: ташеты подбуров, петроземов и перегнойно-гумусовых; микрокомплексы литоземов,

подбуров, петрозёмов; микропятнистости литозёмов сухоторфяных, перегнойных с чередованием гольцовых пустошей; сочетания серогумусовых и бурозёмов; микросочетания буроземов темногумусовых и глееватых; ташеты торфяно-глеевых и глееземов с перегнойно-глеевыми и буроземами глееватыми; микропятнистости буроземов глееватых и перегнойно-глеевых; микрокомплексы буроземов грубогумусовых, ожелезненных, глееватых; микросочетания буроземов ожелезненных и аллювиальных почв.

8.3 Перспективы использования модели для решения теоретических и практических задач

В соответствии с международной классификацией ЮНЕП Россия относится к числу горных стран и входит в группу, где горы занимают больше 50% всей территории страны [Котляков, Баденков, 2010]. Горные территории неравномерно распространены на территории России: 90 % всех гор приходится на азиатскую часть страны. Урал занимает 4% от всех гор на Европейской части России. Средний Урал, соотносящийся в административных границах Пермскому краю и Свердловской области, по степени гористости попадает в третью группу (25-50%). В России отсутствует государственная политика регионального развития, которая бы учитывала в полной мере специфику, потенциал, ограничения и приоритеты развития территорий в долгосрочной перспективе. Исключение составляет Чеченская республика, получающая прямое дотирование из Федерального центра на программы восстановления экономики и социально-экономического развития. В Дагестане и Северной Осетии-Алании приняты республиканские горные законы и существуют программы развития горных районов, имеющие бюджетное финансирование.

Многие страны мира активно совершенствуют и формируют национальные политики устойчивого развития горных районов. Лидерами в этом направлении являются страны Альпийского региона – Австрия, Италия, Швейцария, Франция, к которым присоединяются и другие (включая новые)

страны-члены Евросоюза – Греция, Польша, Португалия. В Азии – Китай, в Центральной Азии – Киргизстан также участвуют в этом процессе.

Говоря об общемировых тенденциях развития горных регионов, особо отмечается роль науки и образования. Горы всегда были объектом научных исследований. Современные исследования базируются на междисциплинарном системном подходе при выработке моделей и стратегий устойчивого развития горных территорий. Согласованная программа исследований включает в себя 4 основных блока: мониторинг, моделирование, исследование процессов, исследование систем землепользования с меняющейся поверхности Земли. Исследования носят ярко выраженный прикладной характер и завершаются, как правило, разработкой концепций развития, представлением конкретных рекомендаций и последовательных шагов их реализации в форме плана действий.

Исследования связей глобальных изменений с проблемами развития начато в 2003 году в масштабном проекте ЮНЕСКО и Международной геосферно-биосферной программы (МГБП). Инициаторы проекта (Горная исследовательская инициатива МГБП и Программа ЮНЕСКО «Человек и биосфера») предложили использовать сеть горных биосферных резерватов ЮНЕСКО, расположенных в разных регионах мира, для изучения последствий глобальных изменений на территориях этих резерватов.

Из 30 российских биосферных заповедников 15 являются горными, из которых только 4 участвуют в развитии национальной программы исследования глобальных изменений в горных биосферных резерватах и международного сотрудничества. Исследования в рамках этой программы позволят получить серьезные результаты и в прикладных региональных аспектах.

Учитывая и понимая объем существующей проблемы, первоочередной задачей является разработка моделей и стратегий устойчивого (интегрального) развития горных территорий на основе принципов междисциплинарных и транслисциплинарных исследований и современных технологий (ГИС, дистанционных методов зондирования, спутниковой привязки координат и т.д.).

В современных условиях существует объективная необходимость развития ГИС в работе заповедников и национальных парков России. Природоохранные ГИС решают задачи инвентаризации и мониторинга, оценки и прогноза, планирования и управления. ГИС позволяют строить и использовать цифровые модели рельефа и пространственные модели местности для изучения экосистем [Смирнова и др., 2015; Калюжная и др., 2019; Чащин, Кондратьева, 2019]. Исследование данных с помощью ГИС позволяют установить иерархию биоценотических связей, которые необходимо знать для разработки прогностических моделей [Мудрых, Яшинина, 2015; Самофалова, 2019б].

Особенность современных исследований почвенного покрова, и особенно горных территорий, заключается в преобладании системного, общеэкологического подхода, увязке СПП с компонентами ландшафта. Такой подход расширяет возможности для решения задач мониторинга и природоохранного проектирования [Савин, 2003; Мудрых, Яшинина, 2015; Samofalova, 2017; Самофалова, Шутов, 2017; Самофалова, 2019].

Использование бассейнового метода и ГИС-технологий позволяют решить различные проблемы с помощью интерполяции и математического моделирования. Геопространственный анализ на основе бассейнового подхода позволяет выделить границы бассейнов по цифровым моделям рельефа [Ермолаев и др., 2014; Смирнова и др., 2015], провести типизацию геосистем речных бассейнов для различных целей [Отбоева, Жалсараева, 2016; Снитко и др., 2016; Минеев и др., 2017; Maksimovich et al., 2017; Самофалова, 2019б; Трифонова, Шутов, 2019], в том числе для различных видов районирования.

Для заповедных территорий результаты исследований могут быть использованы для разработки и проведения экологического мониторинга, инвентаризации объектов охраны почв, Кадастра качества почв ООПТ, Экологического паспорта почв, для разработки регионального атласа, проектирования инфраструктуры, экологических маршрутов, развития экологического туризма.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В процессе подготовки диссертационной работы получены следующие теоретические, методические и прикладные результаты:

1. Литоводосборные бассейны рек, дренирующие хребет Басеги, достоверно различаются по морфометрическим показателям. Структурная организованность и характер высотной поясности речных бассейнов, как в меридиональном, так и в широтном аспектах определяется их размерами, в том числе перепадами высот и средними уклонами поверхности.

2. Выявлены три основных направления развития профиля, по-разному проявляющиеся в высотных поясах с учётом элементов бассейна: на водораздельной поверхности, где доминирует горная тундра и криволесье, преобладающим является развитие почвенного профиля вверх; для выположенных склоновых поверхностей под лугами характерно развитие профиля в глубину и с проявлением инверсии; на крутых склоновых поверхностях с парковым редколесьем наблюдается формирование сложного профиля и классического; в пределах водосборных воронок почвенный профиль развивается вверх за счет роста органогенных горизонтов; в горно-лесном поясе, в зависимости от локальных условий, возможно развитие профиля почв по любому варианту.

3. Граница склоновой поверхности бассейнов рек является маркером полигенетичных профилей почв, которая установлена на высоте 700 м н.у.м., где происходят резкие изменения в гранулометрическом составе почв, диагностирующих смену процессов почвообразования. Выявлена пространственная литологическая неоднородность ГС почв, что указывает на разновозрастность ландшафтов и почв, т.е. полигенетичность профилей. Установлены эволюционно-генетические особенности валового состава почв и типы развития профилей. Геохимическая интерпретация содержания щелочных и щелочноземельных макроэлементов помогла выявить природный рубеж геохимической неоднородности почв в высотных ландшафтах Среднего Урала:

на высоте более 700 м н.у.м. преобладает физическое выветривание, ниже 700 м н.у.м. преобладают процессы химического выветривания с разной проработанностью минерального состава почв.

4. Установлены достоверно значимые группировки диагностических горизонтов почв в высотных ландшафтах по кислотно-основным свойствам, содержанию органического вещества, абсолютной высоте местности.

5. Установлены закономерности формирования типов почв в пространстве (топографический ряд почв) и порядок вертикальных почвенных зон на склонах хребта: буроземы (315-655 м); серогумусовые (570-760 м); подзолы (740-820 м); подбуры, (800-940 м н.у.м). В почвенных зонах встречаются азональные почвы: аллювиальные (300-380 м); торфяные (498-528 м); глеевые (315-528 м). Наибольшая плотность заполнения типом (подтипом) почв единицы высоты характерна для зональных (серогумусовых, подзолов и подбуров), формирующихся на водораздельных пространствах, наименее затронутых процессами бассейнообразования, также и для азональных почв.

6. Структурные элементы бассейна характеризуются различным почвенным покровом: водораздельные пространства представлены литозёмами, петроземами, подбурами, дерново-подбурами, перегнойно-темногумусовыми; склоновые поверхности (выше водосборных воронок) представлены почвенным покровом, в состав которого входят подзолы иллювиально-железистые, серо- и тёмногумусовые, бурозёмы, литозёмы; водосборные воронки имеют почвенный покров, состоящий из торфяных глеевых почв, глеезёмов ожелезнённых, перегнойно-глеевых, бурозёмов грубогумусовых; склоновые поверхности (ниже водосборных воронок) представлены комбинациями подтипов бурозёмов (грубогумусовые, глееватые), глеезёмов, перегнойно-глеевых и литозёмов (глееватыми, перегнойными); во внутренних долинах рек формируются аллювиальные гумусовые глеевые, и выше к границе склоновой поверхности – бурозёмы (ожелезненные, глееватые, элювиированные).

7. Почвенный покров горных геосистем является поликомбинационным и представляет собой повторение почвенныых комбинаций: линейно-волнистых

комплексов с переходным фоновым компонентом и линейно-волнистых сочетаний. Наличие азональных почв (глеевые, торфяные), указывает на проявление «деформации» предшествующих высотных ландшафтов (зональных) на склоне, что подтверждается сочетаниями зональных почв с азональными и интразональными.

8. Организация почвенного покрова в пределах различных литоводосборных бассейнов на западном склоне Среднего Урала имеет сходные черты, заключающиеся в чередовании аналогичных комбинаций от водоразделов к долинным базисам эрозии.

9. Научное обоснование пространственно-структурной организации почвенного покрова гумидных гор заключается в определении взаимодействия и взаимовлияния литоводосборных бассейнов и высотной поясности, позволяющей установить структуру и ряды вертикальной поясности почвенного покрова гор. Методология основана на структурно-бассейновой организации территории и бассейно-ландшафтной концепции формирования почв, содержит факторы идентификации горных геосистем, критерии оценки.

СПИСОК СОКРАЩЕНИЙ

ГВ – гумусовые вещества

ГИС – геоинформационные системы

ГК – гуминовые кислоты

ГС – гранулометрический состав

ДЗЗ – данные дистанционного зондирования

ЕКО – емкость катионного обмена

ИЛА – инфомационно-логический анализ

КП – ключевая площадка

КС – кислотный след

ЛВБ – литоводосборный бассейн

МВ – магнитная восприимчивость

Нг – гтдролитиическая кислотность

НО – негидролизуемый остаток

ОВ – органическое вещество

ПК – почвенная комбинация

ПП – почвенный покров

ПФП – постоянная фенологическая площадка

р. - разрез

Сгк – углерод гумиовых кислот

Собщ – общее содержание оргнаического углерода в почве, %

СПП – структура почвенного покрова

Сфк – углерод фульвокислот

ТМ – тяжелые металлы

ФК – фульвокислоты

ФП – факторы почвообразования

ХС – химический состав

ЭПП – элементарные процессы почвообразования

ЭПЧ – элементарные почвенные частицы

S – энтропия

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Адам, Н. К. Физика и химия поверхностей / Н. К. Адам. – М.; Л.: ОГИЗ, 1947. – 552 с.

2. Айсина, Н. Р. Буроземы горной части Жигулевского заповедника / Н. Р. Айсина, Е. В. Абакумов, Э. И. Гагарина // Самарская Лука: Бюллетень. – 2008. – Т. 17. – № 1 (23). – С. 55-70.

3. Айдаралиев, А. А. Международный год гор: итоги и перспективы / А. А. Айдаралиев // Устойчивое развитие горных территорий Кавказа. Коллективная монография. Том II / Научные редакторы: И. А. Керимов, А. Н. Гуня, В. А. Широкова. – М.: ИИЕТ РАН, 2019. – С. 606-610.

4. Алексеев, А. О. Оксидогенез железа в почвах степной зоны / А. О. Алексеев, Т. В. Алексеева. – М.: ГЕОС, 2012. – 204 с.

5. Ананко ,Т. В. Опыт обновления почвенной карты РСФСР Масштаба 1:2.5 млн в системе классификации почв России / Т. В. Ананко, М. И. Герасимова, Д. Е. Конюшков // Почвоведение. – 2017. – № 12. – С. 1411-1420.

6. Ананко, Т. В. Почвы горных территорий в классификации почв России / Т. В. Ананко, М. И. Герасимова, Д. Е. Конюшков // Бюллетень Почвенного института им. В.В. Докучаева. – 2018. – Вып. 92. – С. 122-146.

7. Андронова, М. И. Стандартная цветовая шкала для полевого определения и кодирования окраски почв / М. И. Андронова. – М.: РосНИИземпроект, 1992.

8. Антипов-Каратаев, И. Н. О горно-лесных и горно-луговых почвах района Теберды Северного Кавказа / И. Н. Антипов-Каратаев, Т. Ф. Антипова-Каратаева // Тр. Почвенного ин-та им. В.В. Докучаева. – М., 1936. – Т. 13. – С. 367-398.

9. Антонова, З. П. Определение содержания в почвах гумуса / З. П. Антонова, В. Д. Скалабан, Л. Г. Сучилкина // Почвоведение. – 1984. – № 11. – С. 130-133.

10.Апарин, Б. Ф. Учение о структуре почвенного покрова: новые вызовы / Б. Ф. Апарин // Материалы международной научной конференции «Пространственно-временная организация почвенного покрова: теоретические и прикладные аспекты». – СПб.: Издательский дом СПБу, 2007. – С. 5-8.

11.Аристовская, Т. В. О микробиологических факторах мобилизации кремния из труднорастворимых природных соединений / Т. В. Аристовская, Р. С. Кутузова // Почвоведение. – 1968. – № 12. – С. 59-66.

12.Ассинг, И. А. Горные почвы и вертикальная зональность на Северном Тань-Шане / И. А. Ассинг // Почвоведение. – 1986. – № 9. – С. 14-22.

13.Асылбаев, И. Г. Содержание щелочных и щелочноземельных металлов в почвах южного Предуралья / И. Г. Асылбаев, И. К. Хабиров // Почвоведение. – 2016. – № 1. – С. 29-38.

14. Атлас Пермской области. География. История. – М.: ДИК, 2000. – 48 с.

15. Бабанин, В. Ф. Магнетизм почв / В. Ф. Бабанин, В. И. Трухин, Л. О. Карпачевский, А. В. Иванов, В. В. Морозов. – М.: Ярославль, 1995. – 222 с.

16. Багаутдинов, Ф. Я. Гумусное состояние некоторых почв Южного Урала и приемы его регулирования / Ф. Я. Багаутдинов, Ф. Х. Хазиев, Т. Т. Гарипов // Почвоведение. – 1997. – № 9. – С. 1068-1075.

17. Бадмаев, Н. Б. Координатный анализ и принципы распознавания почв / Н. Б. Бадмаев. – Улан-Удэ: Изд-во БГУ, 2008. – 208 с.

18. Бадмаев, Н. Б. О пространственной организации почвенного покрова мерзлотной лесостепи Забайкалья / Н. Б. Бадмаев, О. Д. Нимаева, Т. З. Нанзатов, М. Ю. Шахматов //

Вестник Бурятского государственного университета. Биология. География. – 2011. – №4. – С. 197-200.

19. Баландин, С.В. Флора и растительность хребта Басеги / С. В. Баландин, И. В. Ладыгин // Средний Урал. – Пермь: Институт экологии растений и животных УРО РАН, 2002. – С. 3.

20. Балсанова, Л. Д. Разнообразие и свойства буроземов прибрежных горных поднятий на восточном побережье оз. Байкал / Л. Д. Балсанова, Н. Б. Бадмаев, Б. Б. Найданов, А. В. Балсанов // Вестник Бурятского государственного университета. Биология, география. – 2022. – № 3. – С. 3-13.

21. Барри, А. Сравнительная географо-генетическая характеристика буроземов Кавказа и Тянь-Шаня: автореферат дис. на соискание уч. степени к.б.н. / А. Барри. – М., 1979. – 22 с.

22. Бартковяк, А. Содержание макро- и микроэлементов и активность фосфатаз в почвах при различных технологиях выращивания растений / А. Бартковяк, Я. Леманович, М. Кобиерский // Почвоведение. – 2015. – № 12. – С. 1489-1499.

23. Безуглова, О. С. Гранулометрический состав и закономерности накопления тяжелых металлов в почвах Ростова-на-дону / О. С. Безуглова, С. Н. Горбов, Н. В. Сальник, С. С. Тагирведиев // Фундаментальные концепции физики почв: развитие, современные приложения и перспективы: материалы Международной конференции, посвященной 90-летию со дня рождения профессора МГУ А. Д. Воронина. – М.: Издательство МГУ, 2019. – С. 110-113.

24. Белковская, Т. П. Растительность и флора, грибы, лишайники заповедника «Вишерский» / Т. П. Белковская, Л. Г. Переведенцева, О. И. Мухутдинов, А. Е. Селиванов, П. Н. Бахарев, И.В. Прокошева. – Соликамск, 2014. – 400 с.

25. Белоусова, Н. И. Оксалаторастворимые соединения Al, Fe и Si в почвах холодных гумидных областей как функция выветривания / Н. И. Белоусова // Почвоведение. – 2006. – № 1. – С. 7-18.

26. Березин, П. Н. Особенности распределения гранулометрических элементов почв и почвообразующих пород / П. Н. Березин // Почвоведение. – 1983. – № 2. – С. 52-64.

27. Березин, П. Н. Интерпретация и представление результатов гранулометрического анализа / П. Н. Березин // В кн.: Теории и методы физики. – М.: «Гриф и К», 2007. – С. 79-84.

28. Блохин, А. Н. Характеристика гранулометрического и агрегатного составов почв северной части ареала черневой тайги Кузнецкого Алатау с использованием параметров вероятностных функций / А.Н. Блохин, Е. В. Шеин, Е. Ю. Милановский // Вестник Томского государственного университета. – 2010. – №2 (10). – С. 15-19.

29. Бовкунов, А. Д. Основные типы почв темнохвойных лесов нижнего участка бассейна реки Большая Порожняя (приток р. Печора) / А. Д. Бовкунов, А. Д. Семиколенных, А. А. Алейников, В. Г. Ухтомский // Труды Печоро-Илычского заповедника. – Сыктывкар, 2010. – Вып. 16. – С. 22-30.

30. Богатырев, К. П. О некоторых особенностях развития почв горных стран / К. П. Богатырев // Почвоведение. – 1946. – № 8. – С. 492-500.

31. Богатырев, К. П. Дерновые горно-лесные почвы, как особая географическая форма высокогорного почвообразования / К. П. Богатырев // Почвоведение. – 1947. – № 12. – С.704-714.

32. Богатырев, К. П. Почвы горного Урала / К. П. Богатырев, Н. А. Ногина // Тр. Почв. ин-та АН СССР. – М.: Наука, 1962. – С. 5-48.

33. Бойцова, Л. В. Динамика содержания органического вещества, его лабильной и инертной частей в дерново-подзолистой супесчаной почве разной степени окультуренности / Б. В. Бойцова, Я. В. Пухальский // Агрофизика. – 2013. – № 2(10). – С. 14-22.

34. Борисова, И. Г. Природные особенности горно-таежных ландшафтов Верхнего Приамурья / И. Г. Борисова // География и природные ресурсы. – 2012. – № 4. – С. 126-136.

35. Бушинский, Г. И. Титан в осадочном процессе / Г. И. Бушинский // Литология и полезные ископаемые. – М.: Наука, 1963. – № 2. – С. 7-14.

36. Вадюнина, А. Ф. Методы исследования физических свойств почв : учебное пособие. 3-е изд., пере-раб. и доп. / А. Ф. Вадюнина, З. А. Корчагина. – М.: Агропромиздат, 1986. – 410 с.

37. Важенин, Б. П. Литосборный бассейн и некоторые другие взаимосвязанные с ним понятия и их свойства / Б. П. Важенин // Основные направления развития геоморфологической теории. – Новосибирск, 1982. – С. 32-34.

38. Валеева, А. А. Численная классификация серых лесных почв Волжско-Камской лесостепи / А. А. Валеева, А. Б. Александрова, Г. Ф. Копосов // Материалы Всероссийской научной конференции II Ковалевские молодежные чтения «Почва как базовый компонент наземных экосистем». – Новосибирск: изд-во «Окраина», 2013. – С. 56-57.

39. Валеева, А. А. Влияние подготовки почв на интерпретацию данных гранулометрического состава почв / А. А. Валеева, Г. Ф. Копосов // Ученые записки Казанского университета. – 2013. – № 2. – Том 155. – С. 172-181.

40. Васильев, А. А. Цвет и гидроморфизм почв Пермского края / А. А. Васильев, А. В. Романова, В. Ю. Гилев // Пермский аграрный вестник. – 2014. – № 1 (5). – С. 28-38.

41. Васильев, С. В. Трансформация соединений железа в процессах почвообразования: автореферат на соиск. уч. ст. к.б.н. / С. В. Васильев. – М.: Издательство МГУ, 1989. – 16 с.

42. Ведрова, Э. Ф. Органическое вещество почв лиственничников северной тайги / Э. Ф. Ведрова, Л. В. Мухортова, И. Н. Безкоровайная, А. В. Климченко, Л. А. Климентенок // Почвоведение. – 2002. – № 8. – С. 967-974.

43. Виноградов, А. П. Геохимия редких и рассеянных химических элементов в почвах. / А. П. Виноградов. – М.: Изд-во АН СССР, 1957. – 238 с.

44. Владыченский, А. С. Особенности горного почвообразования / А. С. Владыченский. – М.: Наука, 1998. – 190 с.

45. Владыченский, А. С. Природная и антропогенная дифференцияация почвенного покрова горных территорий / А. С. Владыченский; под ред. Б. Ф. Апарина // Материалы международной научной конференции «Пространственно-временная организация почвенного покрова: теоретические и прикладные аспекты». – Спб.: Издательский Дом СПБу, 2007. – С. 170-173.

46. Владыченский, А. С. Строение почвенного покрова высокогорий в горных системах суббореального и бореального поясов / А. С. Владыченский, Е. Г. Богомолов, О. Н. Абысова // Почвоведение. – 2004. – № 12. – С. 1519-1526.

47. Владыченский, А. С. Гумус горно-лесных почв северо-западного Кавказа / А. С. Владыченский, Е. М. Боровкова // Почвоведение. – 1986. – № 3. – С.73-80.

48. Владыченский, А. С. Минералогия и валовой состав почв троговых долин Хибинского горного массива / А. С. Владыченский, Н. О. Ковалева, Ю. М. Косарева, В. В. Иванов // Роль почв в биосфере. Тр. Ин-та экологического почвоведения МГУ имени М.В. Ломоносова. – М.: Изд-во ИЭП МГУ, 2006. – Вып. 7. – С. 134-151.

49. Водяницкий, Ю. Н. Энтропия как обобщающая характеристика валового химического состава почв / Ю. Н. Водяницкий // Почвоведение. – 1986. – № 11. – С. 105-110.

50. Водяницкий, Ю. Н. Образование оксидов железа в почве. / Ю. Н. Водяницкий. – М.: Почвенный ин-т имени В.В. Докучаева, 1992. – 273 с.

51. Водяницкий, Ю. Н. Действие дитионитсодержащих реактивов на минералы в почвах / Ю. Н. Водяницкий // Почвоведение. – 2002a. – № 5. – С. 552-563.

52. Водяницкий, Ю. Н. Химия и минералогия почвенного железа. / Ю. Н. Водяницкий. – М.: Почвенный институт им. В.В. Докучаева РАСХН, 2002b. – 236 с.

53. Водяницкий, Ю. Н. Тяжелые металлы и металлоиды в почвах. / Ю. Н. Водяницкий. – М.: ГНУ Почвенный институт им. В.В. Докучаева РАСХН, 2008. – 164 с.

54. Водяницкий, Ю. Н. Соединения железа и их роль в охране почв. / Ю. Н. Водяницкий. – М., ГНУ Почвенный институт им. В.В. Докучаева РАСХН, 2010. – 282 с.

55. Водяницкий, Ю. Н. Макро- и микроэлементы, включая редкие земли, в некоторых почвах острова Сахалин / Ю. Н. Водяницкий, Д. В. Манахов, Т. А. Савичев // Почвоведение. – 2015. – № 10. – С. 1210-1221.

56. Водяницкий, Ю. Н. Изучение некоторых почвенных процессы по цвету почв. / Ю. Н. Водяницкий, Л.Л. Шишов. – М.: ГНУ Почвенный институт им. В.В. Докучаева РАСХН, 2004. – 84 с.

57. Водяницкий, Ю. Н. Биогеохимия железа в переувлажненных почвах (аналитический обзор) / Ю. Н. Водяницкий, С. А. Шоба // Почвоведение. – 2013. – № 9. – С. 1047-1059.

58. Водяницкий, Ю. Н. Дискуссионные вопросы интерпретации результатов химической экстракции соединений железа из почв / Ю. Н. Водяницкий, С. А. Шоба // Почвоведение. – 2014. – № 6. – С. 697-704.

59. Волобуев, В. Р. Система почв мира. Академия наук Азербайджанской ССР. Институт почвоведения и агрохимии / В. Р. Волобуев. – Баку: Издательство «Элм», 1973. – 308 с.

60. Вологжанина, Т. В. Почвенно-географическое районирование и структура почвенного покрова Пермской области / Т. В. Вологжанина, Н.А. Москвитин, В. Ф. Бутенко // Научные основы повышения плодородия почв. Межвуз. сборник научных трудов. Пермь: Пермский СХИ, 1982. – С. 3-8.

61. Волокитин, М. П. Горно-луговые почвы центрального Кавказа и влияние растительности на их формирование / М. П. Волокитин // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. – 2012. – Т. 14. – № 5. – С. 36-44.

62. Воробьева, Г. А. Почва как летопись природных событий Прибайкалья: проблемы эволюции и классификации почв: монография. / Г. А. Воробьева. – Иркутск: Изд-во ИГУ, 2010. – 205 с.

63. Воронин, А. Д. К оценке величины внешней и внутренней удельных поверхностей твёрдой фазы почв по изотермам десорбции паров воды / А. Д. Воронин, В. Г. Витязев // Почвоведение. – 1971. – № 10. – С. 50-57.

64. Воронов, Г. А. Заповедник «Басеги» / Г. А. Воронов, В. Ф. Никулин, В. А. Акимов, С. В. Баландин / Заповедники Европейской части РСФСР. Часть 1. – М.: Мысль, 1988. – С. 248-264.

65. Ворончихина, Е. А. Опыт изучения воздействия тяжелых металлов на фитопатогенные процессы в природных резерватах (на примере заповедника «Басеги») / Е. А. Ворончихина, Е. А. Ларионова // Геоэкологические проблемы загрязнения окружающей среды тяжелыми металлами. 1-я Международная геоэкологическая конференция (Тула, 30-31 октября 2003г.). – Тула: 2003. – С. 383-388.

66. Воскресенский, С. С. Геоморфологическое районирование СССР и прилегающих территорий: учеб. пособие. / С. С. Воскресенский, О. К. Леонтьев, А. И. Спиридонов и др. – М.: Высшая школа, 1980. – 343 с.

67. Газаев, Х.-М. М. Оценка современного состояния почвенного покрова Верхнебалкарского ущелья / Х.-М. М. Газаев, Л. С. Мурзамуратова, Ф. А. Атабиева, Л. З. Жинжакова // Вестник ВГУ. Серия: География. Геоэкология. – 2020. – № 1. – С. 83-92.

68. Геология СССР. Т. XII. Пермская, Свердловская, Челябинская и Курганская области. Ч. 1. Геологическое описание. Кн. 1. – М.: Недра, 1969. – С. 124-132.

69. Герасимов, И. П. Бурые лесные почвы в СССР, Европейских странах и в США / И. П. Герасимов // Почвоведение. – 1959. – № 7. – С. 61-68.

70. Герасимов, И. П. О типах почв горных стран и вертикальной почвенной зональности / И. П. Герасимов // Почвоведение. – 1948. – № 11. – С. 661-669.

71. Герасимов, И. П. Нерешенные проблемы горного почвоведения / И. П. Герасимов // Тезисы докл. VI Делегатского ВОП. – Тбилиси, 1981. – Т. 4. – С. 97-98.

72. Герасимова, М. И. Географо-генетические аспекты красной книги почв России / И. П. Герасимов, М. Д. Богданова, Е. Д. Никитин // Вестник Московского университета. Серия 17. Почвоведение. – 2014. – № 2. – С. 3-8.

73. Главатских, Л. К. Минералогический состав горно-таежных почв северного Урала / Л. К. Главатских // Тр. Пермского ГСХИ им. акад. Д.Н. Прянишникова. – Пермь: Пермский СХИ, 1971. – С. 35-42.

74. Глазовская, М. А. Опыт классификации почв Мира по устойчивости к техногенным кислотным воздействиям / М. А. Глазовская // Почвоведение. – 1990. – № 9. – С 82-96.

75. Глазовская, М. А. Почвы мира: основные семейства и типы почв. / М. А. Глазовская. – М: Изд-во МГУ, 1972. – Т.1. – 234 с.

76. Глазовская, М.Л. Геохимия природных и техногенных ландшафтов СССР. / М. А. Глазовская. – М.: Высшая школа, 1988. – 328 с.

77. Гленсдорф, П. Термодинамическая теория структуры, устойчивости и флуктуаций. / П. Гленсдорф, И. Пригожин. – М.: Мир, 1973. – 273 с.

78. Годельман, Я. М. Неоднородность почвенного покрова и использование земель. / Я. М. Годельман. – М.: Наука, 1981. – 200 с.

79. Гольева, А. А. Микробиоморфные комплексы природных и антропогенных ландшафтов: генезис, география, информационная роль. / А. А. Гольева. – М.: УРСС, 2008. – 256 с.

80. Гольева, А. А. Фитолиты и их информационная роль в изучении природных и археологических объектов. / А. А. Гольева. – Москва – Сыктывкар : Элиста – Полтекс, 2001. – 140 с.

81. Гопп, Н. В. Трёхмерная визуализация поверхности земли и ГИС-технологии для моделирования и использования в почвоведении / Н. В. Гопп, В. В. Смирнов // Интерэкспо Гео-Сибирь. – 2005. – Т. 5. – С. 274-277.

82. Гопп, Н. В. Использование вегетационного индекса (NDVI) для оценки запасов надземной фитомассы тундровых сообществ растений / Н. В. Гопп, В. В. Смирнов // Материалы международного научного конгресса «Гео-Сибирь – 2009». – Новосибирск. – 2009. – Т. 4. – Ч. 2. – С. 187-191.

83. Горчаковский, П. Л. Растительный мир высокогорного Урала. / П. Л. Горчаковский. – М.: «Наука», 1975. – С. 13-67.

84. Горячкин, С. В. Исследование структуры, генезиса и эволюции почвенного покрова Европейского севера и его теоретико-методологические следствия / С. В. Горячкин; под ред. Б.Ф. Апарина // Материалы межд. научной конференции «Пространственно-временная организация почвенного покрова: теоретические и прикладные аспекты». – СПб.: Издательский дом С-Петербургского государственного университета, 2007. – С. 200-203.

85. Гофман, Е. К. Северный Урал и береговой хребет Пай-Хой. Исследования экспедиции Русского географического общества в 1847, 1848 и 1850 гг. / Е. К. Гофман. – СПб.: Акад. наук, 1856. – 318 с.

86. Градусов, Б. П. Структурно-минералогические аспекты процессов почвообразования и литогенеза в гумидных областях бореального и субтропическо-тропического поясов / Б. П. Градусов // Почвоведение. –2005. –№ 10. – С. 1174-1182.

87. Градобоев, Н. Д. Почвы лиственничных лесов Сибири (Алтай, Кузнецкий Алатау и Тува) / Н. Д. Градобоев // Труды по лесному хозяйству Сибири. Новосибирск, 1955. – Вып. 2. – С. 23-30.

88. Грибов, С. И. Оценка влияния факторов дифференциации на формирование структур почвенного покрова черноземных зон алтайских равнин и предгорных областей Алтая и зоны горно-лесных серых почв / С. И. Грибов // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. – 2012. – № 12 (98). – С. 50-53.

89. Грибов, С. И. Влияние условий рельефа на формирование разных типов почв оленьих пастбищ среднегорий Алтая / С. И. Грибов, Т. В. Фефелова // Приволжский научный вестник. – 2012. – № 3 (7). – С. 28-32.

90. Грибов, С. И. Количественная оценка влияния рельефа на формирование почв и структур почвенного покрова агроландшафтов алтайского приобья / С. И. Грибов, О. Н. Шторм // Вестник Алтайского ГАУ. – 2010. – № 1. – С. 31-35.

91. Гринберг, А. М. Исследование структур речных водосборов с применением дистанционных методов / А. М. Гринберг, А. Б. Качалин и др. // Изв. РАН. Сер. География. – 1994. – № 1 – С. 126-140.

92. Гынинова, А. Б. Микроморфологическая диагностика почвообразовательных процессов в почвах Еравнинской котловины Забайкалья / А. Б. Гынинова, Н. Б. Бадмаев // Вестник Бурятского государственного университета. Биология, география. – 2021. – № 2. – С. 15–30.

93. Дайнеко, Е. К. Анализ структуры почвенного и растительного покровов Казацкой степи Центрально-черноземного заповедника им. В.В. Алехина / Е. К. Дайнеко, Ю. Н. Нешатаев // Структура почвенного покрова и методы ее изучения. – М.: Труды Почв. института имени В.В. Докучаева, 1973. – С. 170-188.

94. Дайнеко, Е. К. Опыт применения информационно-логического анализа для выяснения взаимосвязей между факторами почвообразования и некоторыми морфологическими свойствами почв / Е. К. Дайнеко, В. М. Фридланд // Структура почвенного покрова, почвенные комбинации, их классификация и методы изучения. – М.: Ин-т географии АН СССР, 1969. – С. 56-57.

95. Двуреченский, В. Г. Использование показателей группового состава железа для генетической диагностики процессов почвообразования в эмбриоземах техногенных ландшафтов Кузбасса / В. Г. Двуреченский // Почвоведение и агрохимия. – 2010а. – № 2. – С. 12-22.

96. Двуреченский, В. Г. Использование показателей группового состава железа для генетической диагностики процессов почвообразования в техногенных ландшафтов / В. Г. Двуреченский // Сб. материалов Всероссийской научной конференции «Современные почвенные классификации и проблемы их региональной адаптации». – Владивосток: Мор. Гос. Универ-т, 2010б. – С. 177-181.

97. Двуреченский, В. Г. Географо-генетическая характеристика форм железа в эмбриоземах Кузбасса: автореферат дис. канд. биол. наук / В. Г. Двуреченский. – Новосибирск, 2011. – 19 с.

98. Дедков, В. С. Структура почвенного покрова как основа почвенного районирования западных предгорий Среднего Урала / В. С. Дедков, Т. С. Павлова // Серые лесные почвы Предуралья и их рациональное использование. – Свердловск: АН СССР, 1982. – С. 40-57.

99. Дергачева, М. И. Система гумусовых веществ почв / М. И. Дергачева. – Новосибирск: Наука. Сиб. отделение, 1989. – 110 с.

100. Дергачева, М. И. Разные подходы к диагностике и реконструкции природной среды по признакам педогенеза / М. И. Дергачева, И. Н. Феденева; под ред. А. В. Огородникова // Современные проблемы почвоведения в Сибири: Материалы Международной научной конф. – Томск: Томский госуд. университет, 2000. – Т. 1. – С. 163-166.

101. Добровольский, Г. В. Значение почв в сохранении биоразнообразия / Г. В. Добровольский // Почвоведение. – 1996. – № 6. – С. 694-698.

102. Добровольский, Г. В. Избранные труды. Т. 2: Генезис и география почв России и сопредельных стран / Г. В. Добровольский. – М.: Изд-во МГУ, 2005. – 466 с.

103. Добровольский, Г. В. Сохранение почв как незаменимого компонента биосферы. Функционально-экологический подход. / Г. В. Добровольский, Е. Д. Никитин. – М.: Наука МАИК Наука Интерпериодика, 2000. – 185 с.

104. Добровольский, Г. В. Скорость разложения лесных подстилок южно-таежных ельников / Г. В. Добровольский, С. Я. Трофимов, Е. И. Дорофеева, А. В. Лузиков, К. А. Гей // Лесоведение. – 1999. – № 1. – С. 3-9.

105. Добровольский, Г. В. Педосфера – оболочка жизни планеты Земля / Г. В. Добровольский // Биосфера. – 2009. – Том 1. – № 1. – С. 6-14.

106. Добровольский, Г. В. Почвенный покров охраняемых территорий. Состояние, степень изученности, организация исследований / Г. В. Добровольский, О. В. Чернова, Е. П. Быкова, Н. П. Матехина // Почвоведение. – 2003. – № 6. – С. 645-654.

107. Доклад Конференции Организации Объединенных Наций по окружающей среде и развитию. Рио-де-Жанейро, 3-14 июня 1992 года. – Нью-Йорк: ООН, 1993. – Т.1. – 520 с. https://undocs.org/ru/A/CONF.151/26/Rev.1%28Vol.I%29.

108. Докучаев, В. В. Избранные сочинения: в 3 т. / В. В. Докучаев. – М. : Сельхозгиз, 1949. – Т. 3. – 444 с.

109. Докучаев, В. В. Избранные сочинения / В. В. Докучаев. – М.: Сельхозгиз, 1954. – 708 с.

110. Докучаев, В. В. К учению о зонах природы. Горизонтальная и вертикальная почвенные зоны / В. В. Докучаев. – Спб: типография Спб. Градоначальства, Миллионная, 1898. – 29 с.

111. Дружинина, О. А. Результаты геохимических исследований культурного слоя археологического памятника Рядино-5 / О. А. Дружинина // Вестник Балтийского федерального университета им. И. Канта. – 2012. – Вып. 1. – С. 29-33.

112.Дуб, С. А. Геохимические индикаторы фациальных и геодинамических обстановок карбонатного осадконакопления на востоке Среднего Урала в кизеловское время / С. А. Дуб, Г. А. Мизенс // Вестник Пермского университета. – 2017. – Т. 16. – № 4. – С. 330-339.

113.Дымов, А. А. Пирогенные изменения подзолов иллювиально-железистых (средняя тайга, республика Коми) / А. А. Дымов, Ю. А. Дубровский, Д. Н. Габов // Почвоведение. – 2014. – № 2. – С. 144-154.

114.Дымов, А. А. Морфолого-генетические особенности почв Кряжа Енганэпэ (Полярный Урал) / А. А. Дымов, Е. В. Жангуров // Почвоведение. – № 5. – 2011. – С. 515-524.

115.Дьяконова, О. Б. Эволюция литогенеза рифейских отложений юга Камско-Бельского авлакогена: автореферат дис. на соиск. уч. степени кандидата геолого-минералогических наук / О. Б. Дьяконова. – Казань, 2009. – 24 с.

116.Единый государственный реестр почвенных ресурсов России. Версия 1.0. Коллективная монография. – М.: Почвенный ин-т им. В.В. Докучаева Россельхозакадемии, 2014. – 768 с.

117.Ерёмченко, О. З. О редких и исчезающих почвах Пермского края // Антропогенная динамика природной среды / О. З. Ерёмченко. – Пермь: ПГУ, 2010. – Т. 3. – С. 298-303.

118.Ерёмченко, О. З. Почвы – претенденты на включение в Красную книгу почв Пермского края / О. З. Ерёмченко, О. А. Скрябина // Проблемы Красных книг регионов России. – Пермь, 2006. – С. 90-93.

119.Ерёмченко, О. З. Редкие и исчезающие почвы Пермского края / О. З. Ерёмченко, Т. Г. Филькин, И. Е. Шестаков. – Пермь: Пермское книжное издательство, 2010. – 92 с.

120.Ермолаев, О. П. Автоматизированное построение границ бассейновых геосистем для Приволжского федерального округа / О. П. Ермолаев, К. А. Мальцев, М. А. Иванов // География и природные ресурсы. – 2014. – № 3. – С. 33-39.

121.Ершов, Ю. И. Географо-генетическая систематизация и характеристика почв Субарктики Средней Сибири / Ю. И. Ершов // География и природные ресурсы. – 1994. – № 1. – С. 117-124.

122.Жангуров, Е. В. Эколого-генетические особенности формирования торфяных почв горной ландшафтной зоны Северного Урала (Печоро-Илычский заповедник) / Е. В. Жангуров, Ю. А. Дубровский, С. В. Дегтева, А. А. Дымов // Лесоведение. – 2017. – № 2. – С. 94-101.

123.Жангуров, Е. В. Характеристика почв и растительного покрова высотных поясов хребта Малды-Нырд (Приполярный Урал) / Е. В. Жангуров, Ю. А. Дубровский, А. А. Дымов // Известия Коми научного центра УрО РАН. – Сыктывкар, 2012. – Вып. 4 (12). – С. 40-48.

124.Забоева, И. В. Почвы и земельные ресурсы Коми АССР / И. В. Забоева. – Сыктывкар: Коми книжное издательство, 1975. – 344 с.

125.Забураева, Х. Ш. Роль особо охраняемых природных территорий в развитии горных территорий (на примере северо-восточного Кавказа) / Х. Ш. Забураева; научные редакторы: И. А. Керимов, А. Н. Гуня, В. А. Широкова // Устойчивое развитие горных территорий Кавказа: коллективная монография. – М.: ИИЕТ РАН, 2019. – Т.2. – С. 406-414.

126.Зайцева, Т. Ф. Буферность почв и вопросы диагностики / Т. Ф. Зайцева // Известия СО АН СССР. Серия биол. науки. – 1987. – № 14. – Вып. 2. – С. 69-80.

127.Захаров, С. А. К характеристике высокогорных почв Кавказа / С. А. Захаров // Изв. Константиновского межевого института. – 1914. – Вып. 5. – 368 с.

128.Захаров, С. А. Почвоведение / С. А. Захаров. – Тифлис: Политехнический институт, 1924. – 231 с.

129.Захаров, С. А. Краткий предварительный почвенно-географический очерк бывшей Ставропольской губернии / С. А. Захаров. – Ставрополь, 1926. – С. 21-40.

130.Захаров, С. А. Вертикальная зональность почв на Кавказе / С. А. Захаров // Почвоведение. – 1934. – № 6. – С. 795-823.

131.Захаров, С.А. Почвы горных районов СССР / С. А. Захаров // Почвоведение. – 1937. – № 6. – С. 810-848.

132.Захаров, С. А. О некоторых спорных вопросах горного почвоведения / С. А. Захаров // Почвоведение. – 1948. – № 6. – С. 347-356.

133.Золотарев, А. Г. Периорогенные зоны территории Советского Союза / А. Г. Золотарев // География и природные ресурсы. – 1985. – № 3. – С. 3-14.

134.Зонн, С. В. Буроземообразование и псевдооподзоливание и подзолообразование / С. В. Зонн // Почвоведение. – 1966. – № 7. – С. 5-14.

135.Зонн, С. В. Особенности аллитного почвообразования на островах Приморья и Дальнего Востока / С. В. Зонн // Изучение и освоение природной среды. – М.: Наука, 1976. – С. 125-137.

136.Зонн, С. В. Железо в почвах / С. В. Зонн. – М.: Наука, 1982. – 208 с.

137.Зонн, С. В. Краткий почвенно-географический очерк Кабардинской АССР / С. В. Зонн, И. П. Герасимов. – М., Л.: Изд-во АН СССР, 1946. – С. 325-362.

138.Зонн, С. В. О группах и формах железа как показателя генетических различий почв / С. В. Зонн, А. Н. Ерошкина, Л. А. Карманова // Почвоведение. – 1976. – № 10. – С. 145-158.

139.Зонн, С. В. Методы определения несиликатных форм железа в почвах / С. В. Зонн, С. В. Рукака // Почвоведение. – 1978. – № 2. – С. 89-101.

140.Иванова, Е. Н. Почвы Урала / Е. Н. Иванова // Почвоведение. – 1947. – № 4. – С. 213-227.

141.Иванова, Е. Н. Горно-лесные почвы Среднего Урала / Е. Н. Иванова // Труды Почвенного ин-та АН СССР. – 1949. – Т. 30. – С. 168-193.

142.Ивлев, А. М. Особенности генезиса и биогеохимии почв Сахалина / А. М. Ивлев. – М.: Наука, 1977. – 142 с.

143.Изменение климата, 2001 г. 3-й доклад об оценке Межправительственной группы экспертов по изменению климата. – Норвегия : ЮНЕП/ГРИД Арсенал, 2003. – 220 с.

144.Ильина, Л. С. Аэральный привнос минеральных веществ в лесные почвы Сихотэ-Алиня / Л. С. Ильина, Г. А. Кринари, Л. О. Карпачевский, В. П. Морозов // Почвоведение. – 1993. – № 3. – С. 5-13.

145.К 20-летию саммита ООН в Рио-де-Жанейро и 10-летию горного саммита в Бишкеке // Устойчивое развитие горных территорий. – 2010. – № 3(5). – С. 14-21.

146.Калинин, П. И. Лессово-почвенные комплексы плейстоцена и палеопочвы голоцена юго-востока Русской равнины: автореф. дис … кандидата геолого-минералогических наук / П. И. Калинин. – Воронеж, ВГУ. 2009. – 24 с.

147.Калинин, П. И. Применение геохимических коэффициентов для исследования подкурганных палеопочв / П. И. Калинин // Материалы Всероссийской научной конференции по археологическому почвоведению. – Пущино : ин-т физ.-хим. и биол. проблем почвоведения РАН, 2014. – С. 120-123.

148.Калинин, П. И. Количественные климатические реконструкции плейстоцена на основе изучения лёссово-почвенного комплекса «Семибалки-2» (Приазовье) / П. И. Калинин, А. О. Алексеев, И. Ю. Кудреватых, И. М. Вагапов // Вестник ВГУ: серия Геология. – 2016. – № 2. – С. 22-30.

149.Калласс, Е. В. Гумусовые профили почв экотона тайга-степь Западной Сибири / Е. В. Калласс, М. И. Дергачева. – Томск-Новосибирск: ООО Окраина, 2011. – 127 с.

150.Калюжная, И. Ю. Опыт использования картографических методов и ГИС в проектировании биосферного резервата «Эльтонский» / И. Ю. Калюжная, Н. С. Калюжная, Х. Дж. Л. Леумменс // ИнтерКарто. ИнтерГИС. Геоинформационное обеспечение устойчивого развития территорий: Материалы Международной конференции. – М.: Издательство Московского университета, 2019. – Т. 25. – Ч. 1. – С. 337-351.

151.Канивец, В. И. Групповой и фракционный состав гумуса как показатель типа почвообразования в регионе Украинских Карпат / В. И. Канивец, Л. М. Миронова // Почвоведение. – 1973. – № 3. – С. 34-41.

152.Канисев, Г. Н. О горно-лесных примитивно-аккумулятивных почвах западного склона Среднего Урала / Г. Н. Канисев // Вопросы почвоведения и агрохимии. Тр. Пермского СХИ. – Пермь: ПСХИ, 1964. – Т. 22. – С. 175-188.

153.Карманова, Л. А. Общие закономерности соотношения и распределения форм железа в основных генетических типах почв / Л. А. Карманова // Почвоведение. – 1978. – № 7. – С. 49-62.

154.Карминов, В. Н. Методы численной классификации в почвенных исследованиях / В. Н. Карминов, О. В. Мартыненко // Лесной вестник. – 2007. – № 7. – С. 76-77.

155.Карпачевский, Л. О. Пестрота почвенного покрова в лесном биогеоценозе / Л. О. Карпачевский. – М.: МГУ, 1977. – 312 с.

156.Карпачевский, Л.О. Почвообразование в горах Сихотэ-Алиня / Л. О. Карпачевский. – М.: ГЕОС, 2012. – 138 с.

157.Карпачевский, Л. О. Почвы Камчатки / Л. О. Карпачевский, И. О. Алябьина, Л. В. Захарихина, А. О. Макеев, М. С. Меречек, А. Ю. Радюкин, С. А. Шоба. – М.: ГЕОС, 2009. – 224 с.

158.Карпачевский, Л. О. Почвенный покров в лесных экосистемах / Л. О. Карпачевский, Т. А. Зубкова, Р. Н. Руденко; под ред. Б. Ф. Апарина // Пространственно-временная организация почвенного покрова: теоретические и прикладные аспекты. – СПБ: Издательский дом СПбГУ, 2007. – С. 233-239.

159.Карпачевский, М. Л. Соотношение литогенных и ценогенетических факторов при формировании бурых лесных почв Среднего Урала / М. Л. Карпачевский, Е. М. Шевченко // Почвоведение. – 1997. – № 1. – С. 22-30.

160.Качинский, Н. А. Механический и микроагрегатный состав почвы и методы его изучения / Н.А. Качинский. – М.: АН СССР, 1958. – 190 с.

161.Кащавцева, А. Ю. Моделирование речных бассейнов средствами ArcGIS 9.3 / А. Ю. Кашавцева, В. Д. Шипулин // Ученые записки Таврического национального университета. Серия «География». – 2011. – Т. 24 (63). – № 3. – С. 85-92.

162.Келдыш, Л. В. Таммовские состояния и физика поверхности твердого тела / Л. В. Келдыш // Природа. – 1985. – № 9. – С. 17-33.

163.Кетрис, М. П. Петрохимическая характеристика терригенных пород // Ежегодник-1974 / Ин-т геологии Коми филиала АН СССР. – Москва : ВИНИТИ, 1976. – С. 32-38.

164.Классификация и диагностика почв России / Авторы и составители: Л.Л. Шишов, В.Д. Тонконогов. И.И. Лебедева, М.И. Герасимова. – Смоленск: Ойкумена. 2004. – 342 с.

165.Классификация и диагностика почв СССР. – М., «Колос», 1977. –223 с.

166.Климат и гидрография заповедника «Басеги». [Электронный ресурс]: официальный сайт заповедника «Басеги». URL.: http//www.basegi.ru/o-zapovednike/prirodnye-isloviya/klimat-i-gidrografiya (дата обращения 06.02.2016).

167.Климентьев, А. И. Научно-правовые аспекты Красной книги почв / А. И. Климентьев, В. Ф. Куксанов, Е. В. Куксанова // Почвоведение. – 2014. – № 4. – С. 507-512.

168.Ковалев, И. В. Железо в агросерых почвах Брянского ополья / И. В. Ковалев, Н. О. Ковалева // Роль почв в биосфере: Тр. Ин-та эколог. почв-я МГУ. – М.: МАКС Пресс, 2012. – Вып. 12. – С. 78-94.

169.Ковалев, И. В. Соединения железа в серых гидроморфных почвах / И. В. Ковалев, И. В. Сарычева // Вестн. Моск. Ун-та. Сер. 17. Почвоведение. – 2007. № 2. – С. 30-36.

170.Ковалева, Н. О. Горные почвы как архив палеоэкологической информации / Н. О. Ковалева // Почвы в биосфере и жизни человека. – М.: ФГБОУ ВПО МГУЛ, 2012. – С. 135-182.

171.Ковда, В. А. Основы учения о почвах / В. А. Ковда. – М.: Наука, 1973. – Т. 1. – 447 с. – Т. 2. – 468 с.

172.Козлова, А. А. Содержание различных форм железа в почвах южного Предбайкалья / Козлова А. А., Халбаев В. Л. и др // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. – 2014. – № 5. – С. 56-61. – Электрон. версия печат. публ. – Доступ из науч. электрон. б-ки „eLIBRARY.RU“. URL: www.rae.ru/upfs/?section=content&op=show_article&article_id =5336 (дата обращения: 29.09.2014).

173.Козловский, Ф. И. Пути и перспективы дальнейшего развития концепции структуры почвенного покрова / Ф. И. Козловский // Почвоведение. – 1992. – № 4. – С. 5-13.

174.Козловский, Ф. И. Современное состояние и пути развития теории структуры почвенного покрова / Ф. И. Козловский, С. В. Горячкин // Почвоведение. – 1993. – №7. – С. 31-43.

175.Кокотов, Ю. А. О количественном описании почвенной кислотности / Ю. А. Кокотов // Почвоведение. – 1981. – № 11. – С. 37-49.

176.Кокотов, Ю. А. Анализ показателей кислотности почвенного профиля и их связи с процессом почвообразования / Ю. А. Кокотов, Е. Ю. Сухачева, Б. Ф. Апарин // Почвоведение. – 2016. – № 1 – С. 3-10.

177.Кокотов, Ю. А. Поле кислотности, как ионообменных систем, и диагностика генетических горизонтов / Ю. А. Кокотов, Е. Ю. Сухачева, Б. Ф. Апарин // Почвоведение. – 2014. – № 12. – С. 1448-1459.

178.Кондратьева, М. А. Картографическая изученность почв от Пермской губернии до Пермского края / М. А. Кондратьева, Н. В. Бажукова; отв. ред. С.В. Пьянков // От карты прошлого – к карте будущего: сб. науч. тр.: в 3 т. – Пермь : ПГНИУ, 2017. – Т. 1. – С. 144-156.

179.Кондратьева, М. А. Буферность горных почв к кислотному воздействию / М. А. Кондратьева, И. А. Самофалова, А. А. Соболева, Н. В. Соколова // Современные методы исследований почв и почвенного покрова. Материалы Всероссийской конференции с международным участием. Москва, 9–11 ноября 2015. – М.: Почвенный ин-т им. В.В. Докучаева, 2015. – С. 179-182.

180.Коновалова. М. Е. Сопряженность признаков рельефа и типов леса в горных условиях / М. Е. Коновалова, Г. Б. Кофман, А. Е. Коновалова // География и природ. Ресурсы. – 2015. – № 2. – С. 177-182.

181.Координация экомониторинга в ООПТ // Сборник научных трудов. – Екатеринбург: Изд. «Екатеринбург», 2000. – 252 с.

182.Копосов, Г. Ф. Численные методы выделения типов почв лесостепи / Г. Ф. Копосов, А. А. Валеева // Бюллетень Почвенного института им. В.В. Докучаева. – 2015. – Вып. 79. – С. 73-90.

183.Копцик, Г. Н. Кислотность и катионообменные свойства почв лесных экосистем национального парка «Русский север» / Г. Н. Копцик, С. Ю. Ливанцова // Почвоведение. – 2003. – № 6. – С. 670-681.

184.Копылов, И. С. Геоморфологические ландшафты как основа геоэкологического районирования / И. С. Копылов, Б. С. Лунев, О. Б. Наумова, А. В. Маклашин // Фундаментальные исследования. – 2014. – № 11-10. – С. 2196-2201. – Электрон. версия печат. публ. – Доступ из науч. электрон. б-ки „eLIBRARY.RU“. URL: http://www.fundamental-research.ru/ru/article/view?id=35918 (дата обращения: 20.02.2020).

185.Копылов, И. С. Особенности геохимических полей и литогеохимические аномальные зоны Западного Урала и Приуралья / И. С. Копылов // Вестник Пермского университета. Геология. – 2011. – Вып. 1 (10). – С. 26-37.

186.Копылов, И. С. Региональный ландшафтно-литогеохимический и геодинамический анализ: монография / И. С. Копылов. – Saarbrucken, Germany : LAP LAMBERT Academic Publishing, 2012. – 152 с.

187.Коробова, Н. Л. Характеристика кислотно-основного состояния подзолистых почв Центрально-лесного государственного биосферного заповедника: автореф. дис… доктора биологических наук / Н. Л. Коробова. – Москва, 1996. – 33 с.

188.Коротаев, Н. Я. Почвы Пермской области / Н. Я. Коротаев. – Пермь : Кн. изд-во, 1962. – С. 247-268.

189.Корытный, Л. М. Бассейновая концепция в природопользовании / Л. М. Корытный. – Иркутск: Изд-во Ин-та географии СО РАН, 2001. – 163 с.

190.Корытный, Л. М. Бассейновая концепция: от гидрологии к природопользованию / Л. М. Корытный // География и природные ресурсы. –2017. – № 21. – С. 5-16.

191.Корытный, Л. М. Бассейновый подход в географии / Л. М. Корытный // География и природные ресурсы. – 1991. – № 1. – С. 161-166.

192.Коснырева, М. В. Разработка комплекса геофизических методов для решения прикладных задач почвенного картирования: автореф. дис... к. г-м. наук / М. В. Коснырева – М., 2007. – 22 с.

193.Котляков, В. М. Развитие горных регионов России: к 20-летию Саммита ООН в Рио-де-Жанейро и 10-летию Горного Саммита в Бишкеке / В. М. Котляков, Ю. П. Баденков // Устойчивое развитие горных территорий. – 2010. – Т. 2. – № 3. – С. 14-21.

194.Кошовская, О. С. Кислотность почв ландшафтов Северного Сихотэ-Алиня / О. С. Кошовская // Труды второй международной научно-практической конференции молодых ученых «Индикация состояния окружающей среды»: сборник статей. – М.: ООО Буки-Веди, 2013. – 480 с.

195.Краснощеков, Ю. Н. Структура вертикальной почвенной поясности и почвы лесных ландшафтов Северной Монголии / Ю. Н. Краснощеков // Почвоведение. – 1996. – №4. – С. 401-410.

196.Краснощеков, Ю. Н. Почвенный покров горных лесов Восточного Прихубсугулья в Монголии / Ю. Н. Краснощеков // Почвоведение. – 2008. – № 7. – С.793-804.

197.Краснощеков, Ю. Н. Структура почвенного покрова горных лесов Хэнтэйского нагорья в Монголии / Ю. Н. Краснощеков // Вестник КрасГАУ. – 2013. – №12. – С. 77-82.

198.Крупенников, И. А. Вертикальная дифференциация почв как проявление количественных связей между высотой местности и почвообразованием / И. А. Крупенников, А. К. Родина, М. Д. Волощук // Вопросы исследования и использования почв Молдавии. – Кишинев, 1969. – Сб. 5. – С. 11-20.

199.Крыщенко, В. С. Универсальная матрица структурной организации почвенно-топографических рядов / В. С. Крыщенко // Почвоведение. – 1991. – № 5. – С. 15-27.

200.Крыщенко, В. С. Структурная организация почвенного покрова горной территории Северного Кавказа / В. С. Крыщенко, Э. Н. Молчанов // Известия Северо-Кавказского научного центра ВШ. – 1991. – № 3. – С. 28-35.

201.Крыщенко, В. С. Матричная закономерность в топографии почв / В. С. Крыщенко, А. П. Самохин. – Ростов н/Д: Изд-во ЮФУ, 2008. – 320 с.

202.Кузьмин, В. А. Содержание и соотношение форм железа в автоморфных почвах Станового нагорья / В. А. Кузьмин, Л. Г. Чернегова // Почвоведение. – 1978. – № 11. – С. 5-12.

203.Кузьмин, С. Б. Определение высотной поясности Западного Прибайкалья на основе анализа рельефа и дендрофлоры / С. Б. Кузьмин, С. И. Шаманова, С. Г. Казановский // География и природные ресурсы. – 2012. – № 4. – С. 137-149.

204.Кулижский, С. П. Геохимическая дифференциация почв котловины озера Шира / С. П. Кулижский, А. В. Родикова // Вестник Томского государственного университета. Биология. – 2009. – № 3 (7). – С. 103-108.

205.Лаптева, Е. М. Почвы и почвенный покров Печоро-Илычского заповедника / Е. М. Лаптева, С. В. Дегтева, Е. В. Жангуров, Ю. А. Дубровский, А. А. Дымов, Ю. В. Холопов // Современное состояние и перспективы развития сети особо охраняемых природных территорий Европейского Севера и Урала: Материалы докладов Всероссийской научно-практической конференции. – Сыктывкар: Институт биологии Коми научного центра Уральского отделения РАН, 2015. – С. 302-306.

206.Ларионова, Е. А. Тяжелые металлы в горно-таежных ландшафтах (на примере заповедников «Басеги» и «Вишерский»): автореф. дис… канд. геогр. наук / Е. А. Ларионова. – Пермь : Перм. гос. ун.т, 2004. – 24 с.

207.Ларионова, Е. А. Влияние техногенного загрязнения на заповедные территории Пермской области / Е. А. Ларионова, Е. А. Ворончихина; отв. ред. В. В. Ермаков // Геохимическая экология и биогеохимическое изучение таксонов биосферы: Материалы четвертой Российской биогеохимической школы (3-6 сентября 2003 г.).– М.: Наука, 2003. – С. 149-150.

208.Летопись Природы «Заповедник «Басеги». – Гремячинск, 1987. – 267 с.

209.Летопись природы «Заповедник «Басеги». – Гремячинск, 1997. – 180 с.

210.Летопись природы заповедника «Басеги». – Гремячинск, 2000. – 232 с.

211.Летопись природы заповедника «Басеги». – Гремячинск, 2010. – 329 с.

212.Летопись Природы: Изучение естественных процессов, протекающих в природных комплексах заповедника «Вишерский», выявление взаимосвязей между составляющими их компонентами / Под общ. Ред. В. В. Семенова. – Красновишерск: ГПЗ «Вишерский», 2015. – Книга 21. – 191 с.

213.Леушина, Н. Р. Основные климатические показатели по метеопосту Коростелевка заповедника «Басеги» / Н. Р. Леушина // Природа Басег: 30 лет охраны и научных исследований: сборник статей, посвященный 30-летию заповедника «Басеги»: Труды ГПЗ «Басеги».– Пермь: Изд. Богатырев П.Г., 2012. – Вып. 2. – С. 61-71.

214.Ливеровский, Ю. А. К географии и генезису бурых лесных почв / Ю. А. Ливеровский // Вопросы генезиса и географии почв : Тр. Почвен. ин-та АН СССР. – 1948. – Т. 27. – С. 109-132.

215.Ливеровский, Ю. А. Зональность почвенного покрова предгорных территорий / Ю. А. Ливеровский, Э. А. Корнблюм // Изв. АН СССР. Сер. Географ. – 1960. – № 3. – С. 34-41.

216.Лисецкий, Ф. Н. Хроноряды почв и структура Красной книги почв Крыма / Ф. Н. Лисецкий, О. А. Маринина; отв. ред. И. В. Костенко // Красная книга почв и ее значение для охраны почвенного покрова: Материалы Всероссийской научной конференции, октябрь 2015. Никитский ботанический сад – Национальный научный центр. – Симферополь: ИТ «АРИАЛ», 2015. – С. 110-114.

217.Лобанова, Е. С. Высокомагнитные соединения и тяжелые металлы в почвах г. Перми / Е. С. Лобанова // Экология: проблемы и решения: материалы XVI науч.-прак. конф. студентов, аспирантов и молодых ученых (18-19 апр. 2008г., П. Перм. Ун-т.). – Пермь : Пермский гос. ун-т, 2008. – С. 133.

218.Лопатовская, О. А. Педогалогеохимические и эколого-мелиоративные особенности почв в долине реки Куды / О. А. Лопатовская // Вестник Иркутского государственного технического университета. – 2006. – Вып. 1 (25). – С. 120-126.

219.Лопатовская, О. А. Особенности педогалогенеза эколого-мелиоративных комплексов Западного Прибайкалья: автореф. дис... на соиск. д. б. н. / О. А. Лопатовская. – Иркутск, 2019. – 43 с.

220.Лоскутова, Н. М. Басеги – страна заповедная / Н. М. Лоскутова. – Пермь: Изд-во «Курсив», 2003. – 180 с.

221.Лузянина, О. А. Эволюция почвенного покрова заповедника «Басеги» в голоцене (Западный макросклон Среднего Урала): диссертация на соискание уч. ст. канд. биологических наук / О. А. Лузянина. – М.: ФГБОУ ВО МГУ имени М.В. Ломоносова, 2016. – 172 с.

222.Лузянина, О. А. Мониторинг гумусного состояния почв (на примере заповедника «Басеги») / О. А. Лузянина, И. А. Самофалова // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. – 2013. – Т. 15. – № 3(4). – С. 1349-1353.

223.Лузянина, О. А. Состояние почвенного покрова вдоль экологической тропы «К вершине Северного Басега» (заповедник «Басеги», Средний Урал) / О. А. Лузянина, И. А. Самофалова, Н. О. Ковалева; отв. ред. И. В. Костенко // Красная книга почв и ее значение для охраны почвенного покрова: Материалы Всероссийской научной конференции 20–23 октября 2015 г. Никитский ботанический сад – Национальный научный центр. – Симферополь: ИТ «АРИАЛ», 2015. – С. 114-117.

224.Лукшин, А. А. Магнитная восприимчивость основных типов почв Удмуртской АССР / А. А. Лукшин, Т. И. Румянцева, В. П. Ковриго // Почвоведение. – 1968. – № 1. – С. 93-97.

225.Луценко, Т. Н. Растворенное органическое вещество лизиметрических вод горно-лесных почв Южного Сихотэ-Алиня / Т. Н. Луценко, В. С. Аржанова, С. Ю. Братская // Почвоведение. – 2014. – № 6. – С. 705-715.

226.Любченко, О. В. Арктические заповедники как резерваты природного и почвенно-генетического разнообразия / О. В. Любченко, Т. Ю. Ливеровская; отв. ред. И. В. Костенко // Красная книга почв и ее значение для охраны почвенного покрова: Материалы Всероссийской научной конференции 20–23 октября 2015 г. Никитский ботанический сад – Национальный научный центр. – Симферополь: ИТ «АРИАЛ», 2015. – С. 34-38.

227.Лютин, А. А. К географии почв северо-восточной части Вишерского бассейна / А. А. Лютин, Л. К. Главатских, Е. М. Каменских // Доклады Пятого Всеуральского совещания по вопросам географии и охраны природы Урала. – Пермь, 1959. – 13 с.

228.Мамытов, А. М. Особенности почвообразования и свойств горных почв Тань-Шаня / А. М. Мамытов. – Фрунзе: Илим, 1980. – 164 с.

229.Масленникова, А. В. Геохимические индикаторы условий голоценового седиментогенеза на Урале [Электронный ресурс] / А. В. Масленникова, В. В. Дерягин // http://lib.znate.ru/docs/index-261809.html (дата обращения 23.12.16).

230.Матинян, Н. Н. Формы железа и алюминия во временно переувлажненных почвах таежной зоны / Н. Н. Матинян, Ю. С. Точельников, Н. Б. Хитров // Почвоведение. – 1980. – № 7. – С. 58-65.

231.Маунг Вин Хтин. Формы железа и их значение для диагностики почв Бирмы: автореф. дис... на соискание уч. ст. к. с.-х. н. / Маунг Вин Хтин – М., 1970. – 23 с.

232.Методические указания по ландшафтным исследованиям для сельскохозяйственных целей / Ред. Г.И. Швебс, П.Г. Шищенко. – М.: Изд-во ВАСХНИЛ, 1990. – 58 с.

233.Мигдисов, А. А. О соотношении титана и алюминия в осадочных породах / А. А. Мигдисов // Геохимия. – 1960. – № 2. – С. 149-163.

234.Минеев, А. Л. Геоэкологическое районирование территории Архангельской области с использованием цифровых моделей рельефа и ГИС-технологий / А. Л. Минеев, Ю. Г. Кутинов, З. Б. Чистова, Е. В. Полякова // Пространство и Время. – 2017. – № 2-3-4. – С. 267-288.

235.Минюк, П. С. Геохимические индикаторы седиментационных и постседиментационных событий в озерах северо-востока России / П. С. Минюк, В. Я. Борходоев // Осадочные бассейны, седиментационные и постседиментационные процессы в геологической истории : сборник материалов VII Всероссийского литологического совещания (28-31 октября 2013; Новосибирск). – Новосибирск, 2013. – С. 282-285.

236.Михайлов, Д. Я. Специфические черты горного почвообразования в Северном Тянь-Шане / Д. Я. Михайлов, Н. С. Козлов // Тр. Киргизск.. СХИ, сер. экон. и агрон. – 1961. – Т. 1. – Вып. 2. – С. 78-112.

237.Михайлова, Р. П. Бурые грубогумусные ненасыщенные почвы Урала / Р. П. Михайлова // Труды Почвенного института им. В.В. Докучаева. – 1977. – С. 87-142.

238.Михайлова, Р. П. Бурые грубогумусные почвы средней тайги Урала (свойства, генезис, классификационное положение): автореф. дис. на соискание ученой степени к. с.-х.н. / Р. П. Михайлова. – М.: 1975. – 41 с.

239. Михайлова, Р. П. Микроморфологические и химические особенности бурых грубогумусных почв центрально-горной полосы Среднего Урала / Р. П. Михайлова // Почвоведение. – 1976. – № 6. – С. 10-15.

240. Михайлова, Р. П. Некоторые особенности почвообразования в центрально-горной части среднетаежной подзоны Среднего Урала / Р. П. Михайлова // Тезисы докладов на региональном совещании почвоведов северо- и среднетаёжной подзоны Европейской части СССР. – Петрозаводск, 1968. – С. 45-47.

241. Михайлова, Р. П. Химико-минералогический состав илистых фракций некоторых горных среднетаежных почв Урала / Р. П. Михайлова, Б. П. Градусов // Почвоведение. – 1969. – № 6. – С. 96-107.

242. Михеева, И. В. Вероятностно-статистическая оценка устойчивости и изменчивости природных объектов при современных процессах (на примере каштановых почв Кулундинской степи) / И. В. Михеева. – Новосибирск: Изд-во СО РАН, 2005. – 103 с.

243. Михеева, И. В. Вероятностно-статистические модели свойств почв / И. В. Михеева. – Новосибирск: Изд-во СО РАН, 2001. – 200 с.

244. Михеева, И. В. Вероятностно-статистические подходы к изучению почвенного покрова и его изменений во времени / И. В. Михеева; под. ред. Б.Ф. Апарина // Материалы межд. науч. конф. «Пространственно-временная организация почвенного покрова: теоретические и прикладные аспекты». – СПб.: Изд. дом С.-Петербургского государственного университета, 2007. – С. 71-74.

245. Михеева, И. В. Изменение вероятностных распределений фракций гранулометрического состава каштановых почв Кулудинской степи под воздействием природных и антропогенных факторов / И. В. Михеева // Почвоведение. – 2010. – №12. – С. 1456-1467.

246. Михеева, И. В. Статистическая энтропия как критерий оценки эволюции и динамики почвенного покрова / И. В. Михеева // Сибирский экологический журнал. – 2004. – Т. 11. – № 3. – С. 445-454.

247. Михеева, И. В. Статистическая характеристика «формулы» гранулометрического состава / И. В. Михеева, Е. Д. Кузьмина // Почвоведение. – 2000. – № 7. – С. 818-828.

248. Молчанов, Э. Н. К проблеме почвенно-географического районирования горной части Северного Кавказа / Э. Н. Молчанов // Почвоведение. – 1991. – №5. – С. 5-18.

249. Молчанов, Э.Н. Структура почвенного покрова гор Северного Кавказа / Э. Н. Молчанов // Почвоведение. – 1999. – № 7. – С. 816-827.

250. Молчанов, Э.Н. Формирование горно-луговых черноземовидных почв высокогорий / Э. Н. Молчанов // Почвоведение. – 2008. – № 12. – С. 1438-1452.

251. Молчанов, Э. Н. Горные лугово-степные почвы / Э. Н. Молчанов // Почвоведение. – 2009. – № 6. – С. 638-647.

252. Молчанов, Э. Н. Горно-луговые почвы высокогорий Западного Кавказа / Э. Н. Молчанов // Почвоведение. – 2010. – № 12. – С. 1433-1448.

253. Мониторинг территории Дарвинского государственного природного биосферного заповедника / Н. А. Орлянский // Агрохимический вестник. – 2010. – №4. – С. 5-7.

254. Мотузова, Г. В. Природа буферности почв к внешним воздействиям / Г. В. Мотузова // Почвоведение. 1994. № 4. С. 46-53.

255. Мотузова, Г. В. Основы системного подхода к почвенно-химическому экологическому мониторингу / Г. В. Мотузова // Соединения микроэлементов в почвах: системная организация, экологическое значение, мониторинг. – М. Книжный дом "ЛИБРОКОМ, 2009. – С. 124-128.

256. Мудрых, Н. М. Геоинформационные технологии в агрохимическом мониторинге земель сельскохозяйственного назначения / Н. М. Мудрых, И. А. Яшинина // Геоинформационное обеспечение пространственного развития Пермского края: сборник научных трудов. – Пермь : Пермский гос. ун-т, 2015. – Вып. 8. – С. 72-75.

257. Мукатанов, А. Х. Горно-лесные почвы Башкирской АССР / А. Х. Мукатанов. – М.: Наука, 1982. – 147 с.

258. Мукатанов, А. Х. Лесные почвы Башкортостана / А. Х. Мукатанов. – Уфа: Гилем, 2002. – 264 с.

259. Мурашкина, М. А. Соединения железа, алюминия, кремния и марганца в почвах лесных экосистем таежной зоны / М. А. Мурашкина, Г. Н. Копщик, Р. Дж. Саузард, Н. П. Чижикова // Почвоведение. – 2004. – № 1. – С. 40-49.

260. Надточий, П. П. Определение кислотно-основной буферности почв / П. П. Надточий // Почвоведение. – 1993. – № 4. – С. 34-39.

261. Надточий, П. П. Кислотно-основная буферность почвы – критерий еѐ качественного состояния / П. П. Надточий // Почвоведение. – 1998. – №9. – С. 1094-1102.

262. Назаров, Н. Н. Ландшафты Пермской области / Н. Н. Назаров. – Пермь, 1996. Карта.

263. Назаров, Н. Н. Особенности проявления и оценка интенсивности горизонтальных русловых деформаций на реках Пермского прикамья / Н. Н. Назаров, А. В. Чернов // Деоморфология. – 1997. – № 2. – С. 55-60.

264. Национальный атлас почв Российской Федерации / Гл. ред. С. А. Шоба, отв. ред. И. О. Алябина, Г. В. Добровольский, И. С. Урусевская, О. В. Чернова. – М.: Астрель: АСТ, 2011. – 632 с.

265. Недбаев, Н. П. Влияние подкисления на состояние алюминия, железа и марганца в почвах лесных биогеоценозов: автореф. дис… на соиск. уч. ст. к.б.н. / Н. П. Недбаев. – М., 1995. – 25 с.

266. Никитин, В. В. К вопросу о постановке исследований в северных районах Уралобласти (Верховья р. Камы) / В. В. Никитин, Г. А. Маландин // Известия ЕНИ. – 1928.– Т. 6. – Вып. 3. – С. 113-149.

267. Никитин, Е. Д. Красная книга почв Евразии: Россия и сопредельные страны / Е. Д. Никитин, Е. Б. Скворцова, Е. П. Сабодина // Почвоведение. – 2014. – № 3. – С. 375-382.

268. Никитин, Е. Д. Почвы как природно-культурное наследие, банк биоразнообразия и информации / Е. Д. Никитин, Е. Б. Скворцова, Е. П. Сабодина // Бюл. Почв. ин-та им. В.В. Докучаева. – 2017. – Вып. 88. – С. 139-159.

269. Новицкий, М. В. Лабораторно-практические занятия по почвоведению: учебное пособие / М. В. Новицкий, И. Н. Донских, Д. В. Чернов [и др.]. – СПб.: Проспект Науки, 2009. – 320 с.

270. Ногина, Н. А. Влияние пород на подзолообразование в горной части Среднего Урала / Н. А. Ногина // Труды Почвенного ин-та АН СССР. – 1948. – Т. 28. – С. 124-190.

271. Овеснов, А. М. Горные луга западного Урала / А. М. Овеснов. – Пермь : Молотовгиз, 1952. – 130с.

272. Овеснов, С. А. Конспект флоры Пермской области / С. А. Овеснов. – Пермь : Изд-во Пермского гос. ун-та, 1997. – 252 с.

273. Овчинников, Л. Н. Прикладная геохимия / Л. Н. Овчинников. – М.: Недра, 1990. – 248 с.

274. Околелова, А. А. Оценка полиэлементной токсикации почв / А. А. Околелова, В. П. Кожевникова, И. А. Куницына, А. П. Тарасов // Фундаментальные исследования. – 2014. – № 3. – С. 296-300.

275. Орлов, Д. С. Химия почв / Д. С. Орлов, Л. К. Садовникова. – М.: Высш. шк., 2005. – 558 с.

276. Осипов, С. В. Почвы горных таежных и гольцовых ландшафтов в верховьях реки Буреи (Дальний Восток) / С. В. Осипов, С. А. Шляхов // География и природные ресурсы. – 2012. – № 4. – С. 180-183.

277. Отбоева, С. Д. Особенности применения геоинформационных систем при экоаудите особо охраняемых природных территорий / С. Д. Отбоева, Е. А. Жалсараева // Российское предпринимательство. – 2016. – Т. 17. – № 15. – С. 1807-1816.

278. Певный, А. А. Кислотно-основное состояние почв водораздельных территорий среднетаежной зоны республики Коми / А. А. Певный, Т. А. Соколова // Почвоведение. – 1997. – № 8. – С. 943-951.

279. Переверзев, В. Н. Генетические особенности почв природных поясов Хибинских гор / В. Н. Переверзев // Почвоведение. – 2010. – № 5. – С. 548-557.

280. Перельман, А. И. Геохимия / А. И. Перельман. – М.: Высшая школа, 1979. – 423 с.

281. Перельман, А. И. Геохимия ландшафтов: учебное пособие / А. И. Перельман, Н. С. Касимов. – 3-е изд., перераб. и доп. – М.: Астрея, 1999. – 786 с.

282. Першина, М. И. О природе горно-луговых почв Кавказа / М. И. Першина // Тр. ТСХА. – 1949. – Вып. 41. – С. 41-45.

283. Петров, Б. Ф. О почвенном покрове Южного Сахалина / Б. Ф. Петров // Почвоведение. – 1947. – № 11. – С. 641-651.

284. Петров, Б. Ф. Почвы Алтайско-Саянской области / Б. Ф. Петров // Тр. почв. ин-та им. В.В. Докучаева. – 1952. – Т. 53. – С. 247-250.

285. Пригожин, И. Порядок из хаоса / И. Пригожин, И. Стенгерс. – М.: Прогресс, 1986. – 430 с.

286. Пляскина, О. В. Особенности распределения по формам соединений Cu, Zn, Cd, Pb в гранулометрических фракциях некоторых типов техногенно-загрязненных почв / О. В. Пляскина, Д. В. Ладонин // Вестник Московского университета. Сер. 5. География. – 2016. – № 3. – С. 18-28.

287. Подзолистые почвы центральной и восточной частей европейской территории СССР (на суглинистых почвообразующих породах) / Н. А. Ногина, И. В. Забоева, Г. В. Русанова и др.; отв. ред. А. А. Роде и др. – Л.: Наука, 1980. – 301 с.

288. Подзолистые почвы центральной и восточной частей европейской территории СССР (на песчаных почвообразующих породах) / Б. Ф. Апарин, И. В. Забоева, Г. С. Липкина и др.; отв. ред. А. А. Роде и др. – Л.: Наука, 1981. – 200 с.

289. Подольская, Т. В. Почвы пояса березового криволесья юго-западной части Хибин: диссертация канд. биол. наук / Т. В. Подольская. – М., 2005. –167 с.

290. Позняк, С. П. Кислотно-основная буферность буроземов Украинских Карпат / С. П. Позняк, М. З. Гамкало // Почвоведение. – 2001. – №6. – С. 660-670.

291. Полевой определитель почв России. – М.: Почвенный институт им. В.В. Докучаева, 2008. –182 с.

292.Понизовский, А. А. Применение метода потенциометрического титрования для характеристики буферной способности почв / А. А. Понизовский, Т. В. Пампура // Почвоведение. – 1993. – № 3. – С. 106-113.

293.Пономарев, Д. Г. Опыт расчета изменения энтропии при мелиорации / Д. Г. Пономарев, Ф. Д. Микаилов // Мат-лы конф-и ИПА АН АзССР. – Баку, 1978. – С. 64-68.

294.Пономарев, Д. Г., Микаилов Ф. Д. Расчет функциональной зависимости, являющейся показателем воздействия мелиорации на микроагрегатный состав почв / Д. Г. Пономарев, Ф. Д. Микаилов // Докл. АН АзССР. – 1983. – Т. 39. – № 7. – С. 64-68.

295.Почвенная карта Пермской области. М 1:700 000 / Комитет по геодезии и картографии министерства экологии и природных ресурсов РФ. – Москва, 1989.

296.Почвенная карта Пермской области. М 1:700 000 / Комитет по геодезии и картографии министерства экологии и природных ресурсов РФ. – Москва, 1992.

297.Почвенная карта РСФСР. Масштаб 1:2 500 000 / Гл. ред. В.М. Фридланд. – М.: ГУГК, 1988.

298.Почвы заповедников и национальных парков Российской Федерации / Г. В. Добровольский, О. В. Чернова, В. В. Снакин и др. М. : Фонд "Инфосфера" – НИА-Природа, 2012. – 476 с.

299.Почвы и почвенный покров Печоро-Илычского заповедника (Северный Урал) / Отв. ред. С. В. Дегтева, Е. М. Лаптева. – Сыктывкар : Институт биологии Коми НЦ УрО РАН, 2013. – 328 с.

300.Практикум по агроэкологии: учеб. пособие. – СПб.: Изд-во СПбУ, 2011. – 148 с.

301.Прасолов, Л. И. Буроземы Крыма и Кавказа / Л. И. Прасолов // Природа. – 1929. – № 5. – С. 429-438.

302.Прасолов, Л. И. Горно-лесные почвы Кавказа / Л. И. Прасолов // Труды почвенного ин-та им. В.В. Докучаева. – 1947. – Т. 25. – С.5-25.

303.Природное наследие Урала. Разработка концепции регионального атласа / Под ред. чл.-корр. РАН А. А. Чибилёва. – Екатеринбург: РИО УрО РАН, 2012. – 480 с.

304.Присяжная, А. А. Анализ почвенного разнообразия заповедников и национальных парков России (с учётом новых территорий) / А. А. Присяжная, В. Р. Хрисанов, Г. В. Митенко, О. В. Чернова, В. В. Снакин // Геодезия и картография. – 2016. – № 12. – С. 6-14.

305.Присяжная, А. А. Развитие системы особо охраняемых природных территорий (ООПТ) – основа сохранения биологического разнообразия природных комплексов [Электронный ресурс] / А. А. Присяжная, О. В. Чернова, В. В. Снакин // Электронное научное издание Альманах Пространство и Время. – 2016. – Т. 11. – Вып. 1: Система планета Земля. – Стационарный сетевой адрес: 2227-9490e-aprovr_east11-21.2016.41.

306.Присяжна, А. А. Типологическая и площадная представленность почв особо охраняемых природных территорий России / А. А. Присяжная, О. В. Чернова, В. В. Снакин; отв. ред.: С. А. Шоба, И. Ю. Савин // Тезисы докладов VII съезда Общества почвоведов им. В.В. Докучаева (Белгород, 15-22 августа 2016 г.). – Москва-Белгород: Издательский дом «Белгород», 2016. – Ч. 2. – С. 328-329.

307.Прохоров, И. С. Почвенные исследования в «Летописях природы» ООПТ федерального значения / И. С. Прохоров // Материалы Международной научной конференции I Никитинские чтения «Актуальные проблемы почвоведения, агрохимии и экологии в природных и антропогенных ландшафтах». – Пермь: ИПЦ «Прокростъ», 2020. – С. 112-116.

308.Прохоров, И. С. Новые направления развития особо охраняемых природных территорий / И. С. Прохоров, К. В. Корневец // Агрохимический вестник. – 2018. – № 2. – С. 68-70.

309.Пузаченко, Ю. Т. Возможности применения информационно-логического анализа при изучении почвы на примере ее влажности / Ю. Т. Пузаченко, Л. О. Карпачевский, Н. А. Взнуздаев // Закономерности пространственного варьирования свойств почв и информационно-статистические методы их изучения. – М.: Наука, 1970. – С. 121-130.

310.Пшеничников, Б. Ф. Методология изучения бурозёмов юга Дальнего Востока и проблемы их генезиса и классификации / Б. Ф. Пшеничников // Современные почвенные классификации и проблемы их региональной адаптации: Материалы Всероссийской научной конференции. – Владивосток: Морской гос. университет, 2010. – С. 11-13.

311.Пшеничников, Б. Ф. Генезис и эволюция приокеанических буроземов (на примере япономорского побережья) / Б. Ф. Пшеничников, Н. Ф. Пшеничникова. – Владивосток: Изд-во ДГУ, 2002. – 292 с.

312.Пшеничников, Б. Ф. Почвы островов и побережья / Б. Ф. Пшеничников, Н. Ф. Пшеничникова // Дальневосточный морской биосферный заповедник. Исследования. Том 1. Глава IV «Почвы и ландшафты». – Владивосток: Дальнаука, 2004. – С. 251-283.

313.Пшеничников, Б. Ф., Пшеничникова Н. Ф. Генезис и классификация приокеанических буроземов Дальнего Востока / Б. Ф. Пшеничников, Н. Ф. Пшеничникова // Материалы III международной конференции по лесному почвоведению «Продуктивность и устойчивость лесных почв». – Петрозаводск, 2009. – С. 94-97.

314.Пшеничников, Б. Ф. Особенности формирования и эволюции буроземов приокеанической части юга Дальнего Востока / Б. Ф. Пшеничников, Е. В. Шеин, Е. Ю. Милановский, Н. Ф. Пшеничникова // Материалы V национальной конференции с международным участием «Эволюция почвенного покрова: история идей и методы, голоценовая эволюция, прогнозы». – М., 2009. – С. 209-211.

315.Пьянков, С. В. Геоэкологическая ГИС ликвидированного Кизеловского угольного бассейна: информационное наполнение и функциональные возможности / С. В. Пьянков, О. А. Березина, Р. К. Абдуллин, А. В. Тарасов // ИнтерКарто. ИнтерГИС. Геоинформационное обеспечение устойчивого развития территорий: Материалы Междунар. конф. – М.: Издательство Московского университета, 2019. – Т. 25. – Ч. 1. – С. 308-319.

316.Ризположенский, Р. В. Описание Пермского Предуралья в почвенном отношении / Р. В. Ризположенский. – Казань, 1899. – Вып. 1. – 120 с.

317.Ризположенский, Р. В. Описание Пермской губернии в почвенном отношении: отчет Пермскому губернскому земству о почвенных исследованиях / Р. В. Ризположенский. – Пермь: Изд. Пермск. губерн. земства, 1909. – 284 с.

318.Родионова, М. Е. Особенности изменения валового химического состава лесостепных и степных почв в результате их агрогенных трансформаций / М. Е. Родионова // Фундаментальные исследования. – 2012. – №3. – С. 333-338.

319.Розанов, Б. Г. Почвенный покров земного шара / Б. Г. Розанов. – М.: Изд-во МГУ, 1977. – 248 с.

320.Роль почвы в формировании и сохранении биоразнообразия / Отв. ред. Г. В. Добровольский, И. Ю. Чернов. – М.: Товарищество научных изданий КМК, 2011. – 274 с.

321.Романова, М. Л. Структура почвенного покрова и геосистемы Березинского Биосферного Заповедника / М. Л. Романова, В. Л. Андреева // Почвоведение. – 2003. – № 5. – С. 543-549.

322.Русанова, Г. В. Структурная организация и профильная дифференциация веществ в автоморфных почвах юго-востока большеземельской тундры / Г. В. Русанова, О. В. Шахтарова // Вестник Томского государственного университета. Биология. – 2012. – № 3 (19). – С. 18-32.

323.Рябогина, Н. Е. Природные условия на юге Среднерусской возвышенности в хазарское время (IX-X вв.) / Н. Е. Рябогина, А. В. Борисов, С. Н. Иванов, О. Г. Занина, Н. М. Савицкий // Вестник археологии, антропологии и этнографии. – 2013. – № 3 (22). – С. 182-194.

324.Савин, И. Ю. Инвентаризация почв с использованием ГИС технологий / И. Ю. Савин // Почвоведение. – 2003. – №10. – С 1189-1196.

325.Савченко, Т. И. Буферность и факторы почвенной кислотности / Т. И. Савченко // Химизация сельского хозяйства. – 1989. – № 2. – С.40-43.

326.Сайранова, П. Ш. Кислотно-основные свойства горных почв на Северном и Среднем Урале / П. Ш. Сайранова, И. А. Самофалова // Антропогенная трансформация природной среды. – 2018. – № 4. – С. 94-97.

327.Самонова, О. А. Металлы в гранулометрических фракциях почв овражной системы (юго-восточная часть Смоленской возвышенности) / О. А. Самонова, Н. С. Касимов, Е. Н. Асеева // Современные проблемы за-грязнения почв. МГУ им. М. В. Ломоносова; Международная научная кон-ференция (24-28 мая 2004 ; Москва). – Москва, 2004. – С. 79–80.

328.Самофалова, И. А. Изучение неоднородности почвенного покрова в заповеднике «Басеги» (Средний Урал) / И. А. Самофалова; сост. А. М. Прокашев // Прошлое и современное состояние, прогноз развития географических систем: материалы Всеросс. научн. конф. с международн. участием 2-4 октября 2014 г., г. Киров. – Киров: Изд-во ВятГГУ, 2014а. – С. 159-163.

329.Самофалова, И. А. Математические методы интерпретации гранулометрического состава почв / И. А. Самофалова; редкол.: Т. С. Волкова, Ю. Б. Шувалова.// Информационные системы и коммуникативные технологии в современном образовательном процессе: сборник научных трудов. – Пермь: ИПЦ «Прокростъ», 2014б. – С. 88-90.

330.Самофалова, И. А. Гранулометрия почв подгольцового пояса на Среднем Урале / И. А. Самофалова // Материалы Всерос. научно-практ. конф. «Агротехнологии XXI века» Пермь, Пермская ГСХА. – Пермь: ИПЦ «Прокростъ», 2015а. – С. 115-120.

331.Самофалова, И. А. История изучения горных почв на Урале / И. А. Самофалова // Природа Басег: Труды ГПЗ «Басеги». – Соликамск, 2015б. – Вып. 4. – С. 15-32.

332.Самофалова, И. А. Морфологические особенности и классификация почв на горе Хомги-Нёл (хребет Молебный камень, Северный Урал) / И. А. Самофалова // Фундаментальные и прикладные вопросы лесного почвоведения: Материалы докладов VI Всероссийской научной конференции по лесному почвоведению с международным участием. – Сыктывкар, 2015в. С. 64-66.

333.Самофалова, И. А. Морфолого-генетические особенности и субстантивно-профильная классификация почв высотных поясов хребета Молебный Камень (Северный Урал) / И. А. Самофалова // Почвы холодных областей: генезис, география, экология:

Всеросс. науч. конференция с межд. уч. (31 августа-9 сентября 2015 г.) – Улан-Удэ, 2015г. – С. 100-101.

334.Самофалова, И. А. Морфолого-генетические особенности почв на горе Хомги-Нёл (Северный Урал, заповедник «Вишерский») / И. А. Самофалова // Пермский аграрный вестник. – 2015д. – № 4. – С. 64-71.

335.Самофалова, И. А. Почвы подгольцового пояса – уникальные объекты для включения в Красную книгу почв Пермского края / И. А. Самофалова // Актуальные проблемы сохранения биоразнообразия в регионах Российской Федерации. Красная книга как объект экологической экспертизы: материалы межрегиональной научно-практической конф. (Пермь, 27-29 октября 2015 г.). – Пермь: ПГНИУ, 2015е. – С. 59-63.

336.Самофалова, И. А. Эволюционный ряд бурых лесных почв в горно-лесном поясе на Среднем Урале / И. А. Самофалова // Эволюция и деградация почвенного покрова: сборник научных статей по материалам IV международной научной конференции (13-15 октября 2015 года). – Ставрополь: Ставропольское издательство «Параграф», 2015ж. – С. 43-45.

337.Самофалова, И. А. Эволюционный ряд почв на г. Хомги-Нёл (Северный Урал) / И. А. Самофалова // Эволюция и деградация почвенного покрова: сборник научных статей по материалам IV Международной научной конференции. 2015з. – С. 45-47.

338.Самофалова. И. А. Диагностика горных почв по гранулометрии / И. А. Самофалова; отв. ред.: С. А. Шоба, И. Ю. Савин. // Почвоведение – продовольственной и экологической безопасности страны: тезисы докладов VII съезда Общества почвоведов им. В.В. Докучаева и Всероссийской с международным участием научной конференции (Белгород, 15-22 августа 2016 г.). – Москва-Белгород: Издательский дом «Белгород», 2016а. –Ч. I – С. 375-376.

339.Самофалова, И. А. Почвенно-экологическая паспортизация и сертификация почв заповедных территорий / И. А. Самофалова // Аграрная наука – сельскому хозяйству. – Барнаул: Изд-во АГАУ, 2016б. – С. 229-331.

340.Самофалова, И. А. Влияние морфометрических показателей рельефа на пространственную изменчивость растительности и почвенного покрова в горных ландшафтах (Средний Урал) / И. А. Самофалова // Географические аспекты устойчивого развития регионов: II международная научно-практическая конференция (Гомель, 23–24 марта 2017 г.). – Гомель : ГГУ им. Ф. Скорины, 2017а. – С. 377-383.

341.Самофалова, И. А. Информационно-логический анализ дифференциации почвенного покрова высотных геосистем на Среднем Урале // Вестник Алтайского ГАУ. 2017б. № 11 (157). С. 105-114.

342.Самофалова, И. А. Разнообразие почв низкогорных ландшафтов и особенности их формирования на западном макросклоне Среднего Урала (заповедник «Басеги») / И. А. Самофалова // Пермский аграрный вестник. –2017в. – № 3 (19). – С. 10-17.

343.Самофалова, И. А. Изучение горных почв Урала сотрудниками кафедры почвоведения / И. А. Самофалова // В сборнике: «Агротехнологии XXI Века» Материалы межд. научно-практ. конференции. – Пермь: ФГБОУ ВО Пермский ГАТУ, 2018а. – С. 147-154.

344.Самофалова, И. А. Почвенное разнообразие тундровых и гольцовых ландшафтов в заповеднике «Басеги» / И. А. Самофалова // Географический вестник. – 2018б. – № 1. – С. 16-28.

345.Самофалова, И. А. Геопространственное моделирование физико-химических свойств горных почв (Северный Урал, заповедник "Вишерский") / И. А. Самофалова // Российский журнал прикладной экологии. – 2019а. – № 2 (18). – С. 35-41.

346.Самофалова, И. А. Гранулометрические показатели почв в высотных ландшафтах Среднего Урала (хребет Басеги) / И. А. Самофалова // В сборнике: Фундаментальные концепции физики почв: развитие, современные приложения и перспективы сборник научных трудов Международной научной конференции, посвященной 90-летию со дня рождения Анатолия Даниловича Воронина. – Москва, 2019б. – С. 172-177.

347.Самофалова, И. А. Индикационная связь между генетическими признаками почв и высотными ландшафтами на Среднем Урале (хребет Басеги) / И. А. Самофалова // Российский журнал прикладной экологии. – 2019в. – № 2 (18). – С. 42-48.

348.Самофалова, И. А. Почва как компонент охраняемых ландшафтов в системе ООПТ / И. А. Самофалова // Актуальные проблемы экологии и природопользования: сборник научных трудов XX Международной научно-практической конференции: в 2 т. Российский университет дружбы народов. – Москва, 2019г. – С. 97-101.

349.Самофалова, И. А. Ценные почвенные объекты памятника природы "Вишневая гора" (Пермский край) / И. А. Самофалова // Географический вестник. – 2019д. – № 2 (49). – С. 101-114.

350. Самофалова, И. А. Геомоделирование почвенного покрова на основе обобщённого пространственного анализа территории заповедника «Басеги» (Средний Урал) / И. А. Самофалова // ИнтерКарто. ИнтерГИС. Геоинформационное обеспечение устойчивого развития территорий: Материалы Междунар. конф. – М.: Издательство Московского университета, 2020а. – Т. 26. – Ч. 4. – С. 131-146.

351. Самофалова, И. А. Изучение почвенного покрова заповедных территорий / И. А. Самофалова // Материалы Международной научной конференции I Никитинские чтения «Актуальные проблемы почвоведения, агрохимии и экологии в природных и антропогенных ландшафтах». – Пермь: ИПЦ «Прокростъ», 2020б. – С. 133-138.

352. Самофалова, И. А. Использование бассейнового подхода для изучения дифференциации растительного и почвенного покровов (хребет Басеги, Средний Урал) / И. А. Самофалова // География и природные ресурсы. – 2020в. – № 1. – С. 175-184.

353.Самофалова, И. А. Литогеохимические особенности почв (Средний Урал) / И. А. Самофалова // Материалы Межд. научной конференции I Никитинские чтения «Актуальные проблемы почвоведения, агрохимии и экологии в природных и антропогенных ландшафтах». – Пермь: ИПЦ «Прокростъ», 2020г. – С. 124-128.

354.Самофалова, И. А. Диагностика процессов почвообразования и выветривания по содержанию щелочных и щелочноземельных макроэлементов в почвах Среднего Урала (хребет Басеги) / И. А. Самофалова // Учен. зап. Казан. ун-та. Сер. Естеств. науки. – 2020д. – Т. 162. Кн. 4. – С. 592–611.

355.Самофалова, И. А. Особенности распределения тяжелых металлов в гранулометрических фракциях горных почв (Средний Урал, «Государственный заповедник «Басеги») / И. А. Самофалова / В сборнике: Экологическая безопасность в условиях антропогенной трансформации природной среды. Сборник материалов всероссийской школы-семинара, посвященной памяти Н. Ф. Реймерса и Ф. Р. Штильмарка. – Пермь, 2021а. – С. 84-87. https://elibrary.ru/item.asp?id=45727928&pff=1

356.Самофалова, И. А. Почва как компонент охраняемых ландшафтов в системе ООПТ (на примере ФГБУ «Государственный заповедник «Басеги») / И. А. Самофалова // Агрохимический вестник. – 2021б. – № 1. – С. 19-27.

357.Самофалова, И. А. Методология изучения пространственно-структурной организации почвенного покрова в горных условиях / И. А. Самофалова // Эволюция почв и развитие научных представлений в почвоведении: сборник научных трудов / Международная научная конференция, посвященная 90-летию со дня рождения Бурлаковой Лидии Макаровны (г. Барнаул, 16-21 августа 2022 г.). – Барнаул: РИО Алтайского ГАУ, 2022а. – С. 301-305. https://www.elibrary.ru/item.asp?id=49493578&selid=49493622

358.Самофалова, И. А. Почвенно-ландшафтное районирование как основа рационального использования территории и охраны естественного разнообразия почв / И. А. Самофалова // Теория и практика современной аграрной науки: Сб. V национальной (всероссийской) научной конференции с между. участием (г. Новосибирск, 28 февраля 2022 г.) / Новосиб. гос. аграр. ун-т. – Новосибирск: ИЦ НГАУ «Золотой колос», 2022б. – С. 454-460. https://www.elibrary.ru/item.asp?id=48267513

359. Самофалова, И. А. Почвенный покров подгольцового пояса (Средний Урал, хребет Басеги) / И. А. Самофалова // Эволюция почв и развитие научных представлений в почвоведении: сборник науч. трудов / Международная науч. конф-я, посвященная 90-летию со дня рождения Бурлаковой Л.М. (г. Барнаул, 16-21 августа 2022 г.). – Барнаул: РИО Алтайского ГАУ, 2022в. – С. 75-79. https://www.elibrary.ru/item.asp?id=49493578&selid=49493622

360.Самофалова И.А. Почвы полугидроморфного ряда (торфяные и глеевые), хребет Басеги / И. А. Самофалова // Научные исследования на ООПТ Урала и Поволжья [Электронный ресурс] : материалы Всерос. науч.-практ. конференции, посвященной 40-летию ФГБУ «Государственный заповедник «Басеги» (г. Пермь, ПГНИУ, 25–28 октября 2022 г.) / гл. ред. С. А. Бузмаков ; ПГНИУ. – Пермь, 2022г. – С. 87-91. Режим доступа: http://www.psu.ru/files/docs/science/books/sborniki/Nauchnyeissledovaniya-na-OOPT-Urala-i-Povolzhya-2022.pdf.

361.Самофалова, И. А. Пространственная неоднородность почв на западном склоне Среднего Урала / И. А. Самофалова, О.А. Лузянина // Сборник научных трудов SWorld. – Одесса: КУПРИЕНКО СВ, 2013а. – Вып. 3. – Т. 51. – С. 35-39.

362.Самофалова, И. А. Формы кислотности на западном макросклоне Среднего Урала (заповедник «Басеги») / И. А. Самофалова, О. А. Лузянина // Актуальные проблемы науки и промышленного комплекса в процессе европейской интеграции: Материалы Международной научно-практической конференции, посвященной 95-летию высшего сельскохозяйственного образования на Урале. – Пермь, 2013б. – С. 251-257.

363.Самофалова, И. А. Эколого-генетическая характеристика почв горно-лесного пояса на Среднем Урале / И. А. Самофалова, О. А. Лузянина // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. – 2013в. – Т. 15. – № 3(4). – С. 1426-1431.

364.Самофалова, И. А. Горные почвы Среднего Урала (на примере ГПЗ «Басеги»): монография / И. А. Самофалова, О. А. Лузянина. – Пермь: Изд-во ФГБОУ ВПО Пермская ГСХА, 2014а. – 154 с.

365.Самофалова, И. А. Почвы заповедника «Басеги» и их классификация / И. А. Самофалова, О. А. Лузянина // Пермский аграрный вестник. – 2014б. – №1 (5). – С. 50-60.

366. Самофалова, И. А. Использование ГИС-технологий для пространственной дифференциации геосистем на территории заповедника «Басеги» / И. А. Самофалова, П. С. Шутов // В сборнике: Геоинформационное обеспечение пространственного развития

Пермского края. Сборник научных трудов. Пермский гос. нац. исслед. университет, ГИС-центр ПГНИУ. – Пермь, 2015. – Вып. 8. – С. 112-120.

367.Самофалова, И. А. Буферность горных почв субальпийского пояса к кислотному воздействию (заповедник «Басеги») / И. А. Самофалова, М. А. Кондратьева // Пермский аграрный вестник. – 2016. – № 3 (15). – С. 94-103.

368.Самофалова, И. А. Геосистемно-бассейновый подход как основа изучения структуры почвенного покрова / И. А. Самофалова, П. С. Шутов // Вестник Алтайского ГАУ. – 2017. – № 1 (147). – С. 49-57.

369.Самофалова, И. А. Особенности генезиса почв в горной тундре по распределению щебня в профиле (Средний Урал, хребет Басеги) / И. А. Самофалова, А. А. Кучева; под ред. Б.Ф. Апарина // Материалы по изучению русских почв: Сб. науч. докл. – СПб, 2018. – Вып. 11 (38). – С. 151-155.

370.Самофалова, И. А. Характеристика качественного состава органического вещества в почвах (хребет Басеги, Средний Урал) / И. А. Самофалова, А. Г. Фомина // Материалы Международной научной конференции I Никитинские чтения «Актуальные проблемы почвоведения, агрохимии и экологии в природных и антропогенных ландшафтах». – Пермь: ИПЦ «Прокростъ», 2020. – С. 129-133.

371. Самофалова, И. А. Характеристика почв горных болот на горе Северный Басег / И. А. Самофалова, Д. Д. Сивкова // Научные исследования на ООПТ Урала и Поволжья [Электронный ресурс] : материалы Всерос. науч.-практ. конференции, посвященной 40-летию ФГБУ «Государственный заповедник «Басеги» (г. Пермь, ПГНИУ, 25–28 октября 2022 г.) / гл. ред. С. А. Бузмаков. – Пермь: Пермский государственный национальный исследовательский университет. – Пермь, 2022. – С. 99-104. Режим доступа: http://www.psu.ru/files/docs/science/books/sborniki/Nauchnyeissledovaniya-na-OOPT-Urala-i-Povolzhya-2022.pdf

372.Самофалова, И. А. Почвы Среднего Урала в системе классификации почв России / И. А. Самофалова, М. А. Кондратьева / Эволюция почв и развитие научных представлений в почвоведении: сборник научных трудов / Международная научная конференция, посвященная 90-летию со дня рождения Бурлаковой Лидии Макаровны (г. Барнаул, 16-21 августа 2022 г.). – Барнаул: РИО Алтайского ГАУ, 2022. – С. 79-83. ISBN 978-5-94485-266-3. https://www.elibrary.ru/item.asp?id=49493578&selid=49493622.

373.Самофалова, И. А. Эффективность методов интерполяции магнитной восприимчивости в горных почвах (хребет Басеги, Средний Урал) / И. А. Самофалова, А. Н. Чащин // Природная и антропогенная неоднородность почв и статистические методы ее изучения : сборник научных статей по материалам Всерос. науч. интернет-конференции с межд. участием, посвященной 90-летию со дня рождения заслуженного профессора Е.А. Дмитриева (17-18 ноября 2021 г.) / под общ. ред. В.П. Самсоновой, М.И. Кондрашкиной, Ю.Л. Мешалкиной; МГУ, факультет почвоведения. М.: Издательско-торговая корпорация «Дашков и Ко», 2022. С. 89-93. ISBN 978-5-394-05059-6. DOI 10.29030/978-5-394-05059-6-2022.
http://soil.msu.ru/attachments/article/3838/Природная%20и%20антропогенная%20неоднородность%202022.pdf

374.Самофалова, И. А. Свойства горных почв подгольцового и горно-лесного поясов Среднего Урала (на примере заповедника «Басеги») / И. А. Самофалова, О. А. Лузянина, Л.

В. Кулькова // В сб.: Материалы конференции «Биосферные функции почвенного покрова», ИФХПиБПП РАН, 8-12 ноября. – Пущино, 2010. – С. 272-274.

375.Самофалова, И. А. Энтропия как показатель информационного разнообразия валового состава горных почв на Среднем Урале / А. Самофалова, О. А. Лузянина, Н. В. Мамонтова // Горные экосистемы и их компоненты: Материалы V Всероссийской конференции с международным участием, посвященной 25-летию научной школы чл-корр. РАН А.К. Темботова и 20-летию Института экологии горных территорий им. А.К. Темботова КБНЦ РАН (15-20 сентября 2014 г.). Нальчик, 2014. С. 17-18.

376. Самофалова, И. А. Морфолого-генетические особенности почв в субальпийском поясе (Средний Урал) / И. А. Самофалова, О. А. Лузянина, Н. В. Соколова // Актуальные проблемы гуманитарных и естественных наук. – 2014. – № 1 (60). – Часть I. – С. 24-28.

377.Самофалова, И. А. Использование группового состава соединений железа для диагностики горных почв Среднего Урала / И. А. Самофалова, О. Б. Рогова, О. А. Лузянина // Бюллетень Почвенного института им. В.В. Докучаева. 2015. № 79. С. 111-136.

378. Самофалова, И. А. Диагностика почв различных высотно-растительных поясов Среднего Урала по групповому составу соединений железа / И. А. Самофалова, О. Б. Рогова, О. А. Лузянина // География и природные ресурсы. – 2016. – № 1. – С. 141-148.

379. Самофалова, И. А. Обзор критериев оценки адекватности эмпирических моделей / И. А. Самофалова, Ф. Д. Микайылсой, Н. М. Мудрых // Материалы Всерос. научно-практ. конф. с межд. уч. «Агротехнологии XXI века», посвященной 100-летию высшего аграрного образования на Урале. МСХ РФ, ФГБОУ ВО Пермский ГАТУ им. акад. Д. Н. Прянишникова. – Пермь: ИПЦ «Прокростъ», 2019. – Ч. 1. – С. 30-35.

380.Самофалова, И. А. Почвенно-ландшафтное районирование территории заповедника «Басеги» на основе данных дистанционного зондирования земли / И. А. Самофалова, Т. А. Трифонова, П. С. Шутов; научные редакторы С. В. Пьянков, С. А. Бузмаков, Н. А. Калинин, Н. Н. Назаров, С. В. Копытов // Цифровая география: материалы Всерос. науч.-практ. конференции с междунар. участием (г. Пермь, 16–18 сентября 2020 г.). – Пермь: Пермский государственный научно-исследовательский университет, 2020. – Т. 1. – С. 158-162.

381.Самофалова, И. А. Почвенный покров западного склона Среднего Урала по Е.Н. Ивановой (1949) в системе современной классификации почв / И. А. Самофалова, М. А. Кондратьева, В. В. Ворончихин // Научные исследования на ООПТ Урала и Поволжья [Электронный ресурс] : материалы Всерос. науч.-практ. конференции, посвященной 40-летию ФГБУ «Государственный заповедник «Басеги» (г. Пермь, ПГНИУ, 25–28 октября 2022 г.) / гл. ред. С. А. Бузмаков; - Пермь: ПГНИУ, 2022. – С. 92-98. Режим доступа: http://www.psu.ru/files/docs/science/books/sborniki/Nauchnyeissledovaniya-na-OOPT-Urala-i-Povolzhya-2022.pdf

382.Самофалова, И. А. Диагностика почв горно-лесного пояса на Среднем Урале (на примере хребта Басеги) / И. А. Самофалова, О. А. Лузянина, Л. В. Кулькова, Е. Р. Маулина // Сборник материалов Международной научной конференции «Почвы Азербайджана: генезис, география, мелиорация, рациональное использование и экология», Национальная Академия Наук Азербайджана (НАНА). – Баку: «Элм», 2012. – Т. XII. – Ч. 2. – С. 970-979.

383.Самофалова, И. А. Геохимические особенности распределения макроэлементов в почвах ненарушенных ландшафтов Среднего Урала (на примере заповедника «Басеги») / И. А. Самофалова, О. Б. Рогова, О. А. Лузянина, А. Т. Савичев // Бюллетень Почвенного института им. В.В. Докучаева. – 2016б. – № 85. – С. 56-76.

384. Самофалова, И. А. Особенности морфологических и физико-химических свойств почв горно-лесного пояса Западного склона Среднего Урала (на примере хребта Басеги) / И. А. Самофалова, Л. В. Кулькова, О. А. Лузянина, А. В. Кожева // Современные почвенные классификации и проблемы их региональной адаптации: Материалы Международной научной конференции, 5-12 сентября. – Владивосток, 2010. – С. 201-205.

385. Самофалова, И. А. Природные условия и морфологическая характеристика горных почв на территории заповедника «Басеги» Пермского края / И. А. Самофалова, Л. В. Кулькова, О. А. Лузянина, Н. М. Лоскутова // Почвы заповедников и национальных парков Российской Федерации. – М.: Фонд «Инфосфера» НИА-Природа, 2012. – С. 196-199.

386. Самофалова, И. А. Элементный состав почв в ненарушенных экосистемах на Среднем Урале / И. А. Самофалова, О. А. Лузянина, М. А. Кондратьева, Н. В. Мамонтова // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. – 2014. – № 5 (115). – С. 67-74.

387. Самофалова, И.А. Горные болота заповедника «Басеги» (Средний Урал) / И. А. Самофалова, М. А. Кондратьева, П. Ш. Сайранова, Т. Г. Ивченко, Н. А. Зенкова // Природа Басег : труды Государственного заповедника «Басеги». – Вып. 6: сборник статей. – Пермь : Изд-во Перм. нац. исслед. политехн. ун-та, 2021. – С. 6-25.

388. Самсонова, В. П. Пространственная изменчивость почвенных свойств / В. П. Самсонова. – М.: МГУ, 2008. – 157 с.

389. Сапожников, П. М. Физические параметры плодородия при антропогенных воздействиях: автореферат дис. на соиск. уч. степ. д. б. н. / П. М. Сапожников – М., 1994. – 48 с.

390. Сарманова, З. Р. Почвенный покров болотного массива на западном склоне горы Северный Басег / З. Р. Сарманова, И. А. Самофалова // Научный журнал «Антропогенная трансформация природной среды». Пермь: ПГНИУ, 2017. С. 196-198.

391. Сафарян, А. А. Особенности туристских исследований в горных регионах мира / А. А. Сафарян // Географический вестник. – 2015. – №2(33). – С. 71-77.

392. Селиверстов, Ю. П. Состояние и развитие горных систем / Ю. П. Селиверстов // Известия РГО. – 2002. – Т. 134. – Вып. 6. – С. 7-14.

393. Семаль, В. А. Состав и структура почвенного покрова южной части Сихотэ-Алиня (на примере уссурийского заповедника) / В. А. Семаль // Почвоведение. – 2007. – № 8. – С. 901-908.

394. Семенов, В. М. Минерализация органического вещества в разных по размеру агрегатных фракциях почвы / В. М. Семенов, Л. В. Иванникова, Н. А. Семенова, А. К. Ходжаева, С. Н. Удальцов // Почвоведение. – 2010. – №2. – С. 157-165.

395. Семиколенных, А. А. Почвы и почвенный покров таежного пояса Северного Урала (верховья реки Печора) / А. А. Семиколенных, А. Д. Бовкунов, А. А. Алейников // Почвоведение. – 2013. – № 8. – С. 911-923.

396. Смирнова, Л. Г. Типизация бассейнов Белгородской области по морфометрическим характеристикам рельефа для оценки эрозионной опасности на региональном уровне / Л. Г. Смирнова, А. Г. Нарожняя, А. А. Кожушков // Достижения науки и техники АПК. – 2015. – Т. 29. – № 12. – С. 66-69.

397. Снитко, Г. П. Государственная геологическая карта Российской Федерации. Масштаб 1:200000. Серия Пермская. Лист O-40-XI (Нововильвенский). Объяснительная записка / Г. П. Снитко, В. В. Гай, С. Б. Суслов. – СПб.: Картографическая фабрика ВСЕГЕИ, 2016. – 164 с.

398.Соболев, И. Д. Основные черты глубинного строения Урала. Глубинное строение Урала / И. Д. Соболев. – М.: Наука, 1968. – С. 28-37.

399.Соколов, И. А. Пространственно-временная организация педосферы и ее эволюционно-экологическая обусловленность / И. А. Соколов // Почвоведение. – 1993. – № 7. – С. 12-22.

400.Соколов, И. А. Теоретические проблемы генетического почвоведения / И. А. Соколов. – Новосибирск: «Гуманитарные технологии», 2004. – 288 с.

401.Соколов, Ю. Н. Структура ландшафтов / Ю. Н. Соколов. – Киев: УМК ВО, 1992. – 122 с.

402.Соколова, Н. В. Морфолого-генетические особенности почв под субальпийскими лугами в заповеднике «Басеги» / Н. В. Соколова, И. А. Самофалова // Фундаментальные и прикладные исследования в биологии и экологии: материалы регион. студ. науч. конф. Пермский гос. Нац. Иссл. Ун-т. – Пермь, 2013. – С. 179-183.

403.Соколова, Т. А. Пространственное и временное варьирование величин pH в подзолистых почвах Центрально-лесного государственного биосферного заповедника / Т. А. Соколова, Т. Я. Дронова, Д. Б. Артюхов, Н. Л. Коробова // Почвоведение. – 1997. – № 11. – С. 1339-1348.

404.Соколова, Т. А. Глинистые минералы в почвах: учебное пособие / Т. А. Соколова, Т. Я. Дронова, И. И. Толпешта. – Тула: Гриф и К, 2005. – 336 с.

405.Соколова, Т. А. Изучение кислотно-основной буферности подзолистых почв методом непрерывного потенциометрического титрования / Т. А. Соколова, А. П. Пахомов, В. Г. Терехин // Почвоведение. – 1993. – № 7. – С. 97-106.

406.Соколова, Т. А. Почвенная кислотность. Кислотно-основная буферность почв. Соединения алюминия в твердой фазе почвы и почвенном растворе: учебное пособие / Т. А. Соколова, И. И. Толпешта, С. Я. Трофимов. – Тула, 2007. – 96 с.

407.Соколова, Т. А. Почвенная кислотность. Кислотно-основная буферность почв. Соединения алюминия в твердой фазе почвы и в почвенном растворе / Т. А. Соколова, И. И. Толпешта, С. Я. Трофимов. – Тула: Гриф и К, 2012. – 124 с.

408.Соловьева, Т. П. Пространственно-временная изменчивость магнитной восприимчивости почв / Т. П. Соловьева // Тезисы докладов III съезда Докучаевского общества почвоведов (11-15 июля 2000 г., Суздаль). – М.: Почвенный институт им. В.В. Докучаева РАСХН, 2000. – Кн.1. – С. 208.

409.Соромотина, К. С. Структурная формула гранулометрического состава горных почв (Заповедник «Басеги») / К. С. Соромотина // Материалы Межд. науч. кон-и XX Докучаевские молодежные чтения. – СПб., 2017. – С. 382.

410.Сорочкин, В. М. О применении информационно-логического метода в почвенных исследованиях / В. М. Сорочкин // Почвоведение. – 1977. – № 9. – С. 131-142.

411.Софроницкий, П. А. Геологический очерк / П. А. Софроницкий // Труды пятого совещания по химической географии вод и гидрогеохимии Пермской области. ПГУ, Пермский отдел географического общества Союза ССР, Институт карстоведения и спелеологии. – Пермь, 1967. – Вып. 4 (5). – С. 26-41.

412.Сочава, В. Б. Введение в учение о геосистемах / В. Б. Сочава. – Новосибирск: Наука, 1978. – 318 с.

413.Спиридонова, И. Н. Реконструкция природной среды древнего человека в голоцене (лесостепь Среднего Поволжья) / И. Н. Спиридонова, С. П. Ломов, Н. Н. Солодков; отв. ред.

С. Н. Удальцов // Динамика современных экосистем в голоцене: Материалы IV Всероссийской научной конференции. – М.: Товарищество научных изданий КМК, 2016. – С. 222-224.

414.Спирина, В. З. Особенности почвообразования и пространственного распространения почв высокогорных склонов Юго-Восточного Алтая / В. З. Спирина, Т. В. Раудина // Вестник Томского государственного университета. Биология. – 2015. – № 2 (30). – С. 6-19.

415.Старцев, В. В. Характеристика почв высотных поясов хребта Яптикнырд (Приполярный Урал) / В. В. Старцев, Е. В. Жангуров, А. А. Дымов // Вестник Томского государственного университета. Биология. – 2017. – № 38. – С. 6-27.

416.Строганова, М. Н. Информационная технология образования в почвоведении / М. Н. Строганова // Живые и биокосные системы. – 2012. – № 1. – URL: http://www.jbks.ru/archive/issue-1/article

417.Сымпилова, Д. П. Почвы подтаежных ландшафтов отрогов хребта Цаган-Дбан Селенгинского среднегорья / Д. П. Сымпилова, А. Б. Гынинова // Почвоведение. – 2013. – № 3. – С. 270-276.

418.Тарасашвили, Г. М. О горных буроземах Абхазии / Г. М. Тарасашвили // Почвоведение. – 1939. – № 7. – С. 54-71.

419.Таргульян, В. О. Почвообразование и выветривание в холодных гумидных областях / В. О. Таргульян – М.: Наука, 1971. – 268 с.

420.Таргульян, В. О. Структурный и функциональный подход к почве: почва-память и почва-момент / В. О. Таргульян, И. А. Соколов // Математическое моделирование в экологии. – М., Наука, 1978. – С. 17–33.

421.Таргульян, В. О. Международный конгресс по почвоведению / В. О. Таргульян, С. В. Горячкин // Почвоведение. – 2011. – № 9. – С. 1139-1145.

422.Татаринцев, В. Л. Физическое состояние агропочв колочной степи в зависимости от текстуры гранулометрического состава / В. Л. Татаринцев, Л. М. Татаринцев // Вестник Алтайского ГАУ. – 2008. – № 10 (48). – С. 33-38.

423.Тифлов, М. А. К познанию горных лугов Урала / М. А. Тифлов // Тр. Пермского СХИ. – 1951. – Т. 13. – С. 23-40.

424.Тифлов, М. А. Почвы горных лугов Западного Урала: автореферат дис. на соискание ученой степени канд. с.х. наук / М. А. Тифлов. – Л., 1952. – 18 с.

425.Ткаченко, М. А. Определение источника сноса юрско-меловых терригенных комплексоввосточной части Енисей-Хатангского прогиба по данным геохимических и петрографических исследований / М. А. Ткаченко, А. В. Максименко // Планета Земля: актуальные вопросы геологии глазами молодых ученых и студентов: Материалы конференции. – М.: Изд-во МГУ, 2009. – Т.1. – С. 141-146.

426.Токарева, И. В. Содержание органического углерода и его водорастворимой фракции в почвах постпирогенных лиственничных ассоциаций Центральной Эвенкии / И. В. Токарева, А. С. Прокушкин, В. В. Богданов // Сибирский экологический журнал. – 2011. – № 5. – С. 625-632.

427.Тонконогов, В. Д. Основные горизонто- и профилеобразующие процессы в почвах России / В. Д. Тонконогов, И. И. Лебедева, М. И. Герасимова; под ред. М. С. Симаковой, В. Д. Тонконогова // Почвообразовательные процессы. – М.: Почв. ин-т им. В.В. Докучаева, 2006. – С. 13-38.

428.Тоцкая, В. С. Бурые лесные почвы республики Адыгея и их современное состояние / В. С. Тоцкая, Л. Ю. Гончарова // Материалы Всероссийской молодежной научной конференции (Томск, 25-27 июля 2012 г.). – Томск, 2012. – С. 469-476.

429.Трифонова, Т. А. Модель развития горного водосборного бассейна / Т. А. Трифонова // Природа. – 1994. – № 2. – С. 106-119.

430.Трифонова, Т. А. Энергетическая модель развития горного литоводосборного бассейна и горного речного русла / Т. А. Трифонова // Геоморфология. – 1995. – № 4. – С. 13-22.

431.Трифонова, Т. А. Динамика горных бассейновых геосистем на основе распознования их графических образов по космоснимкам / Т. А. Трифонова // Изв. РАН. Сер. геогр. – 1999а. – № 2. – С. 91-98.

432.Трифонова, Т. А. Формирование почвенного покрова гор: геосистемный аспект / Т. А. Трифонова // Почвоведение. – 1999б. – № 2. – С. 174-181.

433.Трифонова, Т. А. Развитие бассейнового подхода в почвенных и экологических исследованиях / Т. А. Трифонова // Почвоведение. – № 9. – 2005. – С. 1054-1061.

434.Трифонова, Т. А. Речной водосборный бассейн как самоорганизующаяся природная геосистема / Т. А. Трифонова // Изв.РАН. Серия геогр. – 2008. № 1. – С. 28-36.

435.Трифонова, Т. А. Бассейновый подход в экологических исследованиях / Т. А. Трифонова, Н. В. Мищенко [и др.]. – Владимир, 2009. – 80 с.

436.Трифонова, Т. А. Почвенно-продукционный потенциал экосистем речных бассейнов на основе наземных и дистанционных данных / Т. А. Трифонова, Н. В. Мищенко. – М.: ГЕОС, 2013. – 272 с.

437.Трифонова, Т. А. Пространственная типизация геосистем речных бассейнов водосбора реки Камы в связи с особенностями тектонического строения территории / Т. А. Трифонова, П. С. Шутов // Геодинамика и тектонофизика. – 2019. – Т. 10. – № 4. – С. 1029-1044.

438.Турков, В. Г. Многовековая ритмика природной среды и динамика лесного биогеоценотического покрова среднеуральского низкогорья в антропогене / В. Г. Турков // Взаимосвязи среды и лесной растительности на Урале. – Свердловск: Изд-во АН СССР. Уральский научный центр, 1981. – С. 3-39.

439.Урусевская, И. С. Типы поясности и почв – географическое районирование горных систем России / И. С. Урусевская // Почвоведение. – 2007. – № 11. – С. 1285-1297.

440.Урушадзе, Т. Ф. О некоторых аспектах почвообразования в горных регионах / Т. Ф. Урушадзе // Почвоведение. – 1979. – № 1. – С. 131–143.

441.Урушадзе, Т. Ф. Горные почвы СССР / Т. Ф. Урушадзе. – М.: Агропромиздат, 1989. – 247с.

442.Усова, Н. В. Экологический туризм как элемент концепции устойчивого развития туризма на особо охраняемых природных территориях / Н. В. Усова // Вестник ИРГСХА. – 2014. – № 62. – С. 63-67.

443.Учаев, А. П. Подвижные гумусовые вещества в подзолах лесотундровой зоны / А. П. Учаев, О. А. Некрасова // BioClimLand. – 2013. – №. 1. – С. 58-66.

444.Ушков, Б. К. Государственная геологическая карта СССР масштаба 1:200000. Серия Среднеуральская: лист 0-40 XI и объяснительная записка к ней / Б. К. Ушков, И. П. Тетерин, С. Б. Суслов. – Свердловск. – 1989.

445.Федорец, Н. А. Особенности гранулометрического состава автоморфных почв северо- и среднетаежной подзон Карелии / Н. А. Федорец, Н. А. Глебова, О. Н. Бахмет, Ю. Н. Ткаченко // Ученые записки Петрозаводского ГУ. – 2014. – № 8. – Т. 1. – С. 65-70.

446.Филеп, Д. Формы кислотности и кислотно-основной буферности почв / Д. Филеп, М. Рэдли // Почвоведение. – 1989. – № 4. – С. 40-45.

447.Филлипов, Ю. В. Физическая химия / Ю. В. Филлипов, М. П. Попович. – М.: Изд-во МГУ, 1980. – 400 с.

448.Фирсова, В. П. Сравнительная характеристика свойств горных почв Среднего Урала / В. П. Фирсова, Т. А. Горячева, Е. В. Прокопович // Почвоведение. – 1963. – № 5. – С. 16-25.

449.Фирсова, В. П. К вопросу о распространении и свойствах бурых лесных почв на Урале / В. П. Фирсова // В сб.: Лес и почва: Тр. Всесоюз. науч. конф. – Красноярск, 1968. – С. 200-203.

450.Фирсова, В. П. Почвы таежной зоны Урала и Зауралья / В. П. Фирсова. – М.: Наука, 1977. – 175 с.

451. Фирсова, В. П., Дедков В. С. Почвы высоких широт горного Урала / В. П. Фирсова, В. С. Дедков. – Свердловск: УНЦ АН СССР, 1983. – 95 с.

452.Фирсова, В. П. Биогеоценотические связи и почвообразование в сопряженных ландшафтах Среднего Урала / В. П. Фирсова, Т. С. Павлова, В. С. Дедков. – Свердловск: УрО АН СССР, 1990. – 133 с.

453.Фирсова, В. П. Бурые горно-лесные почвы Урала / В. П. Фирсова // Почвоведение. – № 4. – 1991. – С. 47-58.

454.Фоменко, Г. А. Особо охраняемые природные территории в устойчивом развитии регионов / Г. А. Фоменко, М. А. Фоменко, А. В. Михайлова // Хартия Земли – практический инструмент решения фундаментальных проблем устойчивого развития: сб. мат-лов междунар. научно-практич. конф., посвященной 15-летию реализации принципов Хартии Земли в Республике Татарстан. – Казань: Татарское кн. изд-во, 2016. – С. 240-247.

455.Фридланд, В. М. Бурые лесные почвы Кавказа / В. М. Фридланд // Почвоведение. – 1953. – №12. – С. 28-44.

456.Фридланд, В. М. Почвы высокогорий Кавказа / В. М. Фридланд. – М.: Наука, 1966. – С. 43-87.

457.Фридланд, В. М. Структура почвенного покрова / В. М. Фридланд. – М.: Мысль, 1972. – 423 с.

458.Хазиев, Ф. Х. Ферментативная активность почвы / Ф. Х. Хазиев. – М.: Наука, 1976. – 180 с.

459.Халитов, Р. М. Горные почвы Южного Урала (на примере национального парка «Башкирия») / Р. М. Халитов, Е. В. Абакумов, Р. Р. Сулейманов, Э. Ю. Котлугалямова // Известия Самарского НЦ РАН. – 2011. – Т. 13. – № 5(2). – С. 128-130.

460.Хмелева, В. В. Влияние изменения высотно-растительных условий на гранулометрию буроземов (Средний Урал) / В. В. Хмелева, И. А. Самофалова // Научный журнал «Антропогенная трансформация природной среды». – Пермь: ПГНИУ, 2017. – С. 198-200.

461.Хэ, Н. Ю. Информационно-логический анализ в исследовании взаимосвязи производственного потенциала и экономической эффективности сельхозорганизаций / Н. Ю. Хэ, А. В. Миненко // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. – 2011. – № 5 (79). – С. 108-113.

462.Цыбулько, Н. Н. Структура и минерализуемость органического вещества дерново-подзолистых супесчаных и торфяных почв / Н. Н. Цыбулько, В. М. Семенов, А. С. Тулина, Т. П. Шапшеева, И. И. Жукова // Экологический вестник. – 2010. – № 2 (12). – С. 17-25.

463.Чалова, Е. Р. Бассейновый подход к комплексному картографированию / Е. Р. Чалова, Р. С. Чалов // Вестник МГУ. Сер. 5. География. – 1999. – № 1. – С. 82-84.

464.Чащин, А. Н. Использование данных дистанционного зондирования для оценки темпов самозаростания угольных отвалов Кизеловского бассейна / А. Н. Чащин, М. А. Кондратьева // Географический вестник = Geographical bulletin. – 2019. – №2(49). – С. 135-147.

465.Чербарь, П. В. Групповой состав гумуса и некоторые химические характеристики почв вертикальной почвенно-климатических поясов центральной части Западного Памира / П. В. Чербарь // Почвоведение. – 1977. – № 7. – С. 134-145.

466.Чернов, В. А. О природе почвенной кислотности / В. А. Чернов. – М.-Л.: Изд. АН СССР, 1947. – 185 с.

467.Чернова, О. В. Особенности почв низкогорий Северного Кавказа, сформированных на высококорбонатных почвообразующих породах (на примере Абраусского заказника) / О. В. Чернова // В сб.: Доклады по экол-му почв-ю. – Москва, 2006. – Вып. 2. – №2. – С. 177-191.

468.Чернова, О. В. Сохранение почв на охраняемых территориях как необходимое условие поддержания биоразнообразия / О. В. Чернова. – М.: Товарищество научных изданий КМК, 2011. – С. 237-244.

469.Чернова, О. В. Сохранение естественных почв на охраняемых природных территориях Российской Федерации / О. В. Чернова // Изв. РАН. Серия географическая. – 2012. – № 2. – С. 30-37.

470.Чернова, О. В. Оценка репрезентативности сети особо охраняемых природных территорий России с точки зрения сохранения разнообразия естественных почв [Электронный ресурс] / О. В. Чернова // Электронное научное издание Альманах Пространство и Время. – 2016. – Т. 11. – Вып. 1: Система планета Земля. – Стационарный сетевой адрес: 2227-9490e-aprovr_e-ast11-1.2016.42.

471.Чернова, О. В. Экологическое нормирование: фоновые концентрации микроэлементов в почвах различного гранулометрического состава / Чернова О. В., Бекецкая О. В.; под ред. Г.В. Добровольского и Г.С. Куста // Роль почв в биосфере: Тр. Ин-та экологического почвоведения МГУ имени М.В. Ломоносова. – М.: МАКС Пресс, 2007. – Вып. 8. – С. 113-125.

472.Шаймухаметов, М. Ш. Методика фракционирования органо-глинных комплексов почв с помощью лабораторных центрифуг / М. Ш. Шаймухаметов, К. А. Воронина // Почвоведение. – 1972. – № 8. – С. 134-138.

473.Шамбадаль, П. Развитие и приложение понятия энтропии / П. Шамбадаль. – М.: Наука, 1967. – 200 с.

474.Шамрикова, Е. В. Кислотность почв таежной и тундровой зон Европейского Северо-Востока России / Е. В. Шамрикова. – Санкт-Петербург: Наука, 2013. – 157 с.

475.Шамрикова, Е. В. Возможные источники обменной кислотности в сильнокислых почвах (pHKCl < 3.3) и оценка правильности ее определения / Е. В. Шамрикова, Е. В. Ванчикова, Т. А. Соколова, Е. В. Жангуров, С. В. Денева, Ю. В. Боброва, Е. В. Кызъюрова // Почвоведение. – 2018. – № 12. – С. 1431-1445.

476. Шамрикова, Е. В. Варьирование показателей кислотно-основного состояния автоморфных суглинистых почв таежной и тундровой зон Республики Коми / Е. В. Шамрикова, В. Г. Казаков, Т. А. Соколова // Почвоведение. – 2011. – № 6. – С. 1-14.

477. Шамрикова, Е. В. Взаимосвязь между различными формами кислотности автоморфных суглинистых почв тундры и тайги / Е. В. Шамрикова, Т. А. Соколова // Почвоведение. – 2013. – № 5. – С. 556-569.

478. Шамрикова, Е. В. Идентификация буферных реакций при титровании водных суспензий целинных и пахотных горизонтов подзолистых почв кислотой и основанием / Е. В. Шамрикова, Т. А. Соколова, И. В. Забоева // Почвоведение. – 2002. – № 4. – С. 412-423.

479. Шамрикова, Е. В. Кислотно-основная буферность органогенных горизонтов подзолистых и болотно-подзолистых почв республики Коми / Е. В. Шамрикова, Т. А. Соколова, И. В. Забоева // Почвоведение. – 2003. – № 7. – С. 797-807.

480. Шарый, П. А. О международном опыте применения методов топографии в ландшафтных исследованиях (краткий обзор) / П. А. Шарый, Г. А. Курякова, И. В. Флоринский // Геометрия структур земной поверхности. – Пущино, 1991. – С. 15-29.

481. Шеин, Е. В. Полевые и лабораторные методы исследования физических свойств и режимов почв: Методическое руководство / Е. В. Шеин. – М.: Изд-во МГУ, 2001. – 200 с.

482. Шеломенцев, В. Н. Развитие и совершенствование системы особо охраняемых природных территорий как один из факторов устойчивого развития Российской Федерации / В. Н. Шеломенцев, Л. Е. Петрова // Землеустройство, кадастр и мониторинг земель. – 2017. – № 6. – С. 38-43.

483. Шипунов, Ф. Я. Организованность биосферы / Ф. Я. Шипунов; отв. ред.: П.А. Коржуев, К.П. Флоренский // Акад. наук СССР, Секция наук о Земле, Отд-ние геологии, геофизики и геохимии. – Москва: Наука, 1980. – 290 с.

484. Шоба, С. А. Особенности пространственной дифференциации почв заповедника «Басеги» (Средний Урал) / С. А. Шоба, Н. О. Ковалева, И. А. Самофалова, О. А. Лузянина; под ред. Н.О. Ковалевой // Роль почв в биосфере: Труды Института экологического почвоведения МГУ имени М.В. Ломоносова. – М.: МАКС Пресс, 2014. – Вып. 14. – С. 5-17.

485. Шульц, Э. Характеристика разлагаемой части органического вещества почв и ее трансформации при помощи экстракции горячей водой / Э. Шульц, М. Кершенс // Почвоведение. – 1998. – № 7. – С. 870-894.

486. Юдович ,Я. Э. Региональная геохимия осадочных толщ / Я. Э. Юдович. – Ленинград: Наука, 1981. – 276 с.

487. Юдович, Я. Э. Геохимические индикаторы литогенеза (литологическая геохимия) / Я. Э. Юдович, М. П. Кетрис. – Сыктывкар: Геопринт, 2011. – 742 с.

488. Юдович, Я. Э. Основы литохимии / Я. Э. Юдович, М. П. Кетрис. – СПб: Наука, 2000. – 479 с.

489. Яшин, И. М. Изучение генезиса почв Центральнолесного государственного природного биосферного заповедника / И. М. Яшин, И. И. Васенев, Л. П. Когут, Е. Б. Таллер, И. С. Прохоров // Агрохимический вестник. – 2013. – № 6. – С. 34-38.

490. Álvarez Arteaga, G. Soil altitudinal sequence on base-poor parent material in a montane cloud forest in N. Sierra Juárez, Southern Mexico / G. Álvarez Arteaga, N. E. García Calderón, P. V. Krasilnikov, S. N. Sedov, V. O. Targulian, R. N. Velázquez // Geoderma. – 2008. – 144(3-4). – P. 593-612

491. Ballabio, C., Mapping topsoil physical properties at European scale using the LUCAS database / C. Ballabio, P. Panagos, L. Monatanarella // Geoderma. – 2016. – Vol. 261. – P. 110-123.

492. Batista, M. J. Biogeochemistry in Neves Corvo mining region, Iberian Pyrite Belt, Portugal / M. J. Batista, M. M. Abreu, M. S. Pinto // Journal of Geochemical Exploration. – 2007. – Vol. 92. – P. 159-176.

493. Behera, S. K. Spatial distribution of surface soil acidity, electrical Conductivity, soil organic carbon content and exchangeable Potassium, calcium and magnesium in some cropped acid Soils of India / S. K. Behera, A. K. Shukla // Land Degrad. Dev. – 2015. – Vol. 16. – P. 71-79.

494. Blume, H. R. Genetic evaluation of profile distribution of aluminium, iron and manganese oxides / H. R. Blume, U. Schwertmann // Soil Sci.Society of America Proceedings. – 1969. – Vol. 33. – № 3. P. – 438-444.

495. Bodegom, P. M. Prediction reducible soil iron content from iron extraction data / P. M. Bodegom, J. Reeven, H. A. C. D. Gon // Biogeochemeistry. – 2003. – Vol. 64. – P. 231-245.

496. Bowen, H. I. M. Environmtntal Chemistri of the Elements / H. I. M. Bowen. – N.-Y.: Academic Press, 1979. – 333 p.

497. Broll, G. Mountain ecosystems: studies in treeline ecology / G. Broll, B. Keplin. – Berlin; Heidelberg: Springer, 2005. – 354 p.

498. Derome, J. Atmospheric deposition and the mobility of cations in forest soil / J. Derome // Environmental geochemistry in Northern Europe. – Espoo, 1991. – P. 29-39.

499. Determination of soil loss tolerance of an entisol in Southwest China / G. Liu, L. Li, L. Wu et al // Soil Sci. Soc. Am. J. – 2009. – Vol. 73. – № 2. – P. 412-417.

500. Dymov, A. A. Soil organic matter composition along altitudinal gradients in permafrost affected soils of the Subpolar Ural Mountains / A. A. Dymov, E. V. Zhangurov, F. Hagedorn // Catena. – 2015. – Vol. 131. – P. 140-148.

501. Fedo, C. M., Nesbitt H. W., Young G. M. Unraveling the effects of potassium metasomatism in sedimentary rocks and paleosols, with implications for paleoweathering conditions and provenance / C. M. Fedo, H. W. Nesbitt, G. M. Young // Geology. – 1995. – Vol. 23. – P. 921-924.

502. Florea, N. Asamblajul pedogeografic-expressie a organizaru spatiale a invelisului de sol / N. Florea // Stud. si cerc. geol., geofiz., geogr. – 1989. – Vol 36. – P. 3-8.

503. Forest Soil Conditions in Europe. Results of a Large-Scale Soil Survey. EC-UN/ECE. – Brussels, Geneva, 1997. – 261 p.

504. Fu, G. Response of ecosystem respiration to experimental warming and clipping at daily time scale in an alpine meadow of Tibet / G. Fu, Z. Shen, X. Zhang, C. Yu, Y. Zhou, P. Yang // Journal of Mountain Science. – 2013. – Vol. 10. – P. 455-463.

505. Gallet, S. Geochemical characterization of the Luochuan loess-paleosol sequence China and paleoclimatic implications / S. Gallet, J. Borming, T. Masayuki // Chemical Geology. – 1996. – Vol. 133. – P. 67-88.

506. Gersper, P. L. Chemical and physical soil properties and their seasonal dynamics at the Barrow intensive site / P. L. Gersper // Proc. Tundra Biome Symposium. – Washington, 1972. – P. 10-25.

507. Gouri, S. B. Comparison of GIS-based interpolation methods for spatial distribution of soil organic carbon (SOC) / S. B. Gouri, S. B. Gouri, P. K. Shit, R. Maiti // Journal of the Saudi Society of Agricultural Sciences. – 2016. – Vol. 2. – P. 1-13.

508.Gray, D. P. Acid Mine Drainage Index (AMDI): a benthic invertebrate biotic index for assessing coal mining impacts in New Zealand streams / D. P. Gray, J. S. Harding, // New Zealand Journal of Marine and Freshwater Research. – 2012. – № 46. – P. 335–352.

509.Gubareva, T. S. Classification of river basins and hydrological regionalization (as exemplified by Japan) / T. S. Gubareva // Geography and Natural Resources. – 2012. – № 33 (1). – P. 74-82.

510.Haase, G. Struktur und Gliederung der Pedosphare in der regionischen Dimension / G. Haase // Beitr. Geogr. – 1979. – Vol. 29. – №. 3. – 250 p.

511.Harnois, L. The CIW index: A new chemical index of weathering / L. Harnois // Sedimentary Geology. – 1988. – Vol. 55. – P. 319-322.

512.Hole, F. D. Soil landscape analysis / F. D. Hole, J. B. Campbell // Rowman & Allanheld Publishers. – 1985. – 216 p.

513.Homann, P. S. Soil organic carbon in a mountainous, forested region: relation to site characteristics / P. S. Homann, P. Sollins, H. N. Chappell, A. G. Stangenberger // Soil Sci. Soc. Am. J. – 1995. – Vol. 59. – P. 1468-1475.

514.Hugget, R. J. Soil landscape systems: a model of soil genesis / R. J. Hugget // Geoderma. – 1975. – №. 13. – P. 1-22.

515.Hussain, I. Distribution of total dissolved solids in drinking water by means of Bayesian kriging and gaussian spatial predictive process water quality / I. Hussain, M. Shakeel, M. Faisal [and all] // Expos. Health. – 2014. – Vol. 6. – P. 177-185.

516.Kabata-Pendias, A. Trace elements in soils and plants / A. Kabata-Pendias, H. Pendias. – Boca Raton: CRC Press, 1992. – 365 p.

517.Kaizer, K., Zech W. Sorption of dissolved organic nitrogen by acid subsoil horizon and individual mineral phases / K. Kaizer, W. Zech // European J. of Soil Science. – 2000. – №. 51. – P. 403-411.

518.Khayrulina, E. A. The Kizel coal basin (the Western Urals, Russia): environmental problems and solutions / E. A. Khayrulina, V. T. Khmurchik, N. G. Maksimovich The // Mining meets water – conflicts and solutions. Proceedings IMWA, 2016. Annual conference. – Leipzig, 2016. – P. 761-767.

519.Kondrateva, M. A. Buffering Properties of Mountain Soils to ACid Effects and Their Absorption Capacity / M. A. Kondrateva, I. A. Samofalova, A. A. Soboleva, N. V. Sokolova // Book of proceedings: Sixth International Scientific Agricultural Symposium «Agrosym 2015», October 15-18. – Jahorina, 2015. – P. 1394-1400.

520.Kronberg, B. I. Quantification of weathering, suil geochemistry and soil fertility / B. I. Kronberg, H. W. Nesbitt // Journal of Soil Science. – 1981. – № 32. – P. 453-459.

521.LeBorgne, E. Surles proprietes magnetigues des sols et Congn / E. LeBorgne // Soil Sci. – 1954. – Vol 3. – № 2. – P. 34-46.

522.Linres, X. Zlozitost struktury podneho pokryvu hodnotena pomocou entropie / X. Linres [et. al.] // Ved. Pr. VU podozalec. Vysivy rastl. – Bratislave, 1983. – № 12. – P. 133-145.

523.Liu, L. Spatial variability of soil organic carbon in the forestlands of northeast China / L. Liu, H. Wang, W.Dai [et. al.] // J. Forest. Res. – 2014. – Vol. 25 (4). – P. 867-876.

524.Maksimovich, N. G. Environmental assessment of closeded coal mine territory using GIS analysis / N. G. Maksimovich, S. V. Pyankov, E. A. Khayrulina // Mine Water and Circular Economy. – IMWA (Lappeenranta, Finland), 2017. – P. 212-217.

525.Maniar, P. D. Tectonic discrimination of granitoids / P. D. Maniar, P. M. Piccoli // Geol. Soc. Amer. Bull. – 1989. – Vol. 101. – № 5. – P. 635-643.

526.McFadden, L. D. Soil geomorphology: the linkage of pedology and surficial processes / L. D. McFadden, P. L. K. Knuepfer // Geomorphology. – 1990. – №. 3-4. – P. 197-205.

527.Mc-Lennan, S. M. Weathering and global denudation / S. M. Mc-Lennan // Journal of Geology. – 1993. – Vol. 101. – P. 295-303.

528.Mehra, J. P. Iron oxide removal from soils and clays by dithionite-citrate systems buffered with sodium bicarbonate / J. P. Mehra, M. L. Jackson // Clays Clay Miner. – 1960. – Vol. 7. – P. 317-327.

529.Mirzaei, R. Comparison of interpolation methods for the estimation of groundwater contamination in Andimeshk–Shush Plain Southwest of Iran / R. Mirzaei, M. Sakizadeh // Environ. Sci. Pollut. Res. – 2015. – Vol. 24. – P. 1-12.

530.Moskalenko, A. A. Justification of geoinformation system on land soils quality monitoring / A. A. Moskalenko // Землеустрій, кадастр і моніторинг земель. – 2012. – № 3-4. – С. 108-112.

531.Myers, J. Identifying metals contamination in soil: A geochemical approach / J. Myers, K. Thorbjornsen // Soil Sediment Contam. – 2004. – Vol. 13. – P. 1-16.

532.Manceau, A. Quantitative Zn speciation in smelter-contaminated soils by EXAFS spectroscopy / A. Manceau, B. Lanson, M. L. Schlegel, J. C. Harge, M. Musso, L. Eybert-Berard, J-L. Hazemann, D. Chateigner, G. M. Lamble // American J. Sci. – 2000. – Vol. 300. – P. 289-343.

533.Nesbitt, H. W. Formation and diagenesis of weathering profiles / H. W. Nesbitt, G. M. Young // J. Geol. – 1989. – Vol. 97. – № 2. – P. 129-147.

534.Nesbitt, Y. W. Early Proterozoic climates and plate motions inferred from major element chemistry of lutites / Y. W. Nesbitt, G. M. Young, // Nature. – 1982. – Vol. 299. – P. 715-717.

535.Nordt, L. C. New weathering index improves paleorainfall estimares from Vertisols / L. C. Nordt, S. Driese // Geology. – 2010. – Vol. 38. – P. 407-410.

536.Pan, F. Scale effects on information theory-based measures applied to streamflow patterns in two rural watersheds / F. Pan, Y. A. Pachepsky, A. K. Guber, B. J. McPherson, R. L. Hill // Journal of Hydrology. – 2012. – P. 99-107.

537.Pang, S., Li T. X., Zhang X. F. [et. al.]. Spatial variability of cropland lead and its influencing factors: a case study in Shuangliu county, Sichuan province, China / S. Pang, T. X. Li, X. F. Zhang [et. al.]. // Geoderma. – 2011. – Vol. 162. – P. 223-230.

538.Pelto, Ch. R. Mapping of multicomponents systems / Ch. R. Pelto // J. Geology. – 1954. – Vol. 62. – № 5. – P. 501-511.

539.Petty, J.T. Water quality variability in tributaries of the Cheat River, a mined Appalachian watershed / J.T. Petty, J. Barker // Proceedings of the American society of mining and reclamation. – 2004. – № 15. – P. 1–21.

540.Petty, J. T. Landscape indicators and thresholds of stream ecological impairment in an intensively mined Appalachian watershed / J. T. Petty, J. B. Fulton, M. P. Strager, G. T. Merovich, J. M. Stiles, P. F. Ziemkiewicz // Journal of the North American Benthological Society. – 2010. – № 29. – P. 1292-1309.

541.Praslova, N. V. Spatial-temporal variability of soil moisture, nitrogen availability indices and other chemical properties in hoop pine (araucaria cunninghamii) plentations of subtropical Australia / N. V. Praslova, Z. N. Xu, P. G. Saffigna, J. Dieters // Forest Ecology and Management. – 2000. – Vol. 1/3. – P. 1-10.

542.Retallack, G. Soils and Global Change in the Carbon Cycle over Geological Time / G. Retallack // Treatise On Geochemistry. – 2003. – Vol. 5. – P. 581-605.

543.Retallack, G. J. Soils of the past: an Introduction to Paleopedology / G. J. Retallack. – Oxford: Blackwell, 2001. – P. 600.

544.Rhoton, F. E. Soil Geomorphological Characteristics of a Semiarid Watershed / F. E. Rhoton, W. E. Emmerich, D. C. Goodrich, S. N. Miller, D. S. Mc.Chesney // Soil Science Society of America. – 2006. – Vol. 70. – № 5. – P. 1532-1540.

545.Robinson, T. P. Testing the performance of spatial interpolation techniques for mapping soil properties / T. P. Robinson, G. M. Metternicht // Comput. Electeron. Agric. – 2006. – Vol. 50. – P. 97-108.

546.Saito, H. Geostatistical interpolation of object counts collected from multiple strip transects: ordinary kriging versus finite domain kriging / H. Saito, A. McKenna, D. A. Zimmerman, T. C. Coburn // Stoch. Environ. Res. Risk Assess. – 2005. – Vol. 19. – P. 71-85.

547. Samofalova, I. Geochemical features of the elemental composition of soils in undisturbed ecosystems in the Middle Urals (for example the Reserve "Basegi") / I. Samofalova // French Journal of Scientific and Educational Research. July-December, 2014. – Paris: Paris University Press, 2014. – Vol. III. – №.2. (12). – P. 156-170.

548. Samofalova, I. A. Genetic Charakteristics of Braun Forest Soils on the Middle Urals / I. A. Samofalova // American Journal of Environmental Protection. – 2015a. – Vol. 4 (3-1). – P. 148-156.

549. Samofalova, I. A. Granulometry features in mountain soils / I. A. Samofalova // Book of proceedings: Sixth International Scientific Agricultural Symposium «Agrosym 2015», October 15-18. – Jahorina, 2015b. – P. 1383-1387.

550. Samofalova, I. Geo-Modeling of Soil Cover in Inaccessible Areas (Perm Region, the Middle Urals). / Global Soil Map 2017 Proc. (Moscow Russia 2018 D Arrouays (ed), I Savin (ed), J Leenaars (ed), A McBratney (ed) Global Soil Map–Digital Soil Mapping from Country to Globe Boca Raton. – London: CRC Press Taylor & Francis Group? 2018a. – P. 137-144.

551. Samofalova, I. Soil Cover in the North Urals / I. Samofalova // Agricultural Studies. – 2018b. – Vol. 2. – Issue 2. – P. 1-10.

552. Samofalova, I. A. Geochemical Indices of Weathering and Elementary Processes in Mountain Soils in the Middle Urals / I. A. Samofalova // International Journal of Applied Exercise Physiology. – 2020. – Vol. 9 (4). – P. 198-214.

553. Samofalova, I. A. Typical features of short-profile soils in the Middle Urals / I. A. Samofalova // IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science / The VIII Congress of the Dokuchaev Soil Science Society https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1755-1315/862/1/012009/pdf / 862 (2021) 012009 IOP Publishing doi:10.1088/1755-1315/862/1/012009.

554. Samofalova, I. Microelement composition of soils (Basegi Ridge, Middle Urals) and its spatial differentiation: / I. A. Samofalova // International Symposium on “Soil Science and Plant Nutrition” (EURASIAN SOIL Symposium 2022). 2022. Pp. 43-48. file:///C:/Users/user/Downloads/1671012304.pdf

555.Samofalova, I. Features soil mountain-taiga zone the middle urals / I. Samofalova, O. Luzyanina, E. Maulina, L. Kulkova // Igdir university jurnal of the institure of science and technology. Igdir university jurnal of the institure of science and technology. – 2 (2EK: A): 2012. – P. 93-100.

556.Samofalova, I. Gravelly as diagnostic indicator for soils under subalpine meadows (for example reserve "Basegi") / I. Samofalova, O. Luzyanina, N. Sokolova // Book of proceedings: 9th International Soil Science Cjngress on «The Soul of Soil and Civilization» 14-16 Oktober, 2014. – Side, Antalya, Turkey, 2014. – P. 443-447.

557.Samofalova, I. A. Diagnostics of soils of different altitudinal vegetation belts in the Middle Urals according to group composition of iron compounds / I. A. Samofalova, O. B. Rogova, O. A. Luzyanina // Geography and Natural Resources. – 2016. – Vol. 1. – P. 71-78.

558.Samsonova, V. P. Use of empirical bayesian kriging for revealing heterogeneities in the distribution of organic carbon on agricultural lands / V. P. Samsonova, Y. N. Blagoveshchenskii, Y. L. Meshalkina // Eurasian Soil Science. – 2017. – Vol. 50. – № 3. – P. 305-311.

559.Sanchez, P. A. Digital soil map of the World / P. A. Sanchez, S. F. Ahamed, A. E. Carre, J. Hartemink, J. Hempel, P. Huising, A.B. Lagacherie, N. J. McBratney, M. L. McKenzie de Mendonca-Santos [et. al.] // Science. – 2009. – Vol 325. – № 5941. – P. 680-681.

560. Sandler, A. Sub-Cambrian pedogenesis recorded in weathering profiles of the Arabian-Nubian Shield / A. Sandler, N. Teutsch, D. Avigab // Sedimentology. – 2012. – № 59. – P. 1305-1320.

561.Sayranova, P. Acid track in different types of soils in the Middle Urals / P. Sayranova, I. Samofalova // GREEN ROOM SESSIONS 2018. International GEA (Geo Eco-Eco Agro) Conference 1-3 November. – Podgorica, Montenegro, 2018. – P.177.

562.Schilman, B. Global climate instability reflected by Eastern Mediterranen marine records during the late Holocene / B. Schilman [et. al.] // Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology. – 2001. – Vol. 176. – P. 157-176.

563.Schumm, S. A. Evolution of drainage systems and slopes in Badlands at Perth Amboy, New Jersey / S. A. Schumm // Bull. Geol. Soc. Amer. – 1956. – Vol. 67. – P. 597-646.

564.Schwertmann, U. Occurrence and formation of iron oxides in various pedoenviroment / U. Schwertmann // Iron in soil and clay minerals. – Dordrecht : Rediel, 1988. – P. 267-308.

565.Schwertmann, U. The first occurrence of schwertmannite in a natural stream environment / U. Schwertmann, J. M. Bigham, E. Murad // Eurupean Journal of Mineralogy. – 1995. – Vol. 7. – P. 547-552.

566.Schwertmann, U. Iron Minerals in Surface Environments / U. Schwertmann, R. W. Fizpatrick; Eds.:H.S.W. Skiner W. // Biomineralization processes of iron and manganese: modern and ancient environments. – Fizpatrick Gremlingen-Destedt: Catena-Verlag, 1992. – 432 p.

567.Seibert, J. Topographical influences on soil properties in boreal forest / J. Seibert, J. Stendahl, R. Sorensen // Geoderma. – 2007. – №. 141. – P. 139-148.

568.Senol, H. Geochemical mass balance applied to the study of weathering and evolution of soils / H. Senol, T. Tunçay, O. Dengiz Geochemical // Indian Journal of Geo Marine Sciences. – 2018. – Vol. 47 (09). – P. 1851-1865.

569.Shannon, C. E. A Mathematical Theory of Communication / C. E. Shannon // Bell System Technical Journal. – 1948. – Vol. 27. – P. 379-423, 623-656.

570.Singh, N. P. Monitoring the impact of coal mining and thermal power industry on landuse pattern in and around Singrauli Coalfield using Remote Sensing data and GIS / N. P. Singh, T. K. Mukherjee, B. B. Shrivastava // Journal Ind. Soc. Remote Sensing. – 1997. – Vol. 25. – P. 61-72.

571.Singh, V.P. Entropy theory for derivation of infiltration equations // Water Resour. – 2010a. – Res. 46, W03527. doi:10.1029/2009WR008193.

572.Singh, V.P. Entropy theory for movement of moisture in soils / V.P. Singh // Water Resour. – 2010b. – Res. 46, 03516. doi:10.1029/2009WR008288.

573.Stefanovits, P. Broun forest soils of Hungary / P. Stefanovits. – Budapest: Academiai Kiado, 1971. – 261 p.

574.Tamm, C. O. Effect of acid treatment on dissolved organic carbon retention by a spodic horizon / C. O. Tamm, M. B. David // Soil Sci. Soc. Am. J. – 1989. – Vol. 53. – P. 1242-1247.

575.Thomas, G. W. Exchangeable Cations / G. W. Thomas // Methods of Soil Analysis. Agronomy Monograph no. 9. – USA, 1982. – Part 2. – P. 159-165.

576.Tunçay, T. Chemical weathering rates and geochemical-mineralogical characteristics of soils developed on heterogeneous parent material and toposequence / T. Tunçay, O. Dengiz // Carpathian Journal of Earth and Environmental Sciences. – 2016. – Vol. 11. – № 2. – P. 583-598.

577.Tyler, G. Vertikal distribution of maior, minor, and rare elements in Haplic Podzol / G. Tyler // Geoderma. – 2004. – Vol. 119. – P. 277-290.

578.Vlag, P. A. Evaluating climate change by multivaried statistical techniques on magnetic and chemical proprerties of marine sediments / P. A. Vlag, P. P. Kruiver, M. J. Dekkers // Paleogeography, Paleoclimatology, Paleoecology. – 2004. – Vol. 212. – P. 23-44.

579.Waikar, M. L. Morphometric Analysis of a Drainage Basin Using Geographical Information System: A Case study / M. L. Waikar, P. Nilawar Aditya // International Journal of Multidisciplinary and Current Research. – 2014. – Vol. 2. – P. 179-184.

580.Ward, J. H. Hierarchical grouping to optimize an objective function / J. H. Ward // Journal of the American statistical assoc. – 1963. – Vol. 58 (301). – P. 236-244.

581.Waroszewski, J. Lithological discontinuities in Podzols developed from sandstone cover beds in the Stolowe Mountains (Poland) / J. Waroszewski, M. Malkiewicz, R. Mazurek, B. Labaz, P. Jezierski, C. Kabala // Catena. – 2015. – Vol. 126. – P. 11-19.

582.Waroszewski, J. Pleistocene–Holocene cover–beds on granite regolith as parent material for Podzols–an example from the Sudeten Mountains / J. Waroszewski, K. Kalinski, M. Malkiewicz, R. Mazurek, G. Kozlowski, C. Kabala // Catena. – 2013. – Vol. 104. – P. 161-173.

583.Wei, J. B. Spatial variability of soil properties in relation to land use and topography in a typical small watershed of the black soil region, northeastern China / J. B. Wei, D. N. Xiao, H. Zeng, Y. K. Fu // Environ. Geol. – 2008. – Vol. 53. – P. 1663-1672.

584.Wisniewcki, J. Acid rain deposition patterns in the continental United States / J. Wisniewcki, E. Keitz // Water, Air, Soil Pollut. – 1983. – Vol. 19. – P. 327-339.

585.Yan, C. Study of remote sensing index indicators about the mine environment evaluation / C. Yan, R. Liu, S. Liu, L. Wu, S. Liu // International Geoscience and Remote Sensing Symposium (IGARSS). – 2004. – Vol. 1. – P. 579-581.

586.Zare-mehrjardi, M., Taghizadeh-Mehrjardi R., Akbarzadeh A. Evaluation of geostatistical techniques for mapping spatial distribution of soil PH, salinity and plant cover affected by environmental factors in Southern Iran // Not. Sci. Biol. – 2010. – Vol. 2 (4). – P. 92-103.

587.Zhang, W. Ancillary information improves kriging on soil organic carbon data for a typical karst peak cluster depression landscape / W. Zhang, K. L. Wang, H. S. Chen [et. al.] // J. Sci. Food Agric. – 2012. – Vol. 92. – P. 1094-1102.

588.Zhao, X. A Study on the Remote Sensing Information Model about the Water Pollution Caused by Mine Tailings / X. Zhao, S. Liu, P. Wang, Q. Li, X. Liu, Y. Qu // International Geoscience and Remote Sensing Symposium (IGARSS). – 2003. – Vol. 4. – P. 2483-2487.

Приложения

Приложение 1

Схемы закладки почвенных разрезов

Таблица 1 – Схема распределения почвенных разрезов по высотно-растительным поясам

Горный ландшафт (пояс0	Высота н.у.м.	№ разреза	n	Группа
Горно- лесной пояс	315-590	9, 10, 26, 33, 34, 35, 36, 37, 38, 39, 40, 41, 42, 43, 44, 45, 80, 82, 83, 85, 74, 75, 76	22	I
Парковое редколесье	557-655	6, 7, 15, 16, 17, 19, 20, 21, 22, 27, 111, 125, 126, 129, 130	15	I
Горные болота	492-578	23, 24, 25, 46, 47, 48, 108, 129, 130,		
Субальпийские луга	600-736	1, 5, 8, 28, 29, 49, 50, 54, 57, 58, 59, 60, 69, 61, 62, 63, 66, 68, 72, 73, 109, 110, 117, 119, 127, 128, 131, 132	26	II
Криволесье	715-816	30, 31, 32, 55, 56, 67, 70, 71, 105, 112, 113, 118, 120, 134	14	III
Горная тундра	821-940	13, 14, 18, 51, 52, 53, 64, 65, 102, 103, 104, 114, 115, 116, 117, 133, 134, 136, 137, 138, 139, 140, 142, 143	24	IV

Примечание : n – объем выборки, шт.

Окончание приложения 1

Таблица 2 – Схема заложения почвенных разрезов на ПФП

Высотный пояс	Ландшафты экосистем	№ площадок	Высота н.у.м.,м	№ разреза	Координаты	Крутизна, градус
Тундровый (гольцо-вый)	Тундра пятнистая травяно-моховая	7	940	51, 52, 53	N58˚56′952″ E 58˚29′36″	Ровное, углообразный участок, 3˚
	Мохово-лишайниковая	-	836	102	N 58˚56′768″ E 58˚29′380″	Выровненный участок, склон западный,15˚
Подгольцовый	Елово-березовое криволесье-редколесье	4	811	134 (21-18)		
	Криволесье	-	745	118 (5-18), 56, 31		Уклон на Юго-Запад,
	Субальпийские луга	3	623	66, 63		3˚
		-	608	72		
	Парковое редколесье (пихтово-аконитовый лес)	1	565	22, 19		Склон западной экспозиции. Уклон – 3°.
	Парковое редколесье (ельник папоротниковый)	10	580	15, 16		Склон восточной экспозиции
	Болото сфагновое	11	517	25, 46, 108		
Горно–лесной	Елово–пихтовый лес травяно-кустарничковый	-	389	82	N58º47′36,093″ E 58º21′18,488″	Склон Юго-Запад, 1,5˚
	Ельник березово-еловый травяно-кустарничковый	-	353	37		3˚
	Березняк тавоглго-разнотравный	-	344	33		Пойма р. Малый Басег, уклон 3˚

Приложение 2

Морфометрические характеристики литоводосборных бассейнов (ЛВБ)

Название рек бассейна	F Fп/Fл	P	J	U	K	L	D, км/км^2	α	O
	км^2	км							
Западный склон									
Большой Басег	123,00 47,11/75,88	56,83	27,69	4,44	6,23	65,05	0,53	0,47	Fл>Fп
Берёзовка	38,93 25,80/13,13	36,15	15,24	2,55	5,97	29,82	0,77	-0,65	Fп>Fл
Горевка	14,56 7,21/7,35	22,36	7,02	2,07	3,38	8,50	0,58	0,02	Fл>Fп
Малый Басег	92,14 49,76/42,38	46,29	20,67	4,46	4,64	49,91	0,54	-0,16	Fп>Fл
Сохатка	38,42 19,88/18,54	30,19	8,01	4,80	1,67	24,61	0,64	-0,07	Fп>Fл
Выдерка	28,50 16,71/11,79	27,00	10,00	2,85	3,51	20,5	0,72	-0,35	Fп>Fл
Большая Порожная	67,27 26,10/41,17	66,32	11,03	6,10	1,81	45,14	0,67	0,45	Fл>Fп
Болотная	10,73 4,61/6,12	15,21	4,37	2,46	1,78	7,60	0,71	0,28	Fл>Fп
Побоища	20,40 11,50/11,90	24,22	6,13	3,33	1,84	12,3	0,60	0,04	Fл>Fп
Басежная	35,44 20,09/15,35	31,68	5,52	6,42	0,86	15,73	0,44	-0,27	Fп>Fл
V	77	45	65	39	60	70	16	-	-
Восточный склон									
Каростелёвка	121,70 82,06/39,67	58,51	20,61	5,90	3,49	33,81	0,28	-0,70	Fп>Fл
Большая Хариусная	88,79 60,96/27,83	57,02	22,04	4,03	5,47	30,64	0,35	-0,75	Fп>Fл
Щегровитка	42,40 23,23/19,17	27,39	11,05	3,84	2,88	15,10	0,36	-0,19	Fп>Fл
Порожная	63,46 19,25/44,21	37,08	13,08	4,85	2,70	20,27	0,32	0,79	Fл>Fп
Малая Мясная	7,68 3,83/3,85	13,16	2,18	3,52	0,62	2,18	0,28	0,01	Fл>Fп
Талая	25,12 12,47/12,65	22,17	5,63	4,46	1,26	10,00	0,40	0,01	Fл>Fп
V	73	52	64	19	63	65	14	-	-

Примечание: F - площадь бассейна, P - общий периметр бассейна, J - протяжённость реки (в плане), U - средняя ширина водосбора, K - коэффициент вытянутости водосбора, Fп/Fл - площадь правой и левой части бассейна, α - коэффициент ассиметрии, O - вид ассиметрии (правая/левая), L - общая длинна рек бассейна, D - густота речной сети, V - коэффициент вариации.

Приложение 3

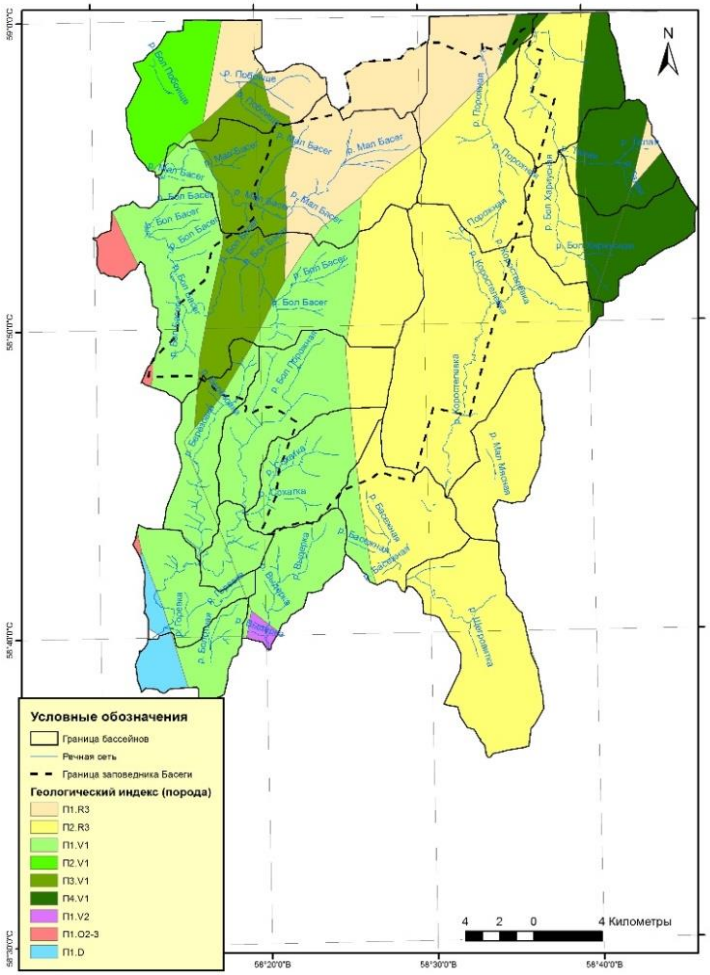
Морфометрическая характеристика элементов литоводосборных бассейнов в пределах хребта Басеги, км^2

Название бассейна рек	Внутренняя долина	Водосборная воронка	Поверхность водосбора	Фанды	Общая
Западный склон					
Большой Басег	4,0	3,1	61,8	54,4	123,3
Берёзовка	3,7	1,1	19,3	16,1	40,2
Горевка	4,9	1,4	54,4	31,2	92,0
Малый Басег	4,9	1,4	54,4	31,2	92,0
Сохатка	1,8	1,4	16,3	18,8	38,3
Выдерка	1,8	0,6	15,0	10,3	27,8
Большая Порожная	5,6	1,0	33,2	26,4	66,2
Болотная	1,7	0,3	3,4	3,7	9,1
Побоища	1,1	0,3	12,4	9,4	23,2
Басежная	0,5	0,7	15,6	15,7	32,5
V	61	72	73	69	68
Восточный склон					
Каростелёвка	6,5	0,6	44,9	69,7	121,7
Большая Хариусная	5,0	1,0	35,4	44,7	86,1
Щегровитка	1,8	0,1	20,7	19,4	42,0
Порожная	2,7	0,6	28,7	32,9	64,9
Малая Мясная	1,2	0,1	2,3	4,2	7,7
Талая	1,0	1,3	9,8	12,9	25,0
V	74	81	68	78	72

Примечание: V - коэффициент вариации.

Приложение 4

Геологическое строение территории



Условные обозначения

1. П1. R3. Бежевый цвет. Верхний рифей. Басегская серия. Сланцы серицит-хлорит-кварцевые.
2. П2. R3. Желтый цвет. Верхний рифей. Басегская серия. Клыктанская свита. Кварцито-песчаники, сланцы.
3. П1. V1. Бледно-зеленоватый цвет. Вендская система, нижний отдел. Танинская свита. Конгломераты тиллитовидные, сланцы глинистые.
4. П2. V1. Ярко-зеленый цвет. Вендская система, нижний отдел. Гаревская свита. Песчаники, гравелиты, сланцы филлитовидные.
5. П3. V1. Темно-зеленый цвет. Вендская система, нижний отдел. Керносская свита. Песчаники, гравелиты.
6. П4. V1. Грязно-зеленый цвет. Вендская система, нижний отдел. Вильвинская свита. Песчаники кварцевые, кварцитопесчаники.
7. П1. V2. Фиолетовый цвет. Вендская система, верхний отдел. Старопечнинская свита. Алевролиты, аргиллиты.
8. П1. O2-3. Малиновый цвет. Ордовикская система, средний-верхние отделы. Промысловая серия. Известняки, доломиты, мергели.
9. П1. D. Бирюзовый цвет. Девонская система нерасчлененные отложения. Такатнинская серия. Известняки, доломиты.

Приложение 5

Морфологическое описание почв (фрагмент базы данных)

5.1 Почвы отдела литоземы

Разрез 52. Высота н.у.м 939 м. Географические координаты: 58º56’950’’ с.ш. 58º29’380’’ в.д. Горная тундра. Выровненный участок на вершине горы. Растительность: можжевельник сибирский, горец змеиный, черника, шикша, голубика, брусника, сфагновые мхи. Почва: *литозем перегнойный на элювиальных отложениях метаморфических пород*.

$О_ч$ 0-8 см – очес, влажный, черно-коричневый, рыхлый, не пятнистый, очень мягкий, густо переплетен корнями.

H 8-15 см – перегнойный, влажный, черно-коричневый, рыхлый, много корней, мягкий, переход ясный по цвету.

AH 15-18 см – перегнойно-темногумусовый, влажный, светло-коричневый, уплотнен, включения камней, единичные корни, мягкий.

AU 18-25 см – темногумусовый, влажный, коричневый, плотный, корней нет.

C > 25 см – элювий метаморфических пород.

Разрез 53. Высота н.у.м. 937 м. Географические координаты: 58º56’96’’ с.ш 58º29’365’’ в.д. Растительность: можжевельник сибирский, голубика, брусника, черника, шикша, горец змеиный, вейник. Почва: *литозём перегнойный перегнойно-торфяный на элювиальных отложениях метаморфических пород*.

Оч 0-4 см – очёс.

HTh 6-9 см – перегнойно-торфяный горизонт, черный, увлажнен, очень мягкий, густые корни, переход ясный по цвету.

AUh 14-20 см – перегнойно-темногумусовый, коричнево-бурый, увлажнен, мягкий, много корней, рыхлый, переход ясный по структуре.

AC > 20 см – темно-бурый, есть включения камней, влажный, бесструктурный.

Разрез 64. Высота н.у.м 936 м. Тундра, гора Северный Басег. Растительный покров: можжевельник сибирский, черника, голубика, брусника, горец змеиный, шикша, вейник, лишайники. Профиль до 25 см. Почва: *торфяно-литозем перегнойно-торфяный на элювии метаморфических пород.*

$О_ч$ 0-3 см – представляет из себя плотный неразложившийся слой тундровой растительности.

O 3-13 см – подстилочно-торфяный горизонт, черно-сероватый, рыхлый, присутствует большое количество корней, структура ореховато-комковатая, включения щебня.

Th 13-25 см – перегнойно-торфяный горизонт, темно-коричневый, уплотненный, небольшое количество корней, структура ореховато-комковатая, включения щебня.

C > 25 см – элювий метаморфических пород на вершине горы.

Разрез 14. Склон южной экспозиции. Уклон около 30°. Высота н.у.м. 930 м. Хорошо дренированная платообразная ровная терраса перед резким подъемом на вершину г. Северный Басег. Кустисто-лишайниковая тундра: брусника, голубика, черника, водяника, линнея северная, кочим уральский, лишайник листовидный, скерда, марьин корень, купырь лесной. Почва: *сухоторфяно-литозем*.

Ao 0-10 см – моховой очес.

TJ 10-25 см – сухоторфяный горизонт, полуразложившийся торф.

R 25-□ см – кварцито-песчаник.

Разрез 7. Склон южной экспозиции. Уклон около 15°. Высота н.у.м. 760 м. Умеренно дренированный выровненный участок в средней части склона горы. Березовое криволесье крупнопапоротниковое. Рябина, береза, пихта, красная смородина, малина. Папоротник, кипрей, горец змеиный, купырь лесной, тмин обыкновенный, сныть обыкновенная, дудник лесной. Осока коричневатая образует небольшие кочки. В напочвенном покрове – мох. Почва: *литозем темногумусовый ожелезненный.*

Продолжение приложения 5

Ad 0-5 см – полуразложившаяся дернина.
AUf 5-13 см – бурый, сырой, непрочно-мелкоореховатый, встречаются охристые пятна оксидов железа и очень мелкие черные пятна (возможно разложившиеся органические остатки, либо гумус), встречаются друзы минералов (горный хрусталь), переход ясный.
C 13-18 см – бурая глина, много щебня.

Разрез 54. Высота н.у.м. 755 м. Географические координаты: 58°56.518′ с.ш , 58°29.385′ в.д. Тимофеевка, герань лесная, вейник, крапива двудомная. Почва: *литозем серогумусовый*.
Ao 0-2 см – лесная подстилка.
AY 2-9 см – коричнево-черный, сырой, зернистая структура, рыхлый, много корней, переход ясный по цвету.
AY1 9-17 см – коричневый, сырой, мелкозернистая структура, плотный, включения камней, еденичные корни, ясный переход по цвету.
AY1C >17 см – коричневый, плотный, бесструктурный, с глубины 17 см пошла вода много корней.

Разрез 76. Высота 420 м над у.м., 700 м от развилки дорог (кв. 63) на восток и 20 м от дороги на юг. Растительно-древесная группировка представлена березово-осиновый лес, малина, шиповник, звездчатка жестколистная, вейник, щитовник. Почва: *литозем серогумусовый типичный на элювии метаморфических пород.*
Ad 0-6 см – дернина полуразложившаяся.
AY 6-18 см – серовато-бурый, творожистой структуры, много корней растений, переход заметный по цвету.
AYel 18-30 см – светло-бурый, почти палевый, непрочно-комковатый, встречаются корни растений, переход заметный по цвету и плотности.
C <30 см – материнская порода.

Разрез 45. Высота над уровнем моря 363 м. Находится в 293 м на запад от кордона «Неустроевка». Уклон 3^0 западное направление. Левый берег притока реки Малый Басег. Дренированный участок пологого склона на юго-восток к притоку реки Малый Басег. Ельник черничник-зеленомощник. Растительная группировка: березовый лес, ели, шиповник, малина, папоротник, осока, костяника, звездчатка. Почва: *литозем грубогумусовый ожелезненный мелкий тяжелосуглинистый сильноскелетный на элювии метаморфических пород.*
O_{ao} 0-5 см – лесная подстилка.
AO 5-13 см – влажный, почти черный окрас, рыхлый, корни растений, мелкий щебень, включения подстилающей породы, переход четкий по цвету и плотности.
Cf 13-35 см – влажный, серый окрас, плотный, много корней растений, много щебеня от среднего до крупного, включения породы (пластинки), включения пятен железа.
R 35-49 см – начинается подстилающая порода, пластинки сланца с мелкоземом между породой.

Разрез 44. Высота н.у.м. 364 м. Уклон около 3°. Западное направление. Левый берег притока р. Малый Басег. Дренированный участок пологого склона на юго-восток к притоку р. Малый Басег. Ельник черничник-зеленомошник: ель, береза, осина, травы почти нет, встречается осока, звездчатка, голубика. Почва: *литозем серогумусовый потечно-гумусовый.*
Ao 0-6 см – лесная подстилка.
AYhi 6-15 см – светло-бурый, влажный, рыхлый, много корней, щебень от мелкого до среднего, гумусовые затеки, переход четкий по цвету и плотности.
Chi 15-30 см – коричневый, влажный, плотный, корни растений, много щебеня от среднего до крупного, гумусовые затеки.

Продолжение приложения 5

5.2 Почвы отдела органо-аккумулятивные

Разрез 51. Высота н.у.м. 940 м. Географические координаты: 58°56'952'' с.ш. и 58°29'36'' в.д. Горная тундра Северного Басега. Растительность: горец змеиный, черника, голубика, брусника, шикша, вейник, можжевельник сибирский. Поверхность ровная, выровненный участок между камней-останцев. Глубина разреза 28 см. Почва: *перегнойно-темногумусовая элювиальная на элювиальных отложениях.*

Оч 0-3 см – влажный, серо-коричневый, бесструктурный, рыхлый, густо переплетен корнями, есть включения камней.

ао 3-10 см – грубогумусовый, влажный, темно-коричневый с серым оттенком, бесструктурный, рыхлый, включения щебня.

АН 10-28 см – перегнойно-темногумусовый, влажный, бурый-коричневый, бесструктурный, рыхлый, включения щебня.

AYel 28-37 см – серогумусовый горизонт, мокрый, палево-бурый, бесструктурный, уплотнен, щебнистый.

С > 38 см – элювий метаморфических пород.

Разрез 6. Высота н.у.м. 750 м. Склон южной экспозиции. Уклон около 20°. Умеренно дренированный покатый участок в средней части склона горы. Березовое криволесье горлецовое. Рябина, пихта, красная смородина. Кипрей, смолевка-хлопушка, манжетка обыкновенная, бодяк разнолистный, вейник, горец змеиный, горец альпийский, звездчатка, герань луговая. Почва: *серогумусовая элювиированная.*

Ad 0-7 см – дернина плотная, слабо разложившаяся.

AY 7-29 см – бурый, сырой, мелкозернистый, много корней растений, очень много мелкого щебня, редко встречается крупный, переход заметный по плотности сложения.

AYel 29-50 см – светло-бурый, но светлее, чем вышележащий и более влажный, сырой, мелкозернистая структура, встречается крупный щебень, переход ясный.

С 50-60 см – бурый глинистый мелкозём, много щебня.

Разрез 5. Высота н.у.м. 700 м. Склон южной экспозиции. Уклон около 20°. Умеренно дренированный покатый участок в средней части склона горы. Щучково-разнотравный луг среди криволесья. Много рябины, черемуха, береза, осина, ель, малина. Аконит, бодяк разнолистный, горчак, кипрей, смолевка-хлопушка, папоротник, вейник наземный, борщевик сибирский, герань луговая, колокольчик скученный, вероника длиннолистная, сныть обыкновенная, горец змеиный, горец альпийский. В напочвенном покрове – мох. Почва: *серогумусовая глинисто-илювиированная.*

Ad 0-6 см – хорошо разложившаяся дернина.

AY 6-11 см – темно-бурый, влажный, сплошь пронизан корнями растений, мелкозернистый, среднесуглинистый, встречается мелкий щебень, переход заметный по окраске и плотности сложения.

AYi 11-29 см – бурый, влажный, густо пронизан корнями, щебня много (от мелкого до крупного), мелкоореховатый, переход ясный.

AY 29-49 см – бурый, сырой, плотный, щебня много разного размера, встречаются единичные корни растений, тяжелосуглинистый.

С 49-56 см – крупные плитки сланцев с небольшим количеством мелкозема.

Разрез 68. Высота н.у.м. 642 м. Географические координаты: 58°56.709′ и 58°30.583′. Луговина в зоне криволесья на восточном склоне. Склон, встречается курумник. Увлажнение – поверхностное и боковое. Каменистость с глубины 20 см, большие камни курумника. Поверхность почвы очень неровная. Растительная группировка – луг (таволга – аконит – костер). Список преобладающих растений: вейник тростниковый, таволга, аконит, чемерица Лобеля, горец альпийский, сныть, колокольчик, герань луговая. Особенности профиля: с

Продолжение приложения 5

глубины 20 см появляются большие плиты курумника диаметром 30-40 см. Возможно, почва сформировалась на залежах курумника. Почва: *серогумусовая глинисто-иллювиированная.*
О 0-6 см – органогенный поверхностный, состоит из неразложившихся стеблей луговых растений. Нижний слой из полуразложившихся растений.
Ad 6-15 см – черный, влажный, густо переплетен корнями, влажный, мажущий, мягкий, переход по наличию корней и цвету.
AY 15-30 см – влажноватый, темно-серый, мелкий щебень, мелко комковато-зернистая структура, мягкий, рыхлы, много корней, среднеразложившиеся растительные остатки, щебень редкий до 2 см, среднесуглинистый, переход волнистый и постепенный по плотности и цвету и обилию щебня.
AYi (AYC) 30-45 см – свежий, коричневый, крупно комковатая структура, кутаны агрегатов, твердый, плотный, редкие корни, слаборазложенные растительные остатки, много щебня 1,5-3 см, тяжелосуглинистый, переход постепенный по цвету и плотности.
Cf 35-45 см – светло-коричневый, глина вперемешку со щебнем, щебень пронизан вкраплениями железа.

Разрез 73. Высота н.у.м. 612 м. Географические координаты: 58 56 094 с.ш., 58 29 174 в.д. Макро, мезо, микрорельеф – южный склон, нижняя часть горы, переход в межгорную седловину. Кочки осок, злаковых. Увлажнение – поверхностное и боковое. Растительная группировка горец альпийский – мышиный горошек – вейник. Средняя высота 100 см. Список преобладающих растений – горец альпийский, горошек мышиный, вейник, вероника, герань, борщевик, таволга, костер, овсяница, дудник, зверобой, щавель, чемерица. Луг очень разнотравный, преобладающие виды почти не выделяются. Почва: *темногумусовая метаморфизированная ожелезненная среднесуглинистая*.
Оч 0-3 см – неразложившиеся остатки стеблей растений. Нижний слой опад стеблей растений прошлых лет.
Ad 3-8 см – темно-коричневый, включения мелкого щебня до 3 см, густо переплетена корнями растений, мелкокомковатой-ореховатый структуры, мажущий.
AUf 8-14 см – влажный, включения мелкого щебня до 3 см, мелкоореховатая структура, много корней, темно-коричневый, единичные железистые пятна, мягкий, рыхлое структурное сложение, пористый, средне суглинистый, переход волнистый постепенный по структуре.
AUm 14-50 см – темно-коричневый, влажный, много щебня, твердоватый, крупно-комковатая структура, плотное структурное сложение, единичные корни, кутаны агрегатов при давлении рассыпаются на мелкоореховатую структуру, среднесуглинистый, Переход постепенный, волнистый.
CLM >50 см – обломки породы вперемешку с глинистой массой. Слабо горизонтальная делимость.
Особенности разреза: разрез слабодифференцирован на горизонты, профиль однородной темно-коричневой окраски.

Разрез 66. Высота н.у.м. 611 м. Географические координаты: 58 56 98 с.ш. 58 29 85 в.д**.** Макро-, мезорельеф – поский участок – терраса в средней части горы, южный склон, выражен микрорельеф – кочки осоки, уклон на Ю-З. Угодье – луговина среди криволесья, диаметром 500 м. Увлажнение нормальное, выражен поверхностный и боковой сток. Каменистость – на поверхности камней нет. Поверхность почвы – неровная из за кочек осоки и злаковых. Субальпийский луг. Проективное покрытие растительностью 100%. Средняя высота растений 50-70 см. Преобладают: горец змеиный, таволга вейниковая, зверобой, герань луговая, сныть, дудник, горошек мышиный, костер, вероника дубровная, манжетка, радиола розовая, щавель, чемерица. Почва: *темногумусовая метаморфизированная.*
Оч 0-4 см – хорошо разложившиеся остатки стеблей растений, много корней.

Продолжение приложения 5

Ad 4-10 см – густо переплетенные крупные и мелкие корни с примесью мелкозема, темно-коричневого цвета, мелкий щебень до 1см, свежий, мелкозернистая структура, сыпучий, рыхлое сложение, крупнопористый, содержит слаборазложившиеся растительные остатки, тяжело суглинистый, переход постепенный, граница волнистая по структуре и наличию корней.
AU 10-20 см – влажноватый, темно-коричневый, мелкоореховатая структура, сыпучий, рыхлое сложение, пористый, много корней, имеет сильно разложившиеся растительные остатки, мелкий щебень до 1 см, средне суглинистый, переход постепенный по плотности и структуре, граница волнистая.
AYm 20-35 см – влажноватый, светлее предыдущего, коричневого цвета, содержит много щебня от 1 до 3 см, содержит пластинки породы, крупно-комковатая структура, твердый, плотное слабо структурное сложение, мелко пористый, мало корней, дресва, кутаны агрегатов, черворовины, копролиты, средне суглинистый, переход постепенный по наличию породы, граница затечная. Имеет признаки слабо педогенного образования.
AYC 35-68 см – влажный, коричневый, твердый, плотное массивное сложение, содержит обломки породы, крупный щебень более 1 см, мелкий щебень в вперемешку с мелкоземом, мелкопористый, единичные корни, встречаются единично железистые пятна, кутаны, тяжелосуглинистый**.**
Особенности разреза: слабодифференцирован на горизонты, коричневой окраски, различаются по плотности и структуре, нарастание щебнистости с глубиной.

Разрез 69. Высота н.у.м. 658м. 58 56 510 с.ш. 58 30 233 в.д. Восточный склон горы Северный Басег. Макро, мезо, микрорельеф – понижение на луговине, общий уклон на Ю-В. Угодье – большая луговона. Увлажнение поверхностное и боковой сток. Каменей на поверхности нет. Поверхность почвы – кочки осок. Растительная группировка: костер – иван-чай – зверобой, проективное покрытие 100%. Средняя высота растений 50-70 см. Преобладают:вейник тростниковый, иван-чай, зверобой, таволга, горец альпийский, щавель, чемерица, вероника, тимофеевка, овсяница, дудник, герань, василисник, чина луговая, скирда. Почва: *серогумусовая метаморфизированная*.
Оч 0-2 см – неразложившиеся остатки листьев осоки и других растений. Ниже залегают полуразложившиеся остатки растений.
Ad 2-8 см – темно-коричневый, густо переплетен корнями растений, мелкозернистая структура, влажный, мягкий, рыхлый, мажущий, крупнопористый.
AY 8-25 см – влажный, коричневый, мелкокомковато-зернистая структура, мягкий, рыхлый, много корней, крупнопористый, легко суглинистый, переход постепенный по плотности.
AYm 25-30 см – свежий, коричневый, кутаны агрегатов, мелкий. Средний щебень до 3 см, редкие корни, комковатая структура, твердоватый, плотное сложение, граница волнистая, легко суглинистый, переход заметный по плотности и цвету.
C 35 и > см – глина вперемешку с щебнем до 5 см и >, очень плотный.

Разрез 72. Высота н.у.м. 608 м. Географические координаты: 58 56 071 с.ш., 58 29 284 в.д. Южный склон, переход в межгорную седловину. Макро, мезо, микрорельеф – уклон на Ю-З. Угодье – субальпийский луг среди редколесья. Увлажнение нормальное, поверхностный и боковой сток. Поверхность почвы неровная, кочки растений. Растительная группировка – луг. Средняя высота растений 30-40 см. Преобладают: рябина, черемуха, горец альпийский, вейник тростниковый, дудник, аконит, чемерица, колокольчик, незабудка, манжетка, овсяница, зверобой, скирда, золотарник. Почва: *серогумусовая метаморфизированная*.
Оч 0-1 см – неразложившиеся и слаборазложившиеся остатки луговой растительности.
Ad 1-6 см – темно-коричневый, влажный, мажущий, мелкий щебень до 1 см, неразложившиеся остатки растений, густо переплетен корнями, переход волнистый по цвету и корням.

Продолжение приложения 5

AY 6-20 см – свежий, коричневый, много щебня до 3 см, зернистая структура, мягкий, рыхлый, хорошо разложившиеся остатки растений, много корней, среднесуглинистый, переход постепенный по плотности.
AYm 20-40 см – свежий, коричневый, крупно-комковатая структура, много мелкого и крупного щебня до 5 см, плотный, твердоватый, редкие корни, кутаны агрегатов, тяжелосуглинистый.
C >40 см – глинистая масса вперемешку с обломками породы.
Особенности разреза: слабо дифференцирован на горизонты, однородной коричневой окраски, количество щебня нарастает с глубиной, нижний горизонт очень уплотнен по структуре ближе к горизонту B.

Разрез 28. Высота н.у.м. 607 м. Склон южной экспозиции. Уклон около 7°. Полевице-разнотравный луг: люпин, борщевик, мышиный горошек, пырей ползучий, хвощ полевой, осока. Почва: *серогумусовая метаморфизированная*.
Ad 0-4 см – полуразложившаяся дернина.
AY 4-13 см – серовато-коричневый, пронизан корнями растений, рыхлый, бесструктурный, единичные ходы червей. Щебень диаметром менее 1 см.
AYel 13-18 см – буровато-серый, свежий, плотный, структура мелкозернистая. Встречаются мелкий щебень, единичные корни, легкий суглинок, переход по цвету.
AYm 18-33 см – буровато-коричневый, свежий, ореховато-комковатый, уплотненный, щебень диаметром более 1 см, тяжелый суглинок, переход по плотности.
C 33-45 см – коричневый, плотный, много щебня диаметром более 10 см, свежий, комковато-ореховатый, единичные корни, средний суглинок.

5.3 Почвы отдела альфегумусовые

Разрез 18. Высота н.у.м. 930 м. Склон южной экспозиции. Уклон около 45°. Вершина г. Северный Басег. Выположенная площадка. Каменистые россыпи и останцы – участки рельефа в начальной стадии зарастания. Лишайниковая тундр: шикша, голубика, ива сизая, ягель, малина, ветреница пермская, можжевельник сибирский, горец змеиный. Отдельные деревца карликовых берез и ели. Почва: *дерново-подбур иллювиально-железистый*.
Ad 0-6 см – слаборазложившиеся корни растений и растительный опад.
AY 6-24 см – дерновый, серого цвета, включения светлых зерен минералов, отмытых от красящих пленок. Непрочно-комковатая структура, рыхлый, с примесью слаборазложившихся растительных остатков. Переход по цвету и плотности.
BF 24-41 см – бурый, рыхлый, мелкоореховатой структуры, суглинистый, имеются глинистые кутаны, включения мелкого щебня.

Разрез 142. Географические координаты: 58°56′52,5″с.ш.; 58°29′36,1″в.д. Разрез заложен на восточном склоне с уклоном 5° в еловом криволесье с можжевельником и вкраплением тундры на высоте 905 м н.у.м. Глубина разреза 55 см. Разрез по всей глубине не вскипает. Почва: *дерново-подбур иллювиально-гумусового-железистый.*
O 0-4 см – дернина.
ay 4-8 см – влажноватый, очень темно-серый (4-13), мелкозернистый, уплотненный, присутствует большое количествомелкихкорней растений.
AY 8-20 см – влажноватый, бурый (4-7), мелкозернистый, плотный, весь пронизан тонкими корнями, присутствует большое количество камней различного размера и формы.
BHF 20-34 см – влажноватый, бурый (4-7), мелкозернистый, плотный, присутствует большое количество камней.
BF 34-55 см – влажноватый, охристо-бурый (4-10), мелкозернистый, плотный, присутствует большое количествокамней.
R > 55 см – плотная порода.

Продолжение приложения 5

Разрез 137. Географические координаты: 58°56′54,8″с.ш.; 58°29′38,4″в.д.Разрез заложен на восточном склоне с уклоном 20°в еловом криволесье с можжевельником и вкраплением тундры на высоте 875 м н.у.м. Глубина разреза 40 см. Разрез по всей глубине не вскипает. Почва: *подбур иллювиально-железистый грубогумусированный.*

O 0-4 см – очес.

ao 4-9 см – влажноватый, очень темно-красновато-бурый (5-4), рыхлый, присутствует большое количество корней растений и неразложившегося растительного материала.

BF 9-30 см – влажноватый, очень светло-бурый (4-3), мелкозернистый, плотный, наблюдается высокая каменистость, весь пронизан очень тонкими корнями.

BHF > 30 см –влажноватый, красновато-бурый (5-11), уплотненный, мелких корней почти нет, присутствуют большого размера камни, но в отличие от вышележащего горизонта, их количество меньше.

Разрез 140. Географические координаты: 58°56′52,5″с.ш.; 58°29′46,7″в.д. Разрез заложен на восточном склоне с уклоном 5°в ельнике нагорном на высоте 841 м н.у.м. Глубина разреза 52 см. Разрез по всей глубине не вскипает. Почва: *дерново-подбур иллювиально-железистый грубогумуссированный.*

O 0-2 см – дернина.

Ao 2-4 см – влажноватый, буровато-черный (4-15), мелкозернистый, рыхлый, присутствует большое количество корней растений.

AY 4-10 см – влажноватый красновато-серый (5-7), мелкозернистый, плотный, наблюдается высокая каменистость, пронизан корнями.

BHF 10-16 см – влажноватый, красновато-бурый (5-11), мелкозернистый, плотный, наблюдается высокая каменистость, единично встречаются мелкие корни.

BF 16-37 см – влажноватый, охристо-бурый (4-10), мелкозернистый, плотный, присутствует большое количество корней растений, камней разных размеров.

BC 37-52 см – влажный, светло-бурый (4-5), мелкозернистый, плотный, присутствует большое количествокамней размером больше 15 см.

R >52 см – плотная порода.

Разрез 139. Географические координаты: 58°56′56,1″с.ш.; 58°29′47,1″в.д. Разрез заложен на восточном склоне с уклоном 5° в ельнике нагорном на высоте 823 м н.у.м. Глубина разреза 63 см. Разрез по всей глубине не вскипает. Почва: *подбур иллювиально-гумусовый на серогумусовой еллювированной почве.*

O 0-9 см – дернина или очес.

ay 9-11 см – влажноватый, буровато-черный (4-15), мелкозернистый, рыхлый, присутствует большое количество корней растений, много неразложившихся растительных остатков.

BH 11-29 см – влажноватый, темно-бурый (4-9), мелкокомковатый, плотный, весь пронизан тонкими корнями, единично – толстыми, присутствует большое количество камней различного размера и формы.

[ay] 29-34 см – влажноватый, темно-красновато-бурый (5-13), мелкозернистый, плотный, наблюдается высокая каменистость, встречается немного мелких тонких корней.

[AYel] 34-63 см – влажный, светло-бурый (4-5), мелкозернистый, плотный, присутствует большое количество камней в основном края округлой формы разного размера.

R > 63 см – плотная порода.

Разрез 102. Высота н.у.м. 836 м. Географические координаты N 58°56′768″ E 58°29′380″. Заложен на западном склоне горы Северный Басег, на выровненном участке под травянисто-кустарничковой растительностью. Крутизна 15˚. Преобладающие растения: черника, брусника, горец альпийский, береза, рябина, щучий хвост, малина. Почва: *дерново-подзол иллювиально-железистый грубогумусированный.*

ao 2-6 см – грубогумусированный, сухой, темно-серый, бесструктурный, рыхлый, густая сеть корней, переход резкий по цвету и структуре.

Продолжение приложения 5

AY 6-15 см – серогумусовый, свежий, буровато-серый, среднесуглинистый, творожистый, уплотнен из-за большого количества камней, мягкий, густая сеть корней, переход резкий по цвету.
BF 15-29 см – элювиальный, свежий, светло-серый, среднесуглинистый, уплотнен за счет камней, мягкий, корней много, переход резкий по цвету.
BHF 29-40 см – увлажнен, бурый, среднесуглинистый, плотный, мягкий, корней мало.
C > 40 см – элювий метаморфических пород.

Разрез 134. Высота н.у.м. 811 м. Географические координаты: 58°56′43,6″, 58°29′15,5″ Юго-западный склон горы Северный Басег на верхней границе криволесья и тундры, уклон 11°. Растительность: черника, осока шаровидная, рябина сибирская, щучка извилистая. Глубина разреза 48 см. Почва: *подбур иллювиально-гумусово-железистый*.
O 0-8 см – слегка увлажненная серо-бурая органическая масса из растительных остатков.
ao 8-10 см – слегка увлажнен, очень темно красновато-бурый (5-14), рыхлый, очень много корней, переход в нижележащий горизонт по цвету и структуре.
BH 10-20 см слегка увлажнен, темно-красновато-серый (5-9), средний суглинок, комковатый, рыхлый, много корней, имеет включения глыб и щебня, переход в нижележащий горизонт по цвету.
BHF 20-32 см – слегка увлажненный, красновато-бурый, средний суглинок, комковатый, уплотнен, мало корней, включения камней и щебня, переход по цвету.
BF 32-48 см – слегка увлажненный, охристо-бурый (4-10), средний суглинок, комковатый, слегка уплотнен, мало корней, включены глыбы и щебень.
R 48 см и ниже – плотная плита.

Разрез 118. Высота н.у.м. 751м. Южный склон СевероногоБасега, примерно в 10 метрах от эко-тропы, уклон 16°. Криволесье. Растительная группировка древесно-кустарниково-травянистая: папоротник, рябина сибирская, береза низкорослая, черника, малина обыкновенная, мох. Глубина разреза 30 см. Почва: *подзол грубогумусированный иллювиально-гумусовый.*
Ad 0-3 см – дернина.
ao 3-10 см – слегка увлажнен, очень темно-серый (4-13), органическая масса, включающая очень много корней, переход в нижележащий горизонт по цвету и структуре.
E 10-17 см – слегка увлажненный, серовато-бурый (2-6),тяжелосуглинистый, комковатый, плотный, много корней, имеет включения крупного щебня, присутствуют ржавые пятна, переход в нижележащий горизонт по цвету и структуре.
BH 17-24 см – слегка увлажненный, красновато-бурый (5-11), легкая глина, мелко-комковатый, плотный, мало корней, имеет включения крупного щебня, переход в нижележащий горизонт по цвету.
BF 24-30 см – слегка увлажненный, желто-серый (3-6), тяжелый суглинок, плотный, мало корней, имеет включения крупного щебня.
R ниже 30 см – плотная плита.

Разрез 120. Высота н.у.м.746 м. Географические координаты: 58°56′32,2″ 58°29′20,8″. Южный склон Северного Басега, примерно в 15 м от эко-тропы, уклон≈10°-15°. Растительная группировка древесно-кустарниково-травянистая: пихта сибирская, ель обыкновенная, рябина обыкновенная, береза низкорослая, папоротники, щучка дернистая, горец альпийский, малина обыкновенная. Глубина разреза 40 см. Почва: *подзол иллювиально-железистый грубогумусированный*.
O 0-6 см – оторфованная дернина.
ao 6-10 см – слегка увлажнен, торфяный горизонт из корней и опада, встречаются обломки халцедона, слюдяных сланцев, кварцита.
E_1 10-17 см – слегка увлажненный, красновато-серый (5-7), легкий суглинок, комковатый, плотный, включения крупного щебня и много булыжников кварцита.

Продолжение приложения 5

E_2 17-26 см – слегка увлажненный, очень светло-бурый (4-3), легкий суглинок, плотный, имеет включения мелкого плоского щебня, переход в нижележащий горизонт по цвету и структуре.
BF 26-40 см – слегка увлажненный, охристо-бурый (4-10), тяжелый суглинок, бесструктурный, плотный, включения крупного щебня.
R,ниже 40 см – плотная плита.

Разрез 31. Высота н.у.м. 755. Географические координаты 58°56.528′, 58°29.373′. Верхняя часть склона горы. Березовое криволесье крупнопапоротниковое. Рябина, береза, малина, папоротник, горец альпийский, брусника, разнотравье. Почва: *подзол иллювиально-железистый грубогумусированный легкосуглинистый сильно скелетный со слаборазвитым профилем.*
O 0-6 см – подстилочно-торфяный, полуразложившаяся дернина.
ao 6-9 см – черно-серый, грубогумусированный, включения серых плиток сланца диаметром более 10 см.
E 9-22 см – в сухом состоянии пепельного цвета, наиболее светлый горизонт в профиле, включения корней, плотный, бесструктурный.
BF 22-33 см – светло-бурый, свежий, мелкоореховатая структура, очень плотный, включения щебня диаметром менее 5 см, включения корней, тяжелый суглинок.
Почва подстилается большими плитами кварцито-песчаника.

Разрез 56. Высота н.у.м. 743. Географические координаты: 58°56.528′, 58°29.973′. Верхняя часть склона горы. Первый ярус растительности: кедр, сосна сибирская, ель сибирская; второй ярус: береза пушистая; травянистый ярус: тимофеевка, герань лесная, вейник, крапива двудонная. Почва: *литоподзол иллювиально-железистый*.
O 0-4 см – влажный, черный, бесструктурный, уплотнен, густо переплетен корнями, переход ясный по структуре.
ao 4-10 см – влажный, черный, ореховатый, густая сеть корней, включения камней, гальки, переход ясный по цвету.
E 10-15 см – влажный, серо-сизый, ореховатый, плотный, включения камня, единичных корни, переход ясный по цвету.
BFi 15-18 см – увлажнен, коричневый, плотный, ореховатый, единичные корни, включения камня.
C >18 см – почво-элювий.

5.4 Почвы отдела структурно-метаморфические

Разрез 8. Высота н.у.м. 800 м. Склон южной экспозиции. Уклон около 25°. Небольшая ложбина в верхней части склона г. Северный Басег. Небольшая луговина среди березового криволесья горлецового**:** береза, рябина, борщевик сибирский, кипрей, вейник, бодяк разнолистный, дудник лесной, чемерица Лобеля, горец альпийский, горец змеиный, очиток пурпурный. Почва: *бурозём ожелезнённый*.
Ad 0-5 см – разложившаяся дернина.
AY_1 5-18 см – буровато-серый, много корней растений, сырой, мелкоореховатая структура, очень много мелкого и среднего размера щебня, плотный, переход ясный.
AY_2 18-30 см – бурого цвета, плотный, комковатая структура.
BMf 30-60 см – светло-бурый, единичные корни растений, много крупного и мелкого щебня, встречаются пятна окислов железа.
C > 60 см – бурая глина.

Разрез 30. Высота (н.у.м.) 794 м. Склон южной экспозиции. Уклон около 30°. Дренированный крутой участок в верхней части склона горы. Березовое криволесье

Продолжение приложения 5

чернично-зеленомошное: карликовая береза, рябина, кедр, ель, шикша, голубика, горец змеиный, мох, лишайники. Почва: *бурозем темногумусовый грубогумусированный*.
Ао 0-6 см – лесной опад.
Нао 6-13 см – темно-коричневый, грубогумусовый, много корней, щебня мало, рыхлый, мажущая структура, свежий.
AU_1 13-23 см – темно-коричневый, с щебнем диаметром 2-5 см, зернистая структура, рыхлый, свежий, переход по цвету.
AU_2 23-32 см – темно-коричневый.
ВМ 32-50 см – бурый, включения щебня диаметром более 5 см, бесструктурный, переход по плотности, свежий, рыхлый.
С 50-75 см – бурая глина, включения щебня диаметром 2-5 см и более, свежий, рыхлый, бесструктурный.

Разрез 32. Высота н.у.м. 655 м. Склон южной экспозиции. Уклон около 20°. Дренированный редколесный покатый участок в средней части склона горы. Березовое криволесье крупнопапоротниковое с куртинами лугов: береза пушистая, рябина обыкновенная, пихта, малина, шиповник, дрёма белая, папоротник, иван-чай, горец. Почва: *бурозем ожелезненный*.
Ad 0-5 см – полуразложившаяся дернина.
AY_1 5-9 см – серогумусовый, пронизан корнями, включения мелкого щебня, структура комковато-ореховатая, свежий, плотноватый.
AY_2 9-22 см – буровато-коричневый, много корней, включения мелкого щебня диаметром более 10 см, структура комковато-ореховатая, уплотненный, переход по плотности.
AYf 22-37 см – бурый, щебень диаметром менее 1 см, 3-5 см, рыхлый, комковатая структура, ходы червей, поры, много корней, ржавые пятна.
ВМ 37-58 см – бурый, свежий, много щебня, единично встречаются корни, структура комковато-ореховатая, внутри агрегатов включения серого щебня диаметром менее 1 см, уплотненный.
С 58-68 см – обломки сланцев с мелкоземом бурого цвета.

Разрез 29. Высота н.у.м. 613 м. Субальпийский луг в 160 м от научного центра. Растительность: ель, ива, береза, рябина, горец змеиный, зверобой, тысячелистник, лютик, щавель, клевер, черемица, манжетка. Почва: *бурозём элювиированный грубогумусированный*.
О 0-3 см – полуразложившаяся дернина
AYao 3-8 см – темно-серый, пронизан корнями растений, рыхлый, включения камней менее 5 см, бесструктурный, легкий суглинок.
AYel 8-18 см – белесовато-серый, наличие корней, включения камней менее 10 см. свежий, плотный, структура мелкозернистая, средний суглинок.
ВМ 18-74 см – темно-бурый, наличие камней менее 10 см наличие корней, свежий, плотный, мелкозернистая структура, средний суглинок.
С 74-85 см – элюво-делювий метоморфических пород.

Разрез 27. Высота н.у.м. 590. Нижняя часть склона горы, около 5°.Березово-пихтовый аконитовый лес. Ель, пихта, береза, рябина, малина, аконит, вейник, лютик, хвощ, купырь, звездчатка, мох. Почва: *бурозем глееватый ожелезненный.*
Ао 0-8 см – полуразложившаяся дернина.
AYf 8-15 см – сизовато-серый, пронизан корнями растений, ржавчина, комковатая структура, переход по структуре.
AYg 16-26 см – сизовато-серый, корней мало, встречается щебень, сырой, бесструктурный, переход по цвету.
BMg 26-57 см – темно-бурый, бесструктурный, включения щебня, переход по плотности.
Cf,g 57-67 см – желто-бурая окраска с сизыми вкраплениями, бесструктурный, включения щебня и обломков породы, сырой, ржавые пятна.

Продолжение приложения 5

Разрез 16. Высота н.у.м. 580 м. Восточный склон. Средняя часть склона горы, около 3-5°. Пихтово-еловый аконитовый лес: ель, пихта, рябина, малина, аконит, незабудка, папоротник. Почва: *бурозем грубогумусовый элювиированный.*

АО 0-15 см – темно-бурый, состоит из органического материала с примесью мелкозема. Влажный, рыхлый, корней много, включения щебня.

AYel 15-30 см – светло-бурый, влажный, уплотненный, мелкозернистая структура, включения щебня, тяжелый суглинок.

BM_1 30-39 см – бурый, влажный, плотный, комковатая структура, корней нет, включения, переход заметный.

BM_2 39-54 см – светло-бурый (охристый), влажный, плотный, структура ореховатая, корней нет, включения больших камней, глина.

С >54 см – обломки породы вперемежку с глиной.

Разрез 9. Высота н.у.м. 430 м. Склон северной экспозиции. Уклон около 3°. В 2 км от р. Усьва. Слабо приподнятый участок среди вывала деревьев в нижней части склона горы. Близкое залегание грунтовых вод (с 30 см). Ельник кислично-мелкопапоротниковый: ель, береза, рябина, малина, папоротник, хвощ, заячья кислинка, дудник лесной. В напочвенном покрове густой мох. Почва*: бурозем элювиированный*.

Ad 0-5 см – хорошо разложившаяся дернина.

AY 5-10 см – темно-бурый, пронизан корнями растений, сырой, мелкокомковатая структура, гумусовый горизонт языковатый, переход заметный.

BM_1 10-17 см – бурый, корней растений еще много, неравномерно окрашенный, сырой, мелкоореховатый.

BM_2 17-32 см – светло-бурый, корней много, корни древесных пород, ореховатый, быстро заполняется водой, переход заметный.

BMel 32-70 см – более светлый, плотный, быстро заполняется водой.

С >70 см – глина бурого цвета.

Разрез 75. Высота н.у.м. 419 м. Уклон 2,5º-3º. Коренная елово-пихтовая тайга с примесью березы и рябины. Много отмерших, покрытых мхом деревьев. Кустарниковый ярус: шиповник, смородина, малина. В травяном ярусе: фегоптерис связывающий, голокучник трехраздельный, вейник, фиалка, болотная, василистник малый, седмичник европейский. Присутствуют зеленые мхи. Почва: *бурозем глееватый ожелезненный*.

О 0-5 см – рыхлая лесная подстилка.

AYg 5-21 см – влажный, темно-бурый, очень рыхлый, творожистый, пронизан корнями растений, переход заметен по плотности.

AYf,g 21-38 см – влажный, бурый, светлее, щебнистый, с пятнами оржавления и оглеения, переход заметен по плотности.

BMf,g 38-47 см – непрочнооореховатый, более плотный, сплошь щебнистый, пятна оржавления, переход ясный.

Cg 47-65 см – сизоватый, непрочнооореховатый, щебень крупный, мелкозема мало.

Разрез 39. Высота н.у.м. 374. Восточное направление. Уклон около 3. Правый берег притока р. Малый Басег. Дренированный участок пологого склона на юго-запад к притоку р. Малый Басег. Березово-еловый таволговый (приручьевый лес). Экотон лес: береза, ель, пихта, шиповник, иван-чай, герань луговая, хвощ, дудник. Почва: *бурозем ожелезненный.*

О 0-2 см – лесная подстилка.

h 2-6 см – черный, свежий, зернистая структура, рыхлый, пронизан корнями, переход ясный по цвету.

AY_1 6-14 см – серый, влажный, зернистая структура, рыхлый, пронизан корнями, переход постепенный по плотности.

AY_2 14-23 см – светло-серый, влажный, плотный, единичные корни, переход постепенный по плотности.

Продолжение приложения 5

BMf 23-40 см – серовато-бурый, влажный, структура комковатая, очень плотный, средний и крупный щебень с затеками железа.
C 40 см – глина бурого цвета.

Разрез 80. Высота н.у.м. 319 м. Географические координаты: С.Ш. 58º44`23,425``;З.Д. 58º30`55,834``. Юго-Запад, 1,5º. Древесный ярус состоит из густого девственного леса: ель, пихта, рябина. Кустарниковый ярус: смородина, шиповник, малина, жимолость; травяной ярус: фиалка, кислица, седмичник европейский, голокучник трехраздучник трехраздельный, зеленые мхи. Почва: *бурозем глееватый на элювиально-делювиальных отложениях.*
Ao 0-3 см – лесная подстилка, полуразложившаяся, влажная, рыхлая.
AY 3-10 см – очень влажный, буроватый, неравномерно окрашенный, пронизан корнями растений, переход заметный по цвету.
AYg 10-39 см – сырой, бурый, творожистый, более плотный, корней растений очень много, переход заметный по плотности.
BMg 39-65 см – сырой, бурый, ореховатый, единичный корни растений, щебнистый, переход заметный по плотности.
Cg >65 см – сырой, плотный мелкозем вперешку со щебнем, щебнистый, ниже обнаруживаются плотные породы.

Разрез № 26. Высота н.у.м. 315 м. Горнолесной пояс, северо-западный склон г. Северный Басег, 300 м от р.Усьва, склон 3-4˚. Почва: *бурозем типичный глинисто-иллювиированный.*
O 0-5 см – лиственный опад, остатки растений, мхов.
AY 5-22 см – есть корни, ореховато-комковатая структура, уплотненно-рыхлый, средний суглинок.
BM 22-33 см – буро-коричневатый, включения древесного угля, структура плитчато-неясно-комковатая, плотный, большие камни – порда, ереход по цвету, плотности.
BMi 33-57 см – буровато-коричневый, плотный, структура неясно-плитчато-ореховатая, лакировка на поверхности, переход по плотности.
C 57-67 см – буровато-коричневый, сухой, рыхлый, бесструктурный, единичные корни, глинистый.

5.5 Почвы отдела глеевые

Разрез 24. Высота н.у.м. 518 м. Склон западной экспозиции, около 5°. Окраина верхового болота. Выражен микрорельеф, проявляются его биогенные формы. Ельник хвощево-сфагновый: ель, кедр, рябина, морошка, клюква, ежевика, голубика, сфагнум. Профиль оглеен, отчетливо дифференцирован по цвету. Почва: *глеезем грубогумусированный ненасыщенный бескарбонатный мелкоторфянистый поверхностно-оглеенный сильно ненасыщенный пушициево-шейцериевый тяжелосуглинистый среднескелетный со среднеразвитым профилем.*
O 0-7 см – моховой очес.
Oao 7-16 см – темно-серый, рыхлый, полуразложившийся, бесструктурный, сырой, остатки сфагнума.
G 16-36 см – сизовато-серый, глеевый, включения камней, наличие корней, бесструктурный, влажноватый, плотный, новообразования железа.
GC 36-58 см – неоднородная окраска, затеки сизого в бурый, переходный горизонт, корневищные ходы, очень плотный, бесструктурный, сырой.
Cg 58-70 см – светло-бурый, глинистый, сырой, наличие обломков пород, бесструктурный, очень плотный.

Разрез 23. Высота н.у.м. 519 м. Склон западной экспозиции, около 3°. Выровненный участок склона, субгоризонтальная поверхность, за границей болотной экосистемы. Ельник

Продолжение приложения 5

хвощево-сфагновый: ель, береза, рябина, хвощ полевой, голубика, чемерица Лобеля, орхидея, сфагнум. Почва: *перегнойно-глеевая грубогумусированная ожелезненная ненасыщенная бескарбонатная мелкоторфянистая профильно-оглеенная сфагновая с глубокоразвитым профилем на элювии метаморфических пород*.

O 0-9 см – моховой очес из сфагнума.

Hg 9-19 см – перегнойный, серовато-сизый, рыхлый, много корней, переход по цвету и структуре.

Gf 19-39 см – сизый, плотный, бесструктурный, новообразования железа, включения щебня, много корней, четкий переход по цвету.

G 39-63 см – сизый, структура творожистая, плотный, сырой, переход по плотности и структуре.

GC 63-97 см – неоднородной окраски: светло-бурый с сизоватыми пятнами, плотный, творожистая структура, включения щебня.

Разрез 82. Высота н.у.м. 382 м. Географические координаты: С.Ш. 58º47`36,093``; З.Д. 58º21`18,488``. Экспозиция и крутизна склона Юго-Запад, 1,5º. Заложен в 850 м на от р. Большая Порожняя. Древесный ярус состоит коренного елово-пихтового леса с примесью березы. Подлесок - молодые ели, рябинки. Кустарниковый ярус – шиповник, малина; кустарнички – черника, костяника; травяной ярус: фиалка, княженика, седмичник европейский, голокучник трехраздельный, майник двулистный, линнея северная. Почва: *глеезем ожелезненный.*

O 0-10 см – лесная подстилка, рыхлая, торфянистая.

AYao 10-17 см – сырой, черный, тяжелосуглинистый, пронизан корнями растений и гифами грибов.

Gf 17-37 см – мокрый, глеевый с пятнами оржавления, среднесуглинистый, бесструктурный, плотный, встречается мелкий щебень.

CGf 37-48 см – сырой, темно-коричневый, среднесуглинистый, глеевый, заливается водой, со ржавыми пятнами, щебень мелкий.

Разрез 108. Высота н.у.м. 509 м. Уклон 2,5º-3º. Травянисто-кустарниковое редколесье. Почва: *глеезём ожелезненный.*

O 0-10 см – очень сырой, светло коричневый, структуру определить трудно, много корней, переход постепенный по цвету.

AO 10-44 см – сырой, темно-коричневый, структуру определить трудно, корней много, переход резкий по цвету.

G 44-61 см – сырой, серо-сизый, очень плотный, корней мало.

Разрез 111. Высота н.у.м. 633 м. Луг влажный. Растительность: вейник, иван-чай, хвощ лесной, папоротник, горец змеинный, звездчатка, встречаются ель, пихта, береза. Почва: *перегнойно-глеевая грубогумусированная*.

O 0-2 см – очес.

ao 2-9 см – сухой, темно-серый, бесструктурный, рыхлый, густая сеть корней, переход по цвету, структуре и плотности.

Hao 9-34 см – увлажненный, черный, структура комковатая, уплотненный, корней много, переход резкий по цвету и плотноси.

G 34-55 см – влажный, серо-сизый, включение большого количества Fe, очень плотный, корней мало.

Разрез 34. Высота н.у.м. 346 м. Уклон около 3°. Восточное направление. Правый берег притока р. Малый Басег. Дренированный участок пологого склона на юго-запад к притоку р. Малый Басег. Березняк таволго-разнотравный (приручьевый). Береза (невысокая), кусты ивы, смородины, малины, таволга, крапива, купырь, дудник, осока (кочки), иван-чай. Напочвенный покров-мох. Почва: *глеезем перегнойный ожелезненный на аллювиальной гумусовой глеевой почве.*

Продолжение приложения 5

O0-3 см – лесная подстилка.
Oh7-16 см – перегнойный горизонт, почти черный, влажный, рыхлый, тяжелосуглинистый, встречается много крупного щебня, много корней, переход по цвету четкий.
Gf16-37 см – темно-серый, сырой, уплотнен, встречается мелкий щебень, единичные корни, много пятен оржавления переход по плотности.
[AYf]′ 37-45 см – светло-серый, влажный, очень плотный, очень щебнистый, встречается крупный щебень, железистые пятна, боковой сток.
[Gf]′ 45-67 см – светло-бурый, влажный, тяжелосуглинистый.
[CG]′ 67-100 см – светло-бурый, влажный, тяжелосуглинистый, очень плотный, щебнистый, встречаются мелкие тёмные пятна, переход постепенный по цвету.
C >100 см – глина бурого цвета, грунтовые воды.

5.6 Почвы отдела слаборазвитые

Разрез 13. Высота 950 м, вершина Северного Басега. Каменистые россыпи, гольцовый пояс. Растительность фрагментарная: можжевельник сибирский, брусника, голубика, водяника, черника, качим уральский, зверобой. Камни покрыты накипными лишайниками и мхами. Почва: *петрозем сухоторфяный ненасыщенный бескарбонатный мелкоторфянистый лишайниково-чернично-брусничный*.
W 0-15 см – хорошо сохранившийся торф коричневого цвета.
R >15 см – кристаллическая плита.

Разрез 70. Высота н.у.м. 809 м. Географические координаты: 58°56.700, 58°29.362′. Представлен отдельно стоящими (до 3 м) кривыми елями и березами, рябинами. Наземный покров: черничник, брусника, ягель и другие мхи. Почва: *петрозём*.
Оч 0-2 см – моховый очес, нижний слой – слаборазложившиеся остатки мхов, лишайников. Очес влажный, хорошо удерживает влагу.
Oh 2-8 см – густо переплетен корнями, с примесью минерального субстрата черного цвета, сырой, много полуразложившихся растительных остатков, крупнопористый.
C, R >8 см – сырой, сизый, плотный, содержит много мелкого щебня и крупные обломки породы до 10-15 см, много корней, растительных остатков, бесструктурная масса, тяжелосуглинистая.
D крупные плиты курумника.

Разрез 7-18. Высота н.у.м. 832 м. Географические координаты: 58°56'50,2"с.ш., 58°29'45,8" в.д. Заложен в березово-пихтово-разнотравном редколесье на заросшем курумнике, платообразная поверхность, относительно выровненный участок склона, крутизна 2º. Почва: *петрозём гумусовый*.
O (L) 0-2 см – дернина из разложившихся растительных остатков.
O (F) 2-4 см – влажноватый, буровато-черный (4-15), уплотненный, весь горизонт пронизан мелкими тонкими корнями растений и плохо разложившимся органическим материалом, переход в последующий горизонт наблюдается по цвету.
W 4-9 см – влажный, красновато-серый (5-7), тонкослоистый, листоватый, уплотненный, наблюдается высокая каменистость.
R >9 см – плотная порода.

5.7 Почвы отдела торфяные

Разрез 25. Высота н.у.м. 517 м. Склон западной экспозиции, около 3°. Заложен в центральной части верхового болота, имеет укороченный профиль. Березняк заболоченный. Растительность: береза пушистая, ель сибирская, сосна сибирская, черника, голубика, морошка, клюква, осоки, пальчатокоренник, марьянник луговой, пушица, голубика, подлес

Продолжение приложения 5

многолистный, орхидея, мох зеленый, сфагнум. По всему профилю обильное включение корней и прочих органических остатков. Дифференциация профиля ясная по цвету. Почва: *торфяная олиготрофная глеевая иловато-торфяная ненасыщенная бескарбонатная торфянистая поверхностно-оглееная сфагновая со среднеразвитым профилем на элювии метаморфических пород.*

Оч 0-3 см – моховой очес, без окраски, состоящий из мхов, и густо переплетен корнями растений.

О 3-7 см – подстилочно-торфяный, буро-коричневый неоднородный органический материал разного ботанического состава.

ТО 7-26 см – олиготрофно-торфяный, темно-коричневый, сфагновый торф, сырой, насыщен водой, немного уплотнен, присутствуют слаборазложившиеся остатки мхов, с черно-коричневым мелкоземом.

Т 26-48 см – торфяный горизонт с органическим материалом буровато-черного цвета, сочится вода, более разложившийся по сравнению с ТО.

Tmr 48-55 см – темно-серый, с грубым органическим материалом, наличие примеси минерального материала, влажный, вода не сочится, уплотненный, корни есть;

G 55 и более – сизый, уплотнен, бесструктурный глеевый горизонт, включения камней, обломки метаморфических пород и кварца, плотный, глинистый.

Разрез 46. Высота н.у.м. 514 м. Географические координаты: С.Ш. 58º36`803``В.Д. 58º29 360``. Заложен на верховом болоте, имеет укороченный профиль мощностью 30 см. Растительность: береза пушистая, ель сибирская, голубика, морошка, сфагновые мхи, марьянник гребенчатый. По всему профилю щебень и камни не обнаружены. Горизонты различны по цвету. По всему профилю наблюдалось обильное включение корней и прочих органических остатков. Дифференциация профиля ясная по цвету. Почва: *Торфяно-олиготрофная глеевая*.

Оч 0-7 см – органогенный горизонт, включает различные органогенные остатки, не ясный по цвету.

Т 7-13 см – сырой, темно коричневый, бесструктурный, рыхлое сложение, густо переплетен корнями, переход неясный по цвету.

G 13-19 см – мокрый, сизый, бесструктурный, уплотнен, включения корней присутсвует

Разрез 47. Высота н.у.м. 514 м. Географические координаты: С.Ш. 58º36`803`` В.Д. 58º29 360``. Верховое болото. Растительность: береза пушистая, ель сибирская, голубика, морошка, сфагновые мхи, марьянник гребенчатый. Почва: *торфяно-олиготрофная глеевая.*

Оч 0-9 см – очёс.

Ао 9-13 см – мокрый, темно-бурый, очень мягкий, уплотнен, пустые корни переход ясный, растительные остатки среднеразложенные.

Т 13-22 см – торфяный, мокрый, темно-коричневый, мягкий, уплотнен, переход постепенный по плотности.

G 27-30 см – мокрый, темно-коричневый, мягкий, бесструктурный, мало корней среднеразложенные органические остатки

Разрез 48. Высота н.у.м. 514. Географические координаты: С.Ш. 58º56`832`` В.Д.58º28`131`. Растительность: береза пушистая, ель сибирская голубика, морошка, сфагновые мхи, марьянник гребенчатый. Почва: *торфяно-олиготрофная глеевая*.

Оч 0-8 см – очёс.

Оч 8-15 см – мокрый, светло-коричневый, очень мягкий, густо переплетен корнями.

Т 15-36 см – мокрый, черный, рыхлый, еденичные корни, переход ясный по окраске.

Gт 36-50 см – мокрый, сизый, мягкий, рыхлый , корней нет.

Продолжение приложения 5

5.8 Почвы отдела аллювиальные

Разрез 33. Высота н.у.м. 344 м. Слабо дренированный участок приручьевого понижения на юго-запад к притоку р. Малый Басег. Березняк таволго-разнотравный (приручьевый). Растительность: ива, ель, рябина, осина, береза, кусты смородины, малины, таволга, дудник, герань лесная, осока, иван-чай, звездчатка, крапива. Травостой густой, высота 1-1,5 м. Очень много древесных остатков (ветви). Почва: *аллювиальная гумусовая глеевая элювиированная ожелезненная оруденелая.*

Ao, 0-3 см – лесная подстилка, встречается щебень среднего размера, диаметром 1-3 см.

AYao,f 3-28 см – темно-бурый с рыжими пятнами оржавления, очень плотный, щебнистый, пронизан корнями растений, переход заметный по плотности.

AYf 28-52 см – бурый, с ржавыми пятнами, менее плотный , слоистый, более светлые слои чередуются со слоями оржавления, щебнистый, но щебень мелкий, встречаются единичные корни растений, переход заметный по плотности.

Gfn 52-69 см – однородной бурой окраски, мелкощебнистый, встречаются единичные корни растений, сырой.

Gox 69-93 см – ржавый, щебнистый, сырой, более плотный, переход ясный по окраске.

Разрез 68 Разрез 66 Разрез 69 Разрез 72 Разрез 73

Рисунок 5.1 – Профили почв отдела органо-аккумулятивные (фото И.А. Самофаловой)

Продолжение приложения 5

Разрез 142 Разрез 137 Разрез 140 Разрез 139

Рисунок 5.2 – Профили почв отдела альфегумусовые: подбуры, дрново-подбуры (фото И.А. Самофаловой)

Разрез 102 Разрез 134 Разрез 118 Рзрез 120 Разрез 31

Рисунок 5.3 – Профили почв отдел альфегумусовые: подзолы, дерноо-подзолы (фото И.А. Самофаловой)

Окончание приложения 5

Разрез 105 Разрез 29 Разрез 27 Разрез 26

Рисунок 5.4 – Профили буроземов (фото И.А. Самофаловой)

Разрез 108 Разрез 25 Разрез 24 Разрез 23 Разрез 111 Разрез 34

Рисунок 5.5 – Профили торфяных и глеевых почв (фото И.А. Самофаловой)

Приложение 6

Систематический список почв

Таблица 1 – Классификационное положение почв отдела литоземы

Тип	Подтип	Формула	№ Разреза	Высота
Сухоторофяный	Типичный	Оч-TJ-R	14	930
Перегнойный	Типичный	Оч-H-AH-AYH-C	52	939
	Перегнойно-торфяный	Оч-HTh-AH-AYh-C	53	937
Прегнойно-темногумусовый	Типичный	Ад-AH-AU-AUC	54	755
Темногумусовый	Потечно-гумусовый	AO-ay-Chi	106	835
		AO-Chi	107	826
	Типичный	O-AO-c	104, 119	838 776
	Ожелезненный	O-AY, f-C	7	760
	Гумусово-стратифицированный	O-au, rh-ay, rh-ay, rh-R	5-20	
Торфяно-литозем	Перегнойно-торфяный	Оч-AO-Th-C	64	936
Серогусовый	Грубогумусированный	O-AYao-AY-C	76, 79, 86	420, 385, 420
	Потечно-гумусовый	O-AYhi-Chi-R	44	364
	Ожелезненный	O-AY-Cfhi	41	396
		O-AY-AYf-C	78	355
		O-A1Yf-Ayf-Cf	42	345
	Глинисто-иллювиированный	O-AY-AYi-C	50	670
		O-AY-AYi-C	65	920
	Глееватый	O-AY-AYg -C	2-20	641
Грубогумусовый	Ожелезненный	Oao-AO- Cf	45	363

Таблица 2 – Классификационное положение почв отдела альфегумусовые

Тип	Подтип	Формула	№ Разреза	Высота
Подзол	Грубогумусированный	ao-E-BHF-R	103	854
		O-ao-E-BHF-R	101	826
		Oao-E-BH-BF	118	756
		O-ao-E-BF-R	31	755
		O-ao-E-BF-R	56	743
	Иллювиально-гумусовый	O(L)-O(F)-Eh,g-BHg-[E]'-[BF]'-[BF]"-[BFh]"	138	871
		O-E-BH-C	6-20	> 750
	Иллювиально-железистый потёчно-гумусовый	O (L)- O (F)- Eh- BH- BF- R	139	823
Дерново-подзол	Иллювиально-железистый грубогумусированный	ao-AY-E-BF-R	102	836
Сухоторфяно-подзол	Иллювиально-железистый	Оч-TJ-E-BF-R	67	748
		O-TJ-E1-E2-BF-R	120	745
Дерново-подбур	Иллювиально-гумусово-железистый	O-AYao-BHF-R	18	930
		O-AY-BHF-BF-C	4-20	
	Иллювиально-гумусовый	O(L)-O(F)-AY-BH-BHF-R	142	905
	Иллювиально-железистый	O(L)-O(F)-ay-Bh-BF-BFC-R	140	841
Подбур	Грубогумусированный	Оч-Oao-BHF-R	134	811
	Иллювиально-гумусовый	O(L)-O(F)-BH-BHF-CR	136, 117	927, 932
	Иллювиально-гумусово-железистый	O-BH-BHF-C	7-20	804
	Иллювиально-железистый потёчно-гумусовый	O(L)-O(F)-BF-BFh-R	137	875
	Иллювиально-железистый	O(L)-ao-BF-R	135	925
		O(L)-O(F)-BF- R	116	931
Торфяно-подбур глеевый	Оподзоленный	O(L)-T-BHe-BHg-G-R	143	913

Продолжение приожения 6

Таблица 3 – Классификационное положение почв отдела органо-аккумулятивные

Тип	Подтип	Формула	№ Разреза	Высота
Серогумусовая	Глинисто-иллювиированная	Ад-AY-AYi-AY-C	5	700
		Ад-AY-AYi-AY-C	55	655
		O-ay-AY-AYi-C	63	635
	Элювиированная	Ад-AY-Ayel-C	6	750
	Ожелезненая	Ад-AY-AYf-AYCf	49	623
	Метаморфизованная	Ад-AY-Aym-Ct	66	611
		O-Ад-AY-AYm-C	72	608
		Ад-AY-AY-Aym-AYC-C	28	607
		O-Ад-H-Auh-Auf	71	794
		O-AY-AYm-AYC-C	89	600
	Глееватая	O-AY-AYg-AYC-C	90	570
	Грубогумусированная	Ад-ao-AYao-AY-C	105	790
		Ад-ao-AYao-AY-C	69	658
	Типичная	Ад-AY-C	113	765
		Ад-AY-C	112	749
	Потечно-гумусовая	O-AY-AYhi-C	110	605
	На буроземе ожелезненном	Ад-AY-AYi-[AY]-[BMf]-[Cf]	62	641
	На бурозёме типичном иллювиально-глинистом	Ад-AY-AYC-[AY]-[BMi]-[C]	58	597
	На бурозёме глинисто-иллювиированном	Ад-AY1-AY2-[AY]-[BMi]-[C]	59	591
	На серогумусовой почве	Ад -AY-Aym-[AY]- [AYel]-[AYC]	60	589
Темногумусовая	Метаморфизированная на погребенной аллювиальной гумусовой глеевой	O-AU-AU-AY-AYC-[AY]-[AY f,g]-[Gf]	131	616
	Матаморфизированная	O-AU-AUm-AYm-AYmC	132	614
Перегнойно-темногумусовая	Ожелезненная	Ад-H-AUh-AUf-Cf	68	642
		Ад-H-AUh-AUf-Cf	73	612
	Элювиированная	O-ao-AH-AUel-C	51	940
	Глееватая	o-H-AH-AHg-AH-AC	143	913

Таблица 4 – Классификационное положение почв отдела глеевые

Тип	Подтип	Формула	Разрез	Высота
Глеезем	Грубогумусированный	O-oao-G-GC-Cg	24	518
	Ожелезненый	O-ao-Gf-GCf	82	382
	Перегнойный	O-Oh-Gf-[AYf]-[Gf]-[CG]-C	34	346
Торфяно-глеезем	Типичный	O-T-G	108	509
Перегнойно-глеевые	Грубогумусированные	O-ao-Hao-G-C	111	633
	Ожелезненные	O-H-Gf-G-GC	23	519

Окончание приложения 6

Таблица 5 – Классификация почв отдела структурно-метаморфические

Тип	Подтип	Формула	№ Разреза
Бурозём типичный	Грубогумусированный	O-ao-AYao-AY-BM-C	20, 38
	Элювиированный	O-AY-AYel-BM-C	17, 19, 22, 21, 29, 74,
	Глинисто-иллювиированный	O-AY-BM-BMf-C	26, 85, 57, 61
	Ожелезненный	O-AY-BMf-C	1, 43, 71
	Глеевато-ожелезненный	O-AY-BMg,f-BMg-C	34, 75, 27, 80
Бурозём грубогумусный	Элювиированный	O-AO-AYel-BM-C	10, 9, 83
	Глееватый	O-AO-AYg-BMg-C	36, 35
	Ожелезненный	O-AO-AY-BMf-Cf	37, 16, 15
	Перегнойный	O-AO-h-AY-BMf-C	39, 40
Буроземтёмногумусный	Глинисто-иллювиированный	O-AU-BMi-C	32
	Ожелезнённый	O-AU-BMf-C	8, 30

Таблица 6 – Классификационное положение почв отдела слаборазвитые

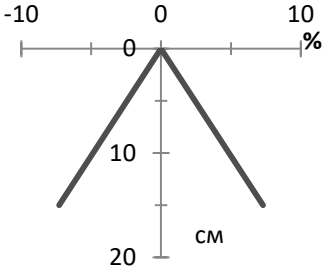
Тип	Подтип	Формула	№ Разреза	Высота
Петрозём гумусовый	оподзоленный	O-We-R	70	809
	глееватый	O-Wg-R	3-20, 141	644, 832
	потёчно-гумусовый	O-W-whi-R	133,107	812, 896
	типичный	O-W-R	115	812
	квазиглееватый	Oq3-W-R	87	420
Петрозём		O-R	13, 114	950, 812

Таблица 7 – Классификация почв азонального ряда

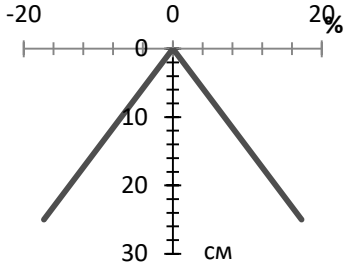
Тип	Подтип	Формула	№ Разреза	Высота
Ствол органогенного почвообразования, отдел: торфяные				
Торфяная олиготрофная глеевая	иловато-торфяная	TO-TT-G-GC-C	25	517
		TO-TT-G	46	
		TO-TT-G	47	
		TO-TT-Gт	48	
	оруденелая	TO-TT-TT-G-Gfn	124	520
Торфяная олиготрофная	остаточно-эутрофные	TO-TT-Tote	121, 122, 123	553, 555, 520
Ствол синлитогенный, отдел: аллювиальные				
Аллювиальная гумусовая глеевая	элювиированная ожелезненно-оруденелая	Ao-AYel,f-AYf-Gfn-Gox	33, 1-20	344, 320

Приложение 7

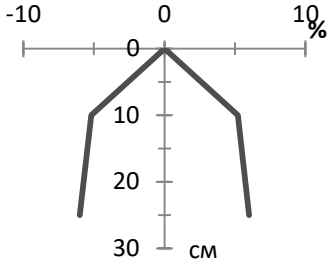
Типы распределения щебня в профилях почв



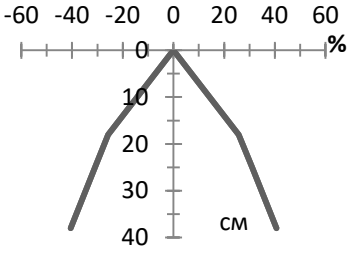
А) Петрозем,
(р.13, 950 м)



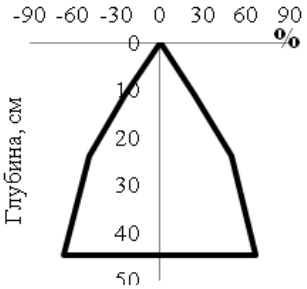
Б) Литозем сухоторфяный
(р.14, 930 м)



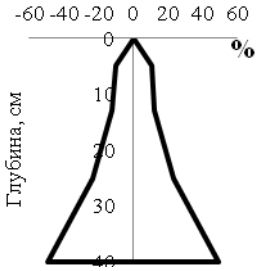
В) Торфяно-литозем
(р. 64, 936 м)



Г) Перегнойно-темногумусовая
(р.51, 940 м)

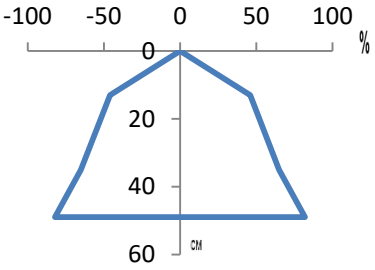


Д) Бурозём ожелезнённый,
(р.8, 800 м)

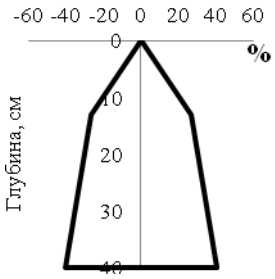


Е) Бурозём элювиированный
(р.22, 557 м)

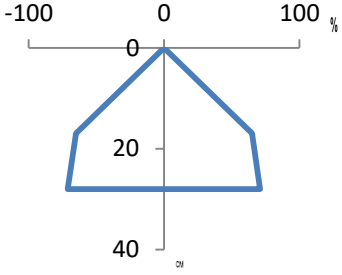
Рисунок 1 – Распределение щебня в почвах с ненарушенным сложением



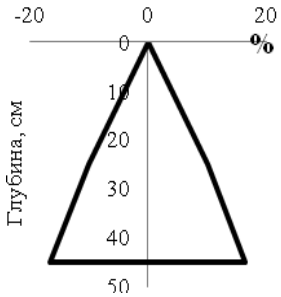
А) Серогумусовая
грубогумусированная
(р. 105, 790 м)



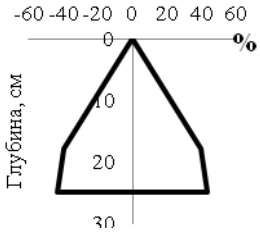
Б) Серогумусовая элювиированная
(р. 6, 750 м)



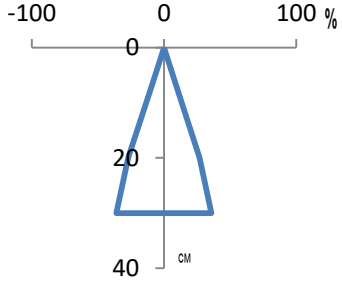
В) Литозем серогумусовый
глинисто-иллювиированный
(р. 50, 670 м)



Г) Бурозем элювиированный
(р. 9, 430 м)



Д) Бурозём грубогумусовый
перегнойный
(р. 40, 383 м)

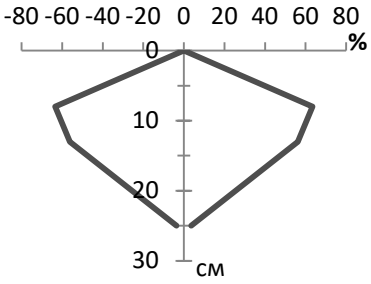


Е) Литозем серогумусовый
ожелезненный (р. 42, 345 м)

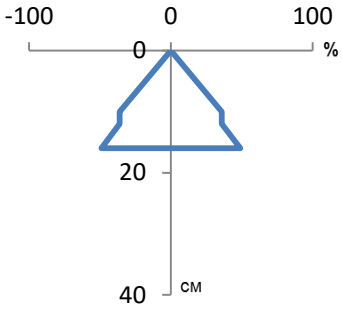
Рисунок 2 – Профильное распределение щебня в ненарушенных почвах, %

Продолжение приложения 7

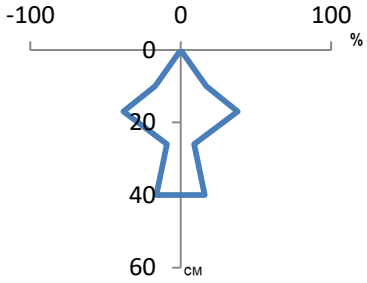
Горно-тундровый пояс (тундра, переходный экотон тундра-криволесье)



А) Литозем перегнойный
(р.52, 939 м)

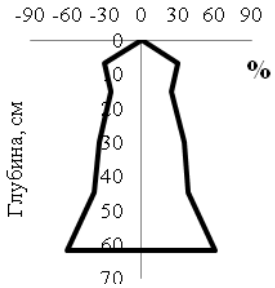


Б) Подбур грубогумусированный
(р. 21-18, 811 м)

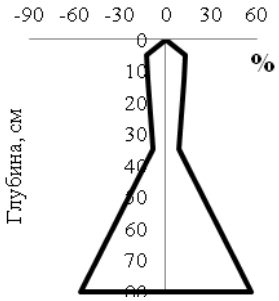


В) Сухо-торфяно-подзол
Иллювиально-железистый
(р. 7-18, 809 м)

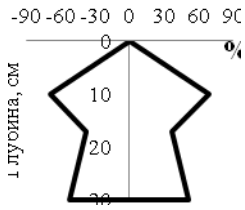
Подгольцовый пояс (луга, парковый лес)



Г) Бурозём темногумусовый
(р. 32,655 м)

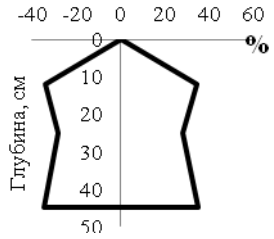


Д) Бурозём эллювиированный
(р. 29, 613 м)

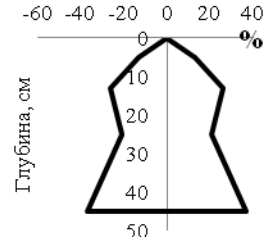


Е) Бурозём
элювиированный
(р. 21, 590 м)

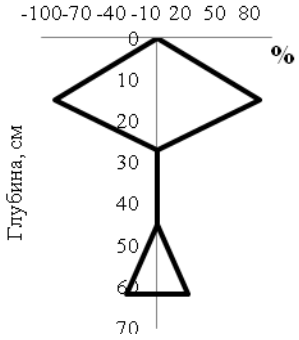
Горная тайга



Ж) Бурозём грубогумусовый
(р. 38, 373 м)



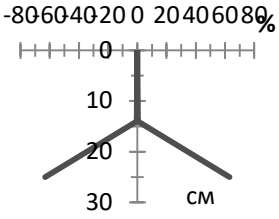
З) Бурозём глееватый
элювиированный
(р. 36, 347 м)



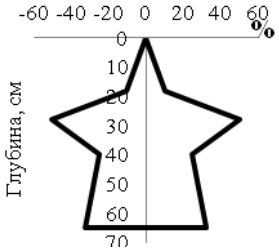
И) Бурозём глинисто-
иллювиированный
(р. 26, 315 м)

Рисунок 3 – Профильное распределение щебня в почвах, % с инверсией

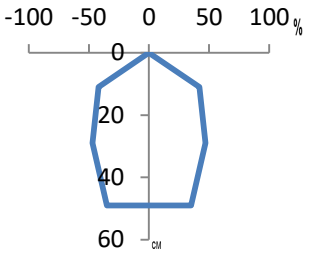
Окончание приложения 7



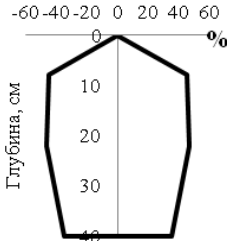
А) Литозем перегнойный
(р. 53, 937 м)



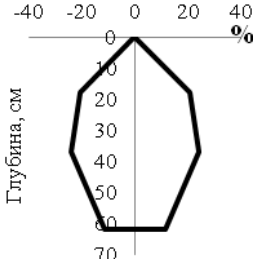
Б) Бурозём темногумусовый грубогумусированный
(р. 30, 795 м)



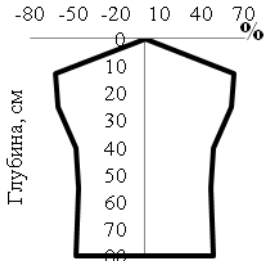
В) Подзол грубогуусированный
(5-18, 756 м)



Г) Серогумусовая глинисто-иллювиированная
(р. 5, 700 м)



Д) Бурозём глееватый
(р. 27, 590 м)



Е) Бурозем ожелезненный глееватый
(р. 34, 346 м)

Рисунок 4 – Распределение щебня в почвах аэрального происхождения

Приложение 8

Результаты биоморфного анализа почв

Таблица 1 – Сравнительное полуколичественное содержание микробиоморф

Глубина, см	Детрит	Аморф. орг.	Спикулы губок	Диатомовые водоросли	Фито-литы	Другие частицы
Разрез 62 641 (1)						
3-15	+	+ +	+	+	+++	Много спор и пыльцы хвойных
15-32	+	+	Ед.	-	Ед.	
32-52	+	+	-	-	-	
52-65	Ед.	Ед.	-	-	-	-
Ниже 65	Ед.	+	-	-	Ед.	-
Разрез 63 635 (2)						
2-5	+++	+++	Ед.	Ед.	+	Много пыльцевых зерен и спор
5-15	+++	+++	Ед.	-	++	
15-38	++	++	-	-	Ед.	
38-50	Ед.	+	-	-	-	
50-60	Ед.	+	-	-	-	-
Разрез 58 597 (3)						
2-25	+++	+++	Ед.	+	++	Много спор и пыльцы хвойных
25-34	+++	+++	Ед.	-	Ед.	
34-47	+++	+++	Ед.	-	-	-
47-91	+	++	-	-	-	-
Ниже 91	-	Ед.	-	-	-	-
Разрез 59 591 (4)						
2-21	+++	+++	-	Ед.	+	Много спор и пыльцевых зерен
21-31	+++	+++	+	Ед.	++	
31-54	+++	+++	-	-	-	
54-78	Ед.	+	-	-	-	-
Ниже 78	Ед.	Ед.	+	-	-	-
Разрез 60 589 (5)						
3-10	+++	+++	+	Ед.	+++	Много спор и пыльцевых зерен
10-28	++	++	Ед.	-	+	
28-40	+	+	-	-	+	
40-56	++	+++	-	Ед.	+	
Ниже 56	+	+	-	-	-	-
Разрез 57 587 (6)						
17-55	++	+	-	-	Ед.	Обилие спор
55-74	++	+	Ед.	-	Ед.	-
Ниже 74	Ед.	Ед.	-	-	-	-

Примечание. Крестиками показано сравнительное содержание микробиоморф: +++ много; ++ средне; + мало; Ед. – единично; - отсутствуют.

Окончание приложения 8

Таблица 2 – Распределение отдельных групп фитолитов (%)

Глубина, см	Всего (шт./%)	Спикулы //Диатом (%)	Фитолиты (шт/%)	1	2	3	4	5	6	7	8
Разрез 62 641 (1)											
3-15	136/100	4/3//6/4	126/93	56	5	14	22	1	-	1	1
15-32	4/100	1/25	3/75	100	-	-	-	-	-	-	-
32-52	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
52-65	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Ниже 65	1/100	-	1/100	100	-	-	-	-	-	-	-
Разрез 63 635 (2)											
2-5	38/100	2/5//2/5	34/90	65	6	6	23	-	-	-	-
5-15	99/100	1/1	98/99	68	4	6	-	-	-	-	2
15-38	2/100	-	2/100	100	-	-	-	-	-	-	-
38-50	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
50-60	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Разрез 58 597 (3)											
2-25	62/100	2/3//4/6	56/91	50	7	3	25	-	3	-	12
25-34	3/100	1/33	2/67	100	-	-	-	-	-	-	-
34-47	1/100	1/100	-	-	-	-	-	-	-	-	-
47-91	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Ниже 91	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Разрез 59 591 (4)											
2-21	22/100	-//2/9	20/91	70	5	5	10	-	5	-	5
21-31	76/100	6/8//2/3	68/89	62	-	3	35	-	-	-	-
31-54	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
54-78	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Ниже 78	4/100	4/100	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Разрез 60 589 (5)											
3-10	188/100	6/3//2/1	182/96	71	6	8	15	-	-	-	-
10-28	11/100	2/18	9/82	45	11	22	22	-	-	-	-
28-40	22/100	-	22/100	50	9	37	4	-	-	-	-
40-56	12/100	-//1/8	11/92	46	9	18	27	-	-	-	-
Ниже 56	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Разрез 57 587 (6)											
17-55	2/100	-	2/100	100	-	-	-	-	-	-	-
55-74	6/100	3/50	3/50	100	-	-	-	-	-	-	-
Ниже 74	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Примечание: Цифрами показаны следующие растительные ценозы: 1 – двудольные травы; 2 – иглы хвойных; 3- лесные злаки; 4 – луговые злаки; 5 –степные злаки (сухие луга); 6 – культурные злаки: 7 – сорная флора; 8 - мхи

Приложение 9

Фрагмент базы данных по гранулометрическому составу почв

Таблица 1 – Гранулометрический состав почв

№ п/п	№ разреза	Высота, м	Горизонт	Глубина	Размер частиц, мм, содержание %						
				см	1- 0,25	0,25-0,05	0,05-0,01	0,01-0,005	0,005-0,001	< 0,001	<0,01
Литоземы											
1	64	948	H	3-13	40,86	17,87	19,94	3,08	7,11	11,13	21,32
2			AH	13-25	41,15	23,61	8,73	7,18	7,68	11,66	26,52
3	52	939	H	8-15	43,85	17,50	21,64	2,09	3,61	11,31	17,01
4			AH	15-18	21,43	24,64	11,05	7,92	12,79	22,17	42,87
5			AYao	18-25	10,52	15,61	1,09	35,44	15,97	21,38	43,79
6	65	920	AY	1-8	14,46	9,44	32,34	7,66	21,52	14,38	43,56
7			AYC	8-25	11,18	8,62	24,56	7,64	22,84	51,16	51,64
8	54	755	AY	2-9	14,06	18,87	28,13	10,31	14,40	14,23	38,94
9			AYel	9-17	17,35	11,15	34,90	10,10	10,56	15,94	36,60
10			AYC	17-27	21,21	8,27	9,11	11,35	13,67	16,07	41,08
11	50	670	AY	9-17	18,45	15,21	29,08	9,45	8,06	9,61	27,12
12			Ayi	17-28	9,65	12,13	32,54	15,83	14,63	15,21	45,67
13	76	420	AY	6-18	2,45	3,41	25,21	2,56	29,58	36,79	68,93
14			AYel	18-30	1,86	7,03	16,54	8,31	29,14	37,12	74,57
15			Ch	30-45	3,24	5,12	19,04	6,58	34,35	31,67	72,60
16	44	396	AY hi	6-15	6,78	11,74	22,16	10,20	24,88	24,24	59,32
17			Chi	15-30	6,63	11,85	21,76	12,24	26,44	21,08	59,76
18	42	345	ayf	2-6	11,17	12,03	24,95	4,65	22,38	24,83	51,85
19			AYf	6-20	14,06	21,46	19,15	12,21	16,23	16,88	45,32
20			Cf	20-30	7,34	9,06	24,16	9,28	32,16	18,00	59,44
Органо-аккумулятивные											
21	69	658	AY	8-25	25,85	20,29	25,74	6,41	9,82	11,89	28,12
22			AY2	25-30	26,09	20,83	19,35	10,59	15,59	7,55	24,73
23			C	30 и >	8,32	6,97	23,11	16,09	20,44	25,08	61,60
24	55	655	AY	5-13	26,99	20,06	23,07	5,64	11,95	12,08	29,68
25			AYi	13-34	15,32	31,39	9,90	7,05	16,58	19,75	43,38
26			AY	34-60	19,24	10,86	30,60	6,89	18,43	13,98	39,30
27			C	60 и >	25,85	10,29	25,74	6,41	13,82	17,89	38,12
28	68	642	AUh	15-30	13,24	16,86	24,6	11,89	18,43	14,98	45,30
29			AUf	30-45	14,45	19,13	29,74	10,26	13,15	13,28	26,69
30			C	45 и >	19,83	24,4	16,43	9,86	11,58	17,9	39,34
31	63	635	AY1	5-15	16,29	10,64	31,54	7,95	19,62	13,96	41,53
32			AY2	15-38	17,41	15,37	29,64	8,61	15,94	19,73	44,28
33			AYi	38-50	11,39	7,31	28,94	9,46	20,15	22,75	52,36
34			C	50 и >	15,54	6,18	26,32	9,42	25,98	19,56	54,96
35	73	612	AUh	8-14	16,86	24,49	21,8	8,10	18,54	10,21	36,85
36			AUf	14-50	15,09	12,21	35,22	14,49	10,38	12,61	37,48
37	66	611	AY	10-20	13,66	16,13	36,54	11,83	9,63	12,21	33,67
38			AY m	20-35	15,36	17,9	17,07	12,64	18,95	18,08	49,67
39			AYC	35-68	17,71	27,04	18,61	8,91	16,28	11,45	36,64
40	72	608	AY	6-20	16,90	18,65	21,61	9,66	17,50	15,68	42,84
41			AYm	20-40	6,09	5,83	43,34	10,59	18,59	15,55	44,73
42	45	363	ao	5-13	24,96	12,84	18,75	7,82	15,30	20,34	43,46
43			AYf	13-35	23,42	22,01	12,25	6,09	15,42	20,81	42,32
44			CD	35-49	31,45	23,93	10,32	3,97	18,14	12,20	34,30
Альфегумусовые											
45	18	950	AYao	6-24	10,52	15,61	35,44	1,09	15,97	21,38	38,44
46			BHF	24-41	12,43	3,97	49,11	9,07	12,67	12,75	34,50

Подолжение приложения 9

Окончание таблицы 1

47	21-18	811	BH	10-20	16,80	21,30	24,30	9,20	5,8	22,5	37,5
48			BHF	20-32	16,80	35,60	13,80	5,00	7,00	21,80	33,80
49			BF	32-40	20,30	46,30	2,80	3,00	8,50	19,10	30,60
50	31	755	ao	6-9	6,22	48,30	23,72	7,88	13,72	0,16	21,76
51			E	9-22	23,67	16,48	8,73	9,24	20,32	7,52	37,08
52	5-18	751	E	10-17	13,90	35,4	6,60	9,30	10,80	24,00	44,10
53			BH	17-24	6,70	5,40	30,60	7,00	17,40	32,90	57,30
54			BF	24-30	17,50	20,20	15,40	8,30	11,00	27,60	46,90
55	7-18	746	E1	10-17	25,60	17,30	29,60	10,30	7,70	9,50	27,50
56			E2	17-26	15,80	52,80	4,40	0,70	10,60	15,80	27,10
57			BF	26-40	9,20	45,30	2,00	0,20	11,50	31,80	43,50
58	56	743	E	10-15	22,90	15,33	28,46	10,53	7,15	15,64	33,31
59			BHF	15-18	24,76	11,56	5,50	13,39	21,27	23,52	58,18
Глееземы											
60	82	382	AYao	10-17	6,67	31,63	19,12	8,42	10,69	23,47	42,58
61			Gf	17-37	5,00	19,01	36,30	10,13	7,25	22,31	39,69
62			CGf	37-48	10,72	36,15	24,01	6,11	6,78	16,23	29,12
Структурно-метаморфические											
63	26	315	AY_1	5-22	10,826	1,151	34,23	11,52	25,48	16,8	53,8
64			AY2	22-33	12,822	9,378	27,04	12,16	19,8	18,8	50,76
65			BM	33-57	3,892	13,948	30,88	9,36	21,51	20,38	51,25
66			C	57-67	7,4	3,28	31,84	11,28	22,48	23,72	57,48
67	80	321	AY_1	3-10	3,41	4,43	27,45	2,57	24,63	37,51	64,71
68			AY_2	10-39	1,83	2,76	21,40	7,21	31,26	35,54	74,01
69			BM	39-65	2,93	4,23	17,26	6,12	26,10	43,35	75,57
70	34	346	AY	7-16	8,27	4,1	28,48	10,23	19,1	29,81	59,14
71			AYf	16-37	4,27	3,86	18,42	9,12	20,12	44,21	73,45
72			BMg,f	37-45	3,52	5,01	27,49	11,66	23,35	28,98	63,98
73			BMg	45-67	5,59	4,18	32,8	9,27	19,4	28,76	57,43
74			Cg	67-100	5,02	6,91	25,63	8,57	18,68	35,2	62,45
75	35	347	AYao	4-14	4,37	12,11	17,32	6,16	22,48	37,56	66,2
76			AY	14-20	5,68	9,48	18,68	8,32	22,84	35	66,16
77			AYg	20-31	9,46	0,74	32,64	9,8	23,8	23,56	57,16
78			BMg	31-44	3,31	8,81	33,36	11,52	23,84	19,16	54,52
79			BMf	44-60	3,98	9,34	0,92	62,6	4,15	19,01	85,75
80	37	353	AYao	2-5	10,2	10,52	30,22	10,55	25,14	13,38	49,06
81			AY	5-20	6,22	14,08	36,19	11,33	18,05	14,12	43,5
82			BMf	20-31	7,35	12,13	31,24	13,13	21,5	14,67	49,29
83			BM	31-58	6,68	11,64	33,1	11,59	23,06	13,92	48,57
84			C	58-70	10,21	23,35	20,37	6,21	19,87	20,00	46,07
85	10	400	AYao	4-8	23,87	12,28	21,62	6,87	18,82	16,54	42,23
86			AY	8-21	7,43	8,09	21,01	16,26	19,42	27,79	63,52
87			AYel	21-41	4,91	7,03	75,9	2,83	3,74	5,59	17,26
88			BMel	41-60	0,94	11,78	25,94	24,2	9,25	27,88	66,33
89			BM	60-104	3,26	19,44	18,22	18,17	11,29	29,62	64,09
90	19	565	AY	6-15	4,51	9,21	31,76	5,84	30	18,68	54,52
91			AYel	15-30	7,005	8,56	31,16	14,08	24,8	14,4	53,28
92			BM	30-72	5,918	8,2	33,88	17,24	20,8	13,96	52
93			C	72-82	4,351	6,53	31,92	11,84	26,24	19,12	57,2
Аллювиальные											
94	33	344	AYao,f	3-28	22,45	22,9	26,15	4,03	11,17	13,29	28,49
95			AYf	28-62	4,79	18,47	37,86	9,4	15,32	14,14	38,86
96			Gfn	62-69	21,77	13,88	21,77	7,78	15,13	19,67	42,58
97			Gox	69-93	8,48	4,62	37,5	4,93	18,47	26	49,4
98			C	93-102	3,64	9,77	35,83	10,93	18,68	21,15	50,76

Продолжение приложения 9

Таблица 2 – Гранулометрические показатели почв

Высота	Разрез	Глубина, см	Ф5	a	k	n
Горно-лесной пояс						
315	26	AY 5-22	42,28	0,16	0,57	1,9
		AYi 22-33	38,60	0,09	0,45	<1
		BM 33-57	41,89	0,17	0,45	1,5
		C 57-67	46,20	0,22	0,41	1,1
321	80	AY1 (3-10)	62,14	0,625	0,31	>4
		AY2 (10-39)	66,80	0,65	0,39	>4
		BM (39-65)	69,45	0,75	0,29	>4
344	33	Ayel,f 3-28	24,46	0,0095	0,38	1,3
		AYf 128-62	29,46	0,025	0,46	1,9
		B 2 62-69	34,80	0,07	0,35	<1
		B3 69-93	44,47	0,22	0,33	<1
		BCg93-102	39,83	0,16	0,39	1,2
345	42	AY_1f 2-6	47,21	0,025	0,40	>4
		AY_2f 6-20	33,11	0,035	0,42	>4
		C 20-30	28,25	0,02	0,53	>4
346	34	AY 7-16	48,91	0,026	0,31	3
		AYf 16-37	64,33	0,037	0,23	2,8
		BMg,f 37-45	52,33	0,028	0,37	3,2
		BMg 45-67	48,16	0,026	0,32	2,7
		Cg 67-100	53,88	0,029	0,26	3,4
347	35	AYao 4-14	60,04	0,625	0,29	>4
		AY 14-20	57,84	0,55	0,31	3,6
		AYg 20-31	47,36	0,23	0,43	2,4
		BMg 31-44	43,00	0,165	0,50	1,6
		BMf 44-60	23,16	0,04	0,12	2,1
347	36	AYao 3-6	53,88	0,045	0,26	1,7
		AYel 6-20	42,55	0,08	0,46	2
		BMf 31-58	37,81	1	0,43	1,9
352	43	AY 5-21	38,93	0,26	0,38	5,1
		AYf 21-38	45,20	0,25	0,51	4,2
		BMf 38-76	38,25	0,24	0,64	4,2
353	37	AYao 2-5	38,52	0,042	0,66	1,8
		AY 5-20	32,17	0,043	0,51	2,3
		BMf 20-31	36,17	0,033	0,56	2,2
		BM 31-58	36,98	0,041	0,61	2,1
		C 58-70	39,87	0,08	0,43	1,2
363	45	AO 5-13	35,64	0,26	0,35	5,3
		AY 3-35	36,23	0,25	0,34	4,7
		C 35-49	30,34	0,24	0,57	4,7
364	44	AY hi 6-15	49,12	0,235	0,44	<1
		Chi 15-30	47,52	0,2	0,51	1,2

Продолжение приложения 9

Продолжение таблицы 2

Горно-лесной пояс						
373	38	AY 7-19	31,89	0,029	0,15	1,6
		AYel 19-30	41	0,028	0,46	<1
		BMel 30-57	41,56	0,02	0,26	<1
374	39	AY1 6-14	56,14	0,078	0,31	<1
		AY2 14-23	48,23	0,036	0,41	1,5
		BMf 23-40	42,86	0,04	0,53	2,2
390	82	Ayao (10-17)	34,16	0,08	0,23	<1
		Gf (17-37)	29,56	0,026	0,17	<1
		CGf (37-48)	23,01	0,00825	0,22	1,2
396	41	AY 5-16	47,56	0,4625	0,15	2,1
		Cf,hi16-35	50,16	0,205	0,64	1,6
400	85	AY (2-37)	39,99	0,275	0,15	<1
		BM (37-80)	34,44	0,09	0,12	<1
400	10	AYao 4-8	35,36	0,09	0,47	<1
		AY 8-21	47,21	0,29	0,33	1,2
		AYel 21-41	9,33	0,008	0,32	3,3
		BMel 46-60	37,13	0,09	0,18	<1
		BM 60-104	40,91	0,25	0,2	<1
410	74	AY (6-17,5)	69,7	0,8	0,33	>4
		BMel (17,5-26)	67,78	0,75	0,39	>4
		BMi (26-50)	79,29	0,925	0,25	>4
420	75	AYg (5-21)	61,87	0,65	0,41	>4
		AYf,g (21-38)	55,95	0,525	0,35	2,4
		BMf (38-47)	44,22	0,19	0,49	1,4
		Ch,i (47-65)	43,18	0,2	0,39	1,1
420	83	AY (7-26)	71,51	0,625	0,36	3,7
		BM (26-46)	62,29	0,65	0,42	>4
		C (46-60)	62,64	0,6	0,37	3,6
430	9	AYao 5-10	26,79	0,08	0,03	1
		AY 10-17	37,67	0,1	0,12	1
		BM el 17-32	46,88	0,02	0,26	4,2
		BM 32-70	50,71	0,022	0,2	4,5
430	76	AY (6-18)	66,37	0,675	0,37	>4
		AY el (18-30)	66,26	0,675	0,36	>4
		Ch, (30-45)	66,02	0,6	0,46	>4
Субальпийские луга						
557	22	AY 7-18	35,76	0,1	0,28	<1
		BMel 18-32	48,47	0,29	0,34	<1
		BM 32-50	38,36	0,14	0,34	<1
565	19	AY 6-15	48,68	0,04	0,6	2,1
		AYel 15-30	39,2	0,04	0,62	1,7
		BM 30-72	34,76	0,02	0,57	1,3
		C 72-82	45,36	0,02	0,54	1,2
570	1	AY_1 2-13	19,8	0,04	1,14	1,5
		AY_2 13-34	76,84	0,44	0,36	1
		BM_1 34-42	38,29	0,15	0,27	1,9
		BM_2 42-47	31,38	0,2	0,34	4,2

Продолжение приложения 9

Продолжение таблицы 2

580	16	AO 0-15	44,68	0,4	0,23	1
		BMf 15-30	33,95	0,07	0,07	<1
		BMf 30-39	43,86	0,36	0,21	<1
		BMf 39-54	35,18	0,1	0,31	<1
587	57	BM 17-55	39,07	0,15	0,44	1,2
		BMi 55-74	41,83	0,18	0,42	1,7
		C 74 и >	51,87	0,63	0,07	>4
589	60	AY 3-10	24,75	0,05	0,46	1,4
		AYi 10-28	32,1	0,02	0,51	1,9
		BMi 28-40	33,37	0,01	0,51	<1
		AY 40-56	20,1	0,04	0,45	1,1
		BM 56-70	34,45	0,02	0,48	<1
590	17	AY 4-13	26,2	0,02	0,31	<1
		AY_f 13-23	30,08	0,03	0,45	1,4
		BM_f 23-32	33,6	0,01	0,49	1,2
		BM 32-46	38,92	0,04	0,45	4,7
		C 46-56	40,36	0,05	0,42	4,9
591	59	AY_1 2-21	23,38	0,06	0,46	1
		AY_2 21-31	26,94	0,07	0,44	1
		BM_1 31-54	32,72	0,05	0,4	3
		BM_2 54-78	37,22	0,04	0,34	1,7
		C 78 и >	42,67	0,04	0,55	2,5
597	58	AY_1 2-25	34,14	0,01	0,49	1,4
		AY_2 25-34	39,73	0,01	0,44	2,1
		BM_1 34-47	43,18	0,01	0,46	<1
		BM_2 47-91	47,49	0,02	0,33	1,4
		C >91	48,75	0,04	0,3	1,3
Субальпийские луга						
605	110	AY 4-14	36	0,08	0,53	<1
		BMel 14-29	36,08	0,08	0,57	<1
609	28	AY 4-13	15,52	0,02	0,78	2,3
		aym 13-18	25,6	0,02	0,68	2,5
		AYm18-35	24,84	0,02	0,39	1,1
		C 33-43	26,56	0,03	0,75	1,9
608	72	AY 6-20	27,73	0,01	0,55	<1
		AY2 20-40	33,18	0,06	0,47	<1
609	109	AY 4-14	31,35	0,03	0,47	<1
		BM h 14-36	40,7	0,11	0,45	1,5
		BM f 36-59	44,81	0,18	0,56	2,3
611	66	AY 10-20	22,99	0,01	0,37	<1
		AY m 20-35	21,84	0,01	0,36	<1
		AY 35-68	37,03	0,11	0,45	<1
612	73	AY 8-14	29,48	0,02	0,31	<1
		BM 14-50	28,75	0,01	0,64	<1
635	63	AY 5-15	33,58	0,06	0,55	<1
		AYi 15-38	33,47	0,05	0,36	<1
		BMi 38-50	42,9	0,2	0,39	<1
		C 50-60	44,54	0,23	0,53	1,7
641	62	AY 3-15	26,43	0,01	0,43	<1
		AYi 15-32	27,88	0,03	0,35	1,1
		BMi 32-52	33,37	0,05	0,3	<1

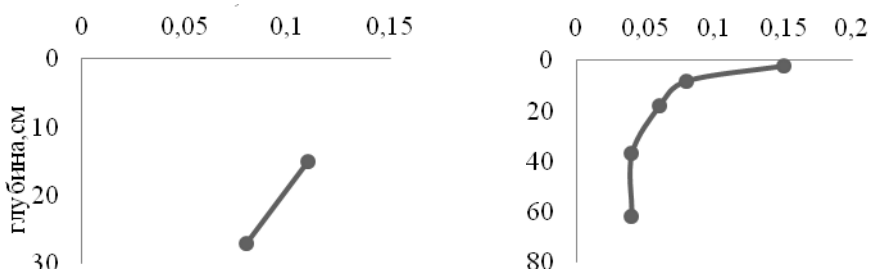
Окончание приложения 9

Окончание таблицы 2

		BM 52-65	42,44	0,19	0,38	1,2
		C >65	41,36	0,12	0,42	<1
642	68	AY 15-30	26,33	0,01	0,36	<1
		AY 30-45	33,41	0,05	0,5	<1
646	61	AY 2-20	38,82	0,14	0,39	1,1
		AYi 20-39	44,34	0,22	0,38	1
		BMi 39-60	41,64	0,16	0,46	1,6
		C >60	45,52	0,24	0,37	1
655	55	AY 5-13	24,03	0,15	0,43	1,1
		Ayi 13-34	36,33	0,16	0,38	2,4
		Ayel 34-60	32,41	0,05	0,52	1,1
		C 60 и >	31,71	0,09	0,36	1,1
658	69	AY 8-25	21,71	0,01	0,37	1,3
		AY_2 25-30	23,14	0,09	0,7	<1
Субальпийские луга						
670	50	AY 9-17	17,67	0,01	0,38	1,7
		Ayi 17-28	29,84	0,04	0,42	<1
700	5	AYao 6-11	25,96	0,22	0,58	2,4
		AY 11-29	30,19	0,04	0,51	1
		BM 29-49	28,1	0,03	0,56	3,2
Криволесье						
705	105	AYao 8-20	36,55	0,05	0,46	<1
		BM 20-34	40,66	0,11	0,4	<1
743	56	E 10-15	22,79	0,05	0,23	1,2
		Ci 15-18	44,79	0,06	0,4	<1
749	112	AY 2-25	25,17	0,01	0,45	<1
		BM 23-33	32,14	0,05	0,45	<1
755	54	AY_1 2-9	28,63	0,05	0,43	1,5
		AY_2 9-17	26,5	0,04	0,32	1,3
		AY_3>17	29,74	0,04	0,38	<1
743	31	ao 6-9	13,88	0,13	2,77	<1
		E 9-22	27,84	0,09	0,81	<1
794	30	ao 6-13	33	0,05	0,38	<1
		AYao 13-23	32,2	0,04	0,5	<1
		AY 23-32	25,04	0,01	0,59	<1
		BM 32-50	20,96	0,01	1,09	1,1
		C 50-75				
800	8	AY 5-18	26,38	0,01	0,37	<1
		BM 18-30	30,54	0,08	0,37	2,1
		BMf 30-60	18,26	0	0,49	<1
Горная тундра						
920	65	AY 1-8	20,54	0	0,29	1
		AYg 8-25	22,41	0,01	0,29	1,4
		C 25-35	36,03	0,1	0,39	<1
936	64	H 3-13	18,24	0,01	0,31	1,1
		AH 13-25	19,34	0	0,31	<1
939	52	H 8-15	14,92	0	0,17	<1
		AH 15-18	34,96	0,09	0,28	<1
		AU 18-25	36,08	0,11	0,35	1
930	18	AY 6-24	37,35	0,12	0,35	<1
		BF 24-41	25,43	0,01	0,43	<1

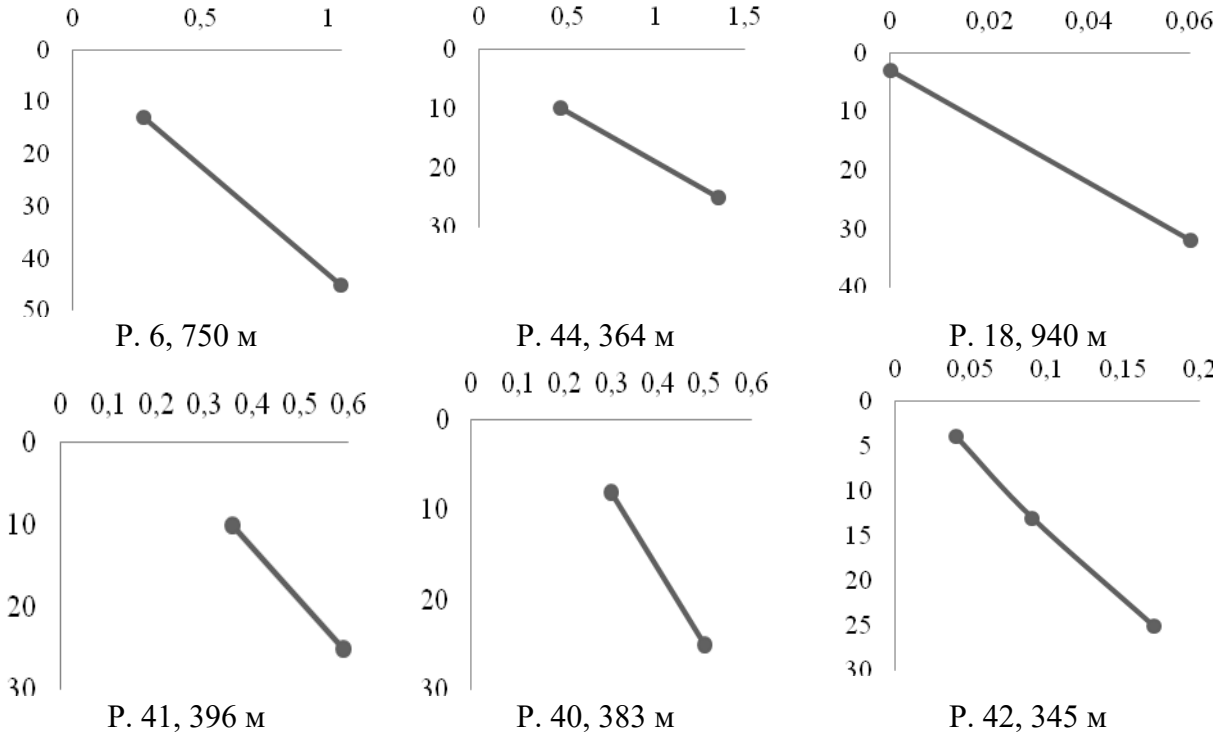
Приложение 10

Типы распределения объемной магнитной восприимчивости почв



Р. 31, 743 м Р. 27, 590 м

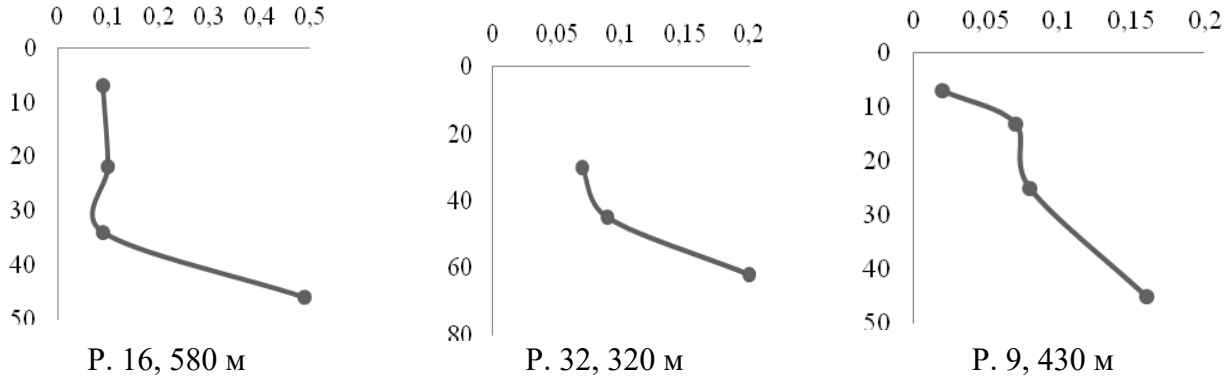
Рисунок 1 – Равномерно-аккумулятивный тип распределения МВ



Р. 6, 750 м Р. 44, 364 м Р. 18, 940 м

Р. 41, 396 м Р. 40, 383 м Р. 42, 345 м

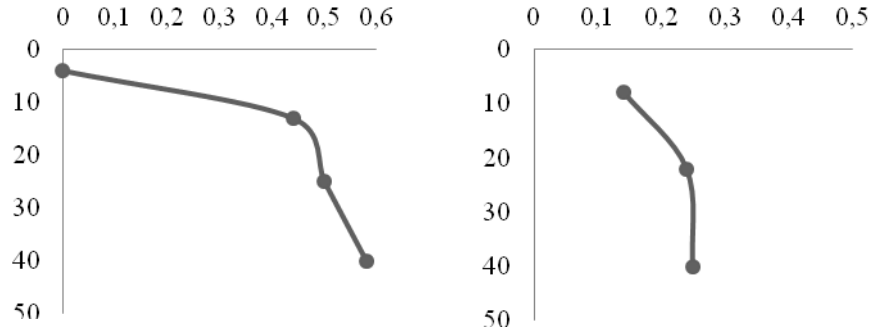
Рисунок 2 – Равномерно-эллювиальный тип распределения МВ в почвах



Р. 16, 580 м Р. 32, 320 м Р. 9, 430 м

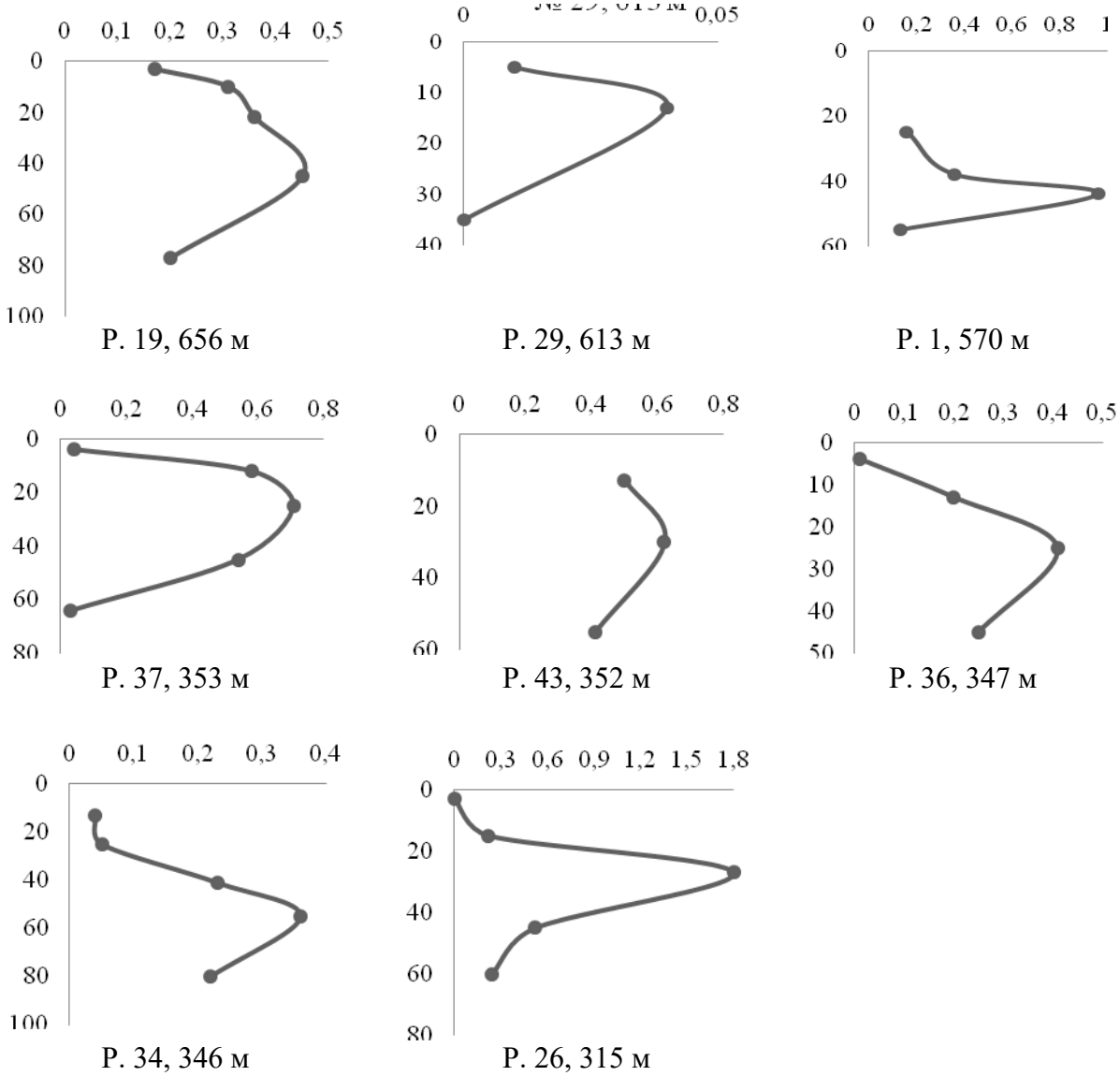
Рисунок 3 – Регрессивно-элювиальный тип профильной кривой МВ

Продолжение приложения 10



Р. 22, 557 м Р. 5, 750м

Рисунок 4 – Прогрессивно-элювиальный тип профильной кривой МВ



Р. 19, 656 м Р. 29, 613 м Р. 1, 570 м

Р. 37, 353 м Р. 43, 352 м Р. 36, 347 м

Р. 34, 346 м Р. 26, 315 м

Рисунок 5 – Элювиально-иллювиальное распределение МВ

Окончание приложения 10

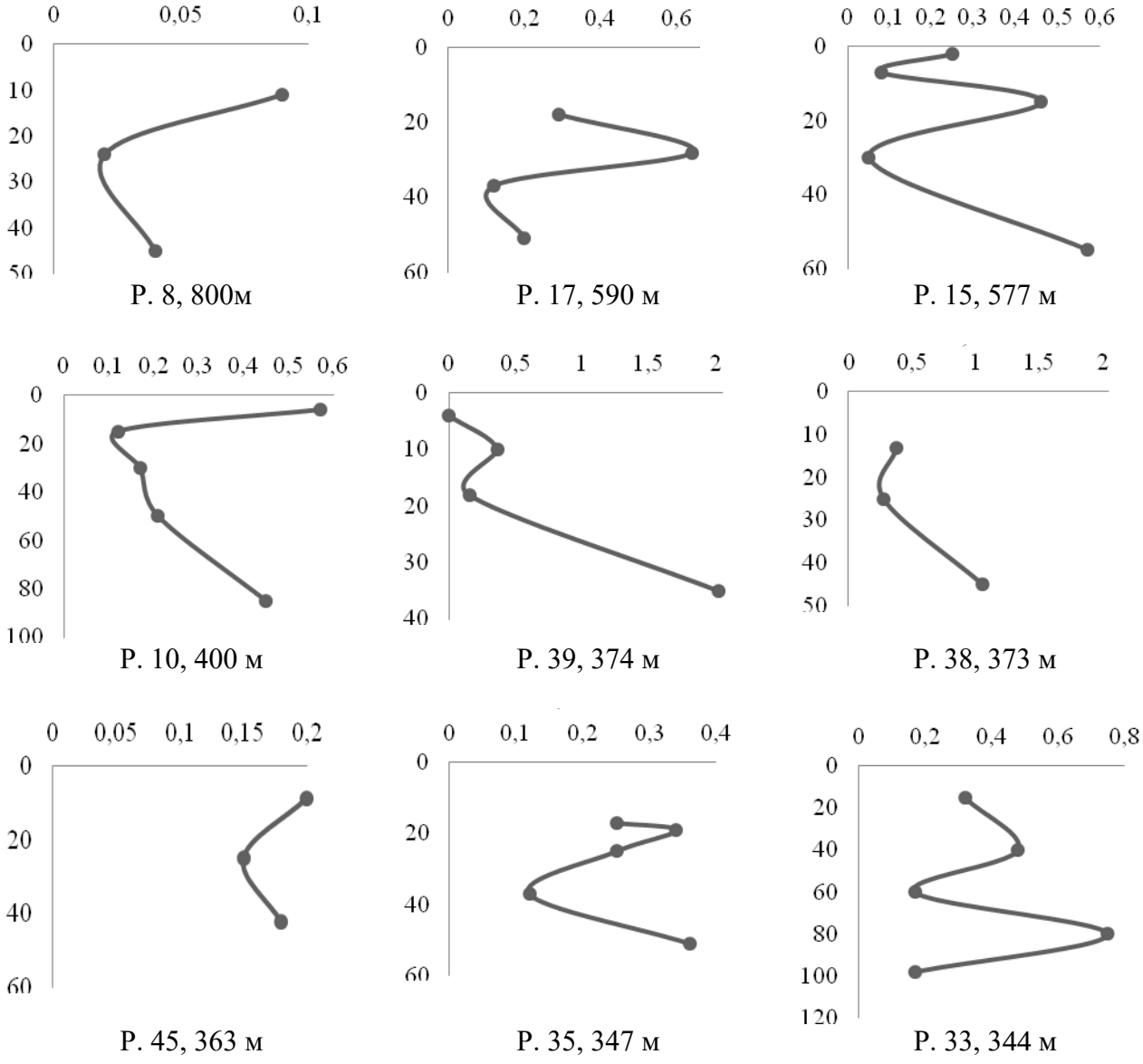


Рисунок 6 – Аккумулятивно-элювиально-иллювиальный тип распределения МВ

Приложение 11

Макроэлементный состав почв

Таблица 1 – Валовое содержание элементов (%) в почвах заповедника «Басеги» (подгольцовый пояс, криволесье, сублуга)

Горионт, глубина, см	SiO_2	Al_2O_3	Fe_2O_3	K_2O	Na_2O	CaO	MgO	TiO_2	MnO	P_2O_5	SO_3	Cl
Разрез 18, 930 м н.у.м., Дерново-подбур иллювиально-железистый												
AY, 6-24	67,26	14,67	4,69	2,03	0,81	0,29	1,50	1,01	0,07	0,12	0,19	0,002
BF, 24-41	66,84	15,09	4,52	1,95	0,98	0,36	1,56	0,94	0,05	0,08	0,14	–
Разрез 30, 794 м н.у.м., бурозем грубогумусированный												
AYao, 13-23	68,67	11,45	3,40	1,74	0,62	0,18	0,41	1,16	0,02	0,29	0,33	0,011
AY, 23-32	66,18	12,41	5,09	1,82	0,52	0,25	0,71	1,04	0,03	0,23	0,30	0,001
BM, 32-50	69,69	13,28	4,11	1,77	0,68	0,29	1,30	0,94	0,04	0,11	0,17	–
C, 50-75	74,28	13,64	3,84	1,81	1,12	0,31	1,45	0,91	0,04	0,10	0,13	–
Разрез 31, 743 м н.у.м., Подзол грубогумусированный												
ao, 6-10	80,38	6,64	0,93	0,98	1,52	0,17	0,27	1,19	0,01	0,17	0,36	0,005
E, 10-22	82,61	9,22	l.64	1,19	2,21	0,07	0,37	1,30	0,01	0,04	0,10	–
BF, 22-33	76,99	11,85	3,39	1,67	0,90	0,14	0,11	1,32	0,04	0,12	0,23	0,004
Разрез 32, 691 м н.у.м., Бурозем ожелезненный												
ay, 5-9	61,33	14,67	8,02	2,67	0,59	0,16	0,96	1,68	0,10	0,61	0,34	0,008
AY, 9-22	61,51	15,34	8,23	2,66	0,38	0,17	0,82	1,55	0,10	0,43	0,27	0,005
AYf, 22-37	61,70	16,24	8,53	2,7	0,33	0,18	1,16	1,53	0,12	0,38	0,27	–
BM, 37-58	63,56	16,05	8,19	2,60	0,62	0,18	1,21	1,49	0,09	0,32	0,21	0,009
C, 58-68	65,11	16,84	8,01	2,69	0,66	0,22	1,49	1,48	0,09	0,25	0,16	–
Разрез 29, 613 м н.у.м., Бурозем элювиированный												
ay, 3-8	59,01	14,46	7,14	2,40	0,88	0,80	2,23	1,63	0,07	0,54	0,36	–
AY, 8-18	61,20	14,92	7,35	2,59	1,28	0,76	2,1	1,62	0,07	0,80	0,41	0,003
BMf, 18-74	62,11	15,60	7,72	2,47	1,77	0,68	2,30	1,59	0,07	0,66	0,26	0,012
Разрез 28, 609 м н..у.м., Серогумусовая метаморфизированная												
AY, 4-13	57,2	12,22	6,33	2,28	0,90	1,36	1,93	1,53	0,13	0,65	0,59	0,01
aym, 13-18	59,71	13,56	7,36	2,35	0,95	0,97	2,22	1,65	0,09	0,63	0,43	0,012
AYmC, 18-35	62,32	15,91	8,22	2,51	1,66	0,92	2,92	1,69	0,11	0,39	0,28	0,009
C, 35-43	64,39	15,19	7,96	2,49	1,16	1,023	2,89	1,62	0,08	0,24	0,06	–

Продолжение приложения 11

Таблица 2 – Валовое содержание элементов (%) в почваххребта Басеги (горно-лесной пояс, парковое редколесье)

Горизонт, глубина, см	SiO_2	Al_2O_3	Fe_2O_3	K_2O	Na_2O	CaO	MgO	TiO_2	MnO	P_2O_5	SO_3	Cl
Разрез 27, 595 м н.у.м., Бурозем глееватый ожелезненный												
AYf, 4-12	63,10	16,11	6,14	2,29	1,14	1,11	1,99	1,33	0,04	0,50	0,27	0,006
AYg,f 12-26	66,03	15,52	6,65	2,41	0,82	0,99	1,99	1,49	0,06	0,31	0,07	–
BM g,f 26-57	66,74	13,98	7,13	2,32	2,49	1,16	2,63	1,56	0,09	0,18	0,04	0,009
C f,g, 57-67	66,38	15,07	7,59	2,45	1,77	1,20	2,52	1,38	0,08	0,14	0,04	–
Разрез 17, 590 м н.у.м., Бурозем ожелезненный												
AY, 4-13	58,82	13,70	5,82	2,08	0,16	0,36	1,13	1,09	0,10	0,72	0,53	0,012
AYf, 13-23	59,38	14,37	6,40	2,17	0,45	0,30	1,46	1,09	0,08	0,49	0,37	0,01
BMf, 23-32	67,66	14,91	5,69	2,29	0,74	0,38	1,58	1,11	0,06	0,16	0,23	0,004
BM, 32-46	69,56	14,57	5,41	2,28	0,19	0,40	1,63	1,05	0,05	0,06	0,10	0,001
C, 46-56	68,57	15,56	5,62	2,41	0,86	0,39	1,86	1,07	0,06	0,12	0,17	–
Разрез 15, 577 м н.у.м., Бурозем глееватый												
ay, 10-14	71,45	12,51	5,02	2,06	1,01	0,51	1,04	1,13	0,15	0,17	0,20	–
AY, 14-21	69,64	14,51	5,98	2,08	1,03	0,43	1,76	1,13	0,05	0,07	0,08	–
BMg, 21-43	67,55	15,59	6,39	2,15	0,98	0,42	2,03	1,10	0,06	0,06	0,04	0,002
Cg, 43-70	69,77	14,28	6,13	2,16	0,78	0,42	1,59	1,06	0,06	0,02	–	–
Разрез 19, 565 м н.у.м., Бурозем элювиированный												
AY, 6-15	46,31	7,874	7,81	1,30	1,10	0,30	0,84	1,09	0,06	0,17	0,13	0,008
BMel, 15-30	64,71	15,63	7,63	2,25	1,03	0,58	2,16	1,64	0,07	0,30	0,06	–
BM, 30-72	65,92	14,95	7,32	2,22	1,32	0,67	2,49	1,52	0,07	0,11	0,04	0,003
C, 72-82	65,58	15,16	7,59	2,43	1,59	1,24	2,52	1,43	0,10	0,19	0,00	–
Разрез 24, 518 м н.у.м., Глеезем грубогумусированный												
G, 16-36	71,60	14,01	3,55	2,01	1,07	0,45	1,45	1,12	0,02	0,09	0,16	0,001
GC, 35-58	68,53	15,47	6,79	2,07	1,05	0,46	1,94	1,04	0,05	0,08	0,14	0,004
Cg, 58-70	65,58	15,96	6,71	2,12	0,72	0,63	2,08	0,98	0,11	0,01	0,01	–
Разрез 26, 315 м н.у.м., Бурозем глинисто-иллювиированный												
AY, 5-22	65,62	14,66	5,60	2,17	1,09	0,42	1,66	1,02	0,10	0,16	0,19	0,002
AYi, 22-33	65,23	15,88	5,88	2,14	0,66	0,36	1,37	1,05	0,08	0,16	0,10	–
BMi, 33-57	69,68	14,29	5,59	2,13	0,81	0,39	1,65	1,06	0,07	0,05	0,04	0,009
C, 57-67	71,40	14,50	5,45	2,27	0,98	0,43	1,51	1,06	0,07	0,03	0,07	

Продолжение приложения 11

Таблица 3 – Геохимические ряды аккумуляции-рассеивания элементов в гольцово-подгольцовом поясе

Разрез	Горионт, глубина, см	Геохимический ряд
18	AY, 6-24	$Mg_{1,4}$>$Ti_{1,3}$>$K_{1,2}$>$Al_{1,1}$> Na, $Si_{1,0}$>$Fe_{0,9}$>$P_{0,7}$>$Mn_{0,3}$> Ca,Cl,$Cr_{0,2}$>$S_{0,1}$
	BF, 24-41	$Mg_{1,5}$>Ti, Na, $K_{1,2}$> $Al_{1,1}$> $Si_{0,9}$>$Fe_{0,8}$>$P_{0,5}$>$Mn_{0,4}$> Ca,$Cr_{0,2}$> $S_{0,1}$
30	AYao, 13-23	$P_{1,6}$>$Ti_{1,5}$> Cl,$K_{1,1}$>$Si_{1,0}$> $Al_{0,8}$> $Na_{0,7}$>, $Fe_{0,6}$>$Mg_{0,4}$>$Cr_{0,3}$> S, $Mn_{0,2}$> $Ca_{0,1}$
	AY, 23-32	$Ti_{1,4}$>$P_{1,3}$>$K_{1,1}$> Si, Al, $Fe_{0,9}$>$Mg_{0,7}$>$Na_{0,6}$>$Mn_{0,3}$>$Cr_{0,2}$ >Ca,Cl, $S_{0,1}$
	BM, 32-50	Ti, $Mg_{1,2}$>$K_{1,1}$> Si, $Al_{1,0}$> Na,$Fe_{0,8}$>$P_{0,6}$>Cr, $Mn_{0,3}$>$Ca_{0,2}$> $S_{0,1}$
	C, 50-75	$Mg_{1,4}$> $Na_{1,3}$> $Ti_{1,2}$> K, $Si_{1,1}$> $Al_{1,0}$>$Fe_{0,7}$>$P_{0,5}$>Mn,$Cr_{0,3}$>$Ca_{,0,2}$> $S_{0,1}$
31	ao, 6-9	$Na_{1,8}$>$Ti_{1,6}$> $Si_{1,1}$> $P_{0,9}$> $K_{0,6}$>Cl, $Al_{0,5}$> $Mg_{0,3}$>Fe, $S_{0,2}$>Mn, Ca, $Cr_{0,1}$
	E, 9-22	$Na_{2,6}$>$Ti_{1,7}$> $Si_{1,2}$> K, $Al_{0,7}$>$Mg_{0,4}$>$Fe_{0,3}$>$P_{0,2}$>Cr, $Mn_{0,1}$
	BF, 22-33	$Ti_{1,7}$> Na, $Si_{1,1}$> $K_{1,0}$>$Al_{0,9}$>$P_{0,7}$>$Fe_{0,6}$>$Cl_{0,4}$>Ca,Mn, Mg, S,$Cr_{0,1}$
32	ay, 5-9	$P_{3,3}$>$Ti_{2,2}$>$K_{1,6}$>$Fe_{1,5}$>$Al_{1,1}$> Mg, Mn, $Si_{0,9}$>$Cl_{0,8}$>$Na_{0,7}$> $Cr_{0,3}$> $S_{0,2}$> $Ca_{0,1}$
	AY, 9-22	$P_{2,4}$>$Ti_{2,0}$>$K_{1,6}$>$Fe_{1,5}$>$Al_{1,1}$>Mn, $Si_{0,9}$>$Mg_{0,8}$>Cl, $Na_{0,5}$> $Cr_{0,3}$>Ca,$S_{0,1}$
	AYf, 22-37	$P_{2,1}$>$Ti_{2,0}$>K, $Fe_{1,6}$>$Al_{1,2}$>Mn, $Mg_{1,1}$> $Si_{0,9}$>$Na_{0,4}$> $Cr_{0,3}$>Ca,$S_{0,1}$
	BM, 37-58	$Ti_{1,9}$>$P_{1,7}$> $K_{1,6}$>$Fe_{1,5}$> Al, $Mg_{1,2}$>Cl, $Si_{0,9}$>$Mn_{0,8}$> $Na_{0,7}$> $Cr_{0,3}$>Ca,$S_{0,1}$
	C, 58-68	$Ti_{1,9}$> $K_{1,6}$>$Fe_{1,5}$> $Mg_{1,4}$>$P_{1,3}$>$Al_{1,2}$>$Si_{0,9}$> Na, $Mn_{0,8}$>$Cr_{0,3}$> Ca,$S_{0,1}$
29	ay, 3-8	$P_{2,9}$> Ti, $Mg_{2,1}$> $K_{1,5}$> $Fe_{1,3}$>$Al_{1,1}$> $Na_{1,0}$>$Si_{0,8}$>$Mn_{0,7}$> $Ca_{0,4}$> S,$Cr_{0,2}$
	AY, 8-18	$P_{4,4}$>$Ti_{2,1}$>$Mg_{2,0}$>$K_{1,6}$> $Na_{1,5}$>$Fe_{1,4}$>$Al_{1,1}$>, $Si_{0,9}$>$Mn_{0,7}$>$Ca_{0,4}$>Cl,$Cr_{0,3}$> $S_{0,2}$
	BMf, 18-74	$P_{3,6}$>$Mg_{2,2}$> Na,$Ti_{2,1}$> $K_{1,5}$>$Fe_{1,4}$> Cl, $Al_{1,2}$> $Si_{0,9}$>$Mn_{0,7}$>Ca,$Cr_{0,4}$> $S_{0,1}$
28	AY, 4-13	$P_{3,6}$> $Ti_{2,0}$>$Mg_{1,9}$> $K_{1,4}$>Mn, $Fe_{1,2}$> $Na_{1,1}$>$Cl_{1,0}$>$Al_{0,9}$> $Si_{0,8}$>Ca, $_{0,7}$> Cr, $S_{0,3}$
	aym, 13-18	$P_{3,4}$> $Ti_{2,2}$>$Mg_{2,1}$> Fe, $K_{1,4}$>$Cl_{1,2}$> $Na_{1,1}$> $Al_{1,0}$>Mn, $Si_{0,8}$>$Ca_{0,5}$>S,$Cr_{0,2}$
	AYm, 18-35	$Mg_{2,8}$> $Ti_{2,2}$> $P_{2,1}$> $Na_{2,0}$> K, $Fe_{1,5}$>$Al_{1,2}$>$Mn_{1,0}$>Cl,$Si_{0,9}$> $Ca_{0,5}$>$Cr_{0,4}$> $S_{0,1}$
	C, 33-43	$Mg_{2,8}$> $Ti_{2,1}$> Fe, $K_{1,5}$> $Na_{1,4}$>$P_{1,3}$>$Al_{1,1}$> $Si_{0,9}$>$Mn_{0,7}$>$Ca_{0,5}$> Cr $_{0,4}$

Таблица 4 – Геохимические ряды аккумуляции-рассеивания элементов в горной тайге

Разрез	Горизонт, глубина, см	Геохимический ряд
27	AYf, 4-12	$P_{2,7}$>$Mg_{1,9}$> $Ti_{1,7}$> $K_{1,4}$> $Na_{1,3}$>$Al_{1,2}$>$Fe_{1,1}$>$Si_{0,9}$>Ca,$Cl_{0,6}$>$Mn_{0,4}$>$Cr_{0,3}$> $S_{0,1}$
	AYg,f 12-26	Mg, $Ti_{1,9}$> $P_{1,7}$> $K_{1,5}$> Fe, $Al_{1,2}$> $Na_{1,0}$> $Si_{0,9}$>$Mn_{0,6}$> $Ca_{0,5}$>$Cr_{0,2}$
	BMg,f 26-57	$Na_{2,9}$>$Mg_{2,5}$> $Ti_{2,0}$> $K_{1,4}$>$Fe_{1,3}$> Al, $P_{1,0}$>Mn, Cl,$Si_{0,9}$>$Ca_{0,6}$>$Cr_{0,3}$
	Cf,g, 57-67	$Mg_{2,4}$> $Na_{2,1}$>$Ti_{1,8}$> $K_{1,5}$>$Fe_{1,4}$>$Al_{1,1}$>, $Si_{0,9}$>$P_{0,8}$>$Mn_{0,7}$> $Ca_{0,6}$>$Cr_{0,3}$
17	AY, 4-13	$P_{3,9}$> $Ti_{1,4}$> $K_{1,3}$>$Cl_{1,2}$> Mg, Fe $_{1,1}$> Al $_{1,0}$>$Mn_{0,9}$> $Si_{0,8}$> $Cr_{0,3}$> Ca,Na,$S_{0,2}$
	AYf, 13-23	$P_{2,7}$> Ti, $Mg_{1,4}$> $K_{1,3}$> $Fe_{1,2}$>$Al_{1,1}$>$Cl_{1,0}$> Si, $Mn_{0,8}$> $Na_{0,5}$> $Cr_{0,3}$> Ca,$S_{0,2}$
	BMf, 23-32	Mg, $Ti_{1,5}$> $K_{1,4}$> $Al_{1,1}$> Fe, $Si_{1,0}$> Na, $P_{0,9}$>$Mn_{0,6}$>$Cl_{0,4}$>$Cr_{0,3}$>$Ca_{0,2}$>$S_{0,1}$
	BM, 32-46	$Mg_{1,6}$> K, $Ti_{1,4}$> $Al_{1,1}$>Fe, $Si_{1,0}$>$Mn_{0,4}$>P,$Cr_{0,3}$>Ca, $Na_{0,2}$>$Cl_{0,1}$
	C, 46-56	$Mg_{1,8}$> $K_{1,5}$>$Ti_{1,4}$> $Al_{1,2}$> Na, Fe, $Si_{1,0}$>$P_{0,6}$>$Mn_{0,5}$> $Cr_{0,3}$>$Ca_{0,2}$> $S_{0,1}$
15	ay, 10-14	$Ti_{1,5}$>Mn, K, $_{1,3}$> $Na_{1,2}$> Mg, P, $Si_{1,0}$> Al, $Fe_{0,9}$>$Ca_{0,3}$>$Cr_{0,2}$> $S_{0,1}$
	AY, 14-21	$Mg_{1,7}$> $Ti_{1,5}$> $K_{1,3}$> $Na_{1,2}$>Fe, $Al_{1,1}$> $Si_{1,0}$>$Mn_{0,5}$>$P_{0,4}$>$Cr_{0,3}$>$Ca_{0,2}$
	BMg, 21-43	$Mg_{1,9}$> $Ti_{1,4}$> $K_{1,3}$> Na, Fe, $Al_{1,2}$> $Si_{1,0}$>$Mn_{0,5}$>P, $Cr_{0,3}$>Cl,$Ca_{0,2}$
	Cg, 43-70	$Mg_{1,5}$> $Ti_{1,4}$> $K_{1,3}$> Fe, $Al_{1,1}$> $Si_{1,0}$> $Na_{0,9}$>$Mn_{0,6}$>$Cr_{0,3}$>$Ca_{0,2}$>$P_{0,1}$
19	AY, 6-15	Fe, $Ti_{1,4}$> $Na_{1,3}$>$P_{0,9}$>Cl, Mg ,$K_{0,8}$> $Si_{0,7}$>$Al_{0,6}$>$Mn_{0,5}$>$Ca_{0,2}$> Cr, $S_{0,1}$
	BMel, 15-30	Mg, $Ti_{2,1}$> $P_{1,6}$> Fe, $K_{1,4}$> Na,$Al_{1,2}$> $Si_{0,9}$>$Mn_{0,7}$> $Cr_{0,4}$>$Ca_{0,3}$
	BM, 30-72	$Mg_{2,4}$> $Ti_{1,2}$> $Na_{1,6}$> $K_{1,4}$>$Fe_{1,3}$> $Al_{1,1}$> $Si_{0,9}$>Mn, $P_{0,6}$>$Ca_{0,4}$>Cl,$Cr_{0,3}$
	C, 72-82	$Mg_{2,4}$> Na,$Ti_{1,9}$> $K_{1,5}$>$Fe_{1,4}$>$Al_{1,1}$> P, $Mn_{1,0}$> $Si_{0,9}$>$Ca_{0,6}$>$Cr_{0,3}$
24	G, 16-36	$Ti_{1,5}$>$Mg_{1,4}$> $Na_{1,3}$> $K_{1,2}$> Al, $Si_{1,0}$>$Fe_{0,7}$>$P_{0,5}$>Ca, Mn, $Cr_{0,2}$>$Cl_{0,1}$
	GC, 35-58	$Mg_{1,9}$> $Ti_{1,4}$> $K_{1,3}$> Na,$Fe_{1,2}$>$Al_{1,1}$> $Si_{1,0}$>$Mn_{0,5}$>Cl,Cr, $P_{0,4}$> $Ca_{0,2}$> $S_{0,1}$
	Cg, 58-70	$Mg_{2,0}$> K, $Ti_{1,3}$> Fe, Al $_{1,2}$>$_{1,1}$>$Mn_{1,0}$> Na, Si $_{0,9}$>Ca,$Cr_{0,3}$> $P_{0,1}$
26	AY, 5-22	$Mg_{1,6}$>Na,K, $Ti_{1,3}$> $Al_{1,1}$> Fe $_{1,0}$> Si,Mn,P $_{0,9}$> Ca,Cl,$Cr_{0,2}$> $S_{0,1}$
	AYi, 22-33	Ti $_{1,4}$> Mg,K $_{1,3}$> Al $_{1,2}$> Fe $_{1,1}$> P, Si $_{0,9}$>,Na $_{0,8}$>$Mn_{0,7}$>$Cr_{0,3}$>$Ca_{0,2}$
	BMi, 33-57	$Mg_{1,6}$> $Ti_{1,4}$> $K_{1,3}$>$Al_{1,1}$> Fe, Na, $Si_{1,0}$>$Cl_{0,9}$>$Mn_{0,7}$> P $_{0,3}$>Ca, $Cr_{0,2}$
	C, 57-67	K, Ti, $Mg_{1,4}$> $Na_{1,2}$>$Al_{1,1}$> Fe, $Si_{1,0}$>$Mn_{0,7}$>Ca, P, $Cr_{0,2}$

Продолжение приложения 11

Таблица 5 – Молекулярные отношения в почвах гольцово-подгольцового пояса (группа 1)

№ разреза, экспозиция, высота н. у.м., м.	Горизонт	SiO_2/R_2O_3	SiO_2/Al_2O_3	SiO_2/Fe_2O_3	SiO_2/MgO	SiO_2/K_2O	SiO_2/CaO	SiO_2/TiO_2
18, вершина, 930	AY, 6-24	6,5	7,8	38,3	29,9	50,9	215,6	260,7
	BF, 24-41	6,3	7,5	38,5	28,6	53,0	174,1	278,5
30, Запад, 794	AYao, 13-23	8,6	10,2	53,9	112,2	61,97	364,2	79,1
	AY, 23-32	7,2	9,1	34,7	62,4	56,91	251,1	84,7
	BM, 32-50	7,5	8,9	45,2	35,9	61,55	221,3	99,3
	C, 50-75	7,8	9,3	51,6	34,1	64,12	223,6	109,1
31, Юго-Восток 743	ao, 6-9	18,9	20,6	230,5	197,0	128,24	451,9	89,9
	E, 9-22	13,7	15,2	134,3	148,9	109,04	1041,9	84,5
	BF, 22-33	9,3	11,0	60,6	466,6	72,14	513,2	77,5
32, Юго-Восток 691	ay, 5-9	5,3	7,1	20,4	42,6	35,93	346,9	48,6
	AY, 9-22	5,1	6,8	19,9	49,9	36,22	345,9	52,8
	AYf, 22-37	4,8	6,5	19,3	35,5	35,80	318,2	53,9
	BM, 37-58	5,1	6,7	20,7	35,1	38,34	335,2	57,0
	C, 58-68	5,0	6,6	21,7	29,2	37,98	272,5	58,8
29, Юго-Восток 613	ay, 3-8	5,3	6,9	22,0	17,6	38,57	69,2	48,2
	AY, 8-18	5,3	6,9	22,2	19,4	37,08	75,1	50,4
	BMf, 18-74	5,1	6,8	21,5	18,0	39,35	84,8	52,2
28, Юг 609	AY, 4-13	6,0	8,0	24,1	19,7	39,30	39,1	49,9
	aym, 13-18	5,6	7,5	21,6	17,9	39,82	57,2	48,2
	AYm, 18-35	5,0	6,7	20,2	14,2	38,87	63,2	49,2
	C, 33-43	5,4	7,2	21,6	14,8	40,49	58,5	52,9

Таблица 6 – Молекулярные отношения в почвах горно-лесного пояса (группа 2)

Разрез	Горизонт, глубина, см	SiO_2/R_2O_3	SiO_2/Al_2O_3	SiO_2/Fe_2O_3	SiO_2/MgO	SiO_2/K_2O	SiO_2/CaO	SiO_2/TiO_2
27	AYf, 4-12	5,4	6,7	27,4	21,11	43,11	52,9	63,2
	AYg,f 12-26	5,7	7,2	26,5	22,2	42,85	62,3	58,9
	BMg,f 26-57	6,1	8,1	25,0	16,9	45,01	55,8	57,2
	Cf,g, 57-67	5,7	7,5	23,3	17,6	42,43	51,8	64,0
17	AY, 4-13	5,7	7,3	26,9	34,6	44,33	152,9	71,6
	AYf, 13-23	5,5	8,2	28,9	31,7	50,16	217,3	85,2
	BMf, 23-32	6,2	7,7	31,7	28,5	46,18	165,7	81,0
	BM, 32-46	6,6	8,1	34,3	28,4	47,81	161,9	88,2
	C, 46-56	6,1	7,5	32,5	24,5	44,65	163,3	85,2
15	ay, 10-14	7,7	9,7	37,9	45,6	54,4	130,0	84,2
	AY, 14-21	6,5	8,2	31,1	26,4	52,4	151,5	81,8
	BMg, 21-43	5,8	7,4	28,2	22,2	49,1	149,0	81,6
	Cg, 43-70	6,5	8,3	30,3	29,2	50,6	153,9	88,1
19	AY, 6-15	6,1	10,0	15,8	36,7	55,7	144,1	56,6
	BMel, 15-30	5,4	7,0	22,6	19,9	39,8	103,2	52,6
	BM, 30-72	5,7	7,5	24,0	17,6	46,6	91,4	57,7
	C, 72-82	5,6	7,4	23,0	17,4	42,2	49,4	61,3
24	G, 16-36	7,5	8,7	53,7	32,8	55,8	148,8	85,0
	GC, 35-58	5,9	7,5	26,9	23,5	51,7	139,4	87,7
	Cg, 58-70	5,5	7,0	26,1	21,0	48,6	97,5	88,9
26	AY, 5-22	6,1	7,6	31,3	26,3	47,3	144,5	85,9
	AYi, 22-33	5,6	7,0	29,6	31,8	47,7	167,3	83,2
	BMi, 33-57	6,6	8,3	31,3	28,1	51,3	164,6	87,9
	C, 57-67	6,8	8,4	34,9	31,5	49,2	153,9	89,7

Продолжение приложения 11

Таблица 7 – Коэффициенты элювиально-иллювиальной миграции почв

Разрез, ЭС, высота н.у.м., м	Гори-зонт	SiO_2/R_2O_3	SiO_2/Al_2O_3	SiO_2/Fe_2O_3	SiO_2/MgO	SiO_2/K_2O	SiO_2/CaO	SiO_2/TiO_2
18, вершина, 930	AY	0,97	0,96	1,00	0,96	1,04	0,81	1,07
	BF	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
30, Запад, 794	AYao	0,91	0,91	0,96	0,30	1,03	0,61	1,38
	AY	1,08	1,02	1,49	0,55	1,13	0,89	1,29
	BM	1,04	1,04	1,14	0,95	1,04	1,01	1,10
	C	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
31, Юго-Восток 743	ao	0,49	0,54	0,26	2,37	0,56	1,14	0,86
	E	0,68	0,72	0,45	3,13	0,66	0,49	0,92
	BF	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
32, Юго-Восток 691	ay	0,94	0,92	1,06	0,69	1,06	0,79	1,21
	AY	0,98	0,96	1,09	0,58	1,05	0,79	1,11
	AYf	1,04	1,02	1,12	0,82	1,06	0,86	1,09
	BM	0,98	0,98	1,05	0,83	0,99	0,81	1,03
	C	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
29, Юго-Восток 613	ay	0,96	0,98	0,97	1,02	1,02	1,22	1,08
	AY	0,96	0,97	0,97	0,93	1,06	1,13	1,03
	BMf	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
28, Юг 609	AY	0,96	0,90	0,90	0,75	1,03	1,49	1,06
	aym	0,96	0,96	1,00	0,83	1,02	1,02	1,10
	AYmC	1,08	1,08	1,07	1,05	1,04	0,92	1,08
		1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
27, Юг 590	AYf	1,06	1,12	0,85	0,83	0,98	0,98	1,01
	AYg,f	1,00	1,03	0,88	0,79	0,99	0,83	1,09
	BMg,f	0,93	0,92	0,93	1,04	0,94	0,93	1,12
	Cf,g	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
17, Восток 577	AY	1,07	1,03	1,21	0,71	1,01	1,07	1,19
	AYf	1,11	0,91	1,12	0,77	0,89	0,75	1,00
	BMf	0,98	0,97	1,03	0,86	0,97	0,99	1,05
	BM	0,92	0,92	0,95	0,86	0,93	1,01	0,97
	C	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
15, Восток 575	ay	0,84	0,86	0,80	0,64	0,93	1,18	1,05
	AY	1,00	1,02	0,98	1,11	0,97	1,02	1,08
	BMg	0,98	1,13	1,08	1,31	1,03	1,03	1,08
	Cg	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
19, Запад 565	AY	0,92	0,74	1,46	0,47	0,76	0,34	1,08
	BMel	1,04	1,04	1,02	0,87	1,06	0,48	1,17
	BM	0,98	0,98	0,96	0,99	0,91	0,54	1,06
	C	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
24, Север 518	G	0,73	0,80	0,49	0,64	0,87	0,65	1,05
	GC	0,93	0,93	0,97	0,89	0,94	0,70	1,01
	Cg	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
26, Северо-Запад 315	AY	1,11	1,10	1,12	1,20	1,04	1,07	1,04
	AYi	1,21	1,20	1,18	0,99	1,03	0,92	1,08
	BMi	1,03	1,01	1,12	1,12	0,96	0,93	1,02
	C	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00

Примечание: ЭС - экспозиция склона

Продолжение приложения 11

Таблица 8 – Корреляционная матрица парной взаимосвязи оксидов элементов, серы, хлора и хрома в почвах (n=45)

	Al_2O_3	Fe_2O_3	K_2O	Na_2O	CaO	MgO	TiO_2	MnO	P_2O_5	SO_3	Cl	Cr_2O_3
SiO_2	-0,23	**-0,70***	**-0,44**	0,26	**-0,31**	**-0,32**	**-0,35**	**-0,54**	**-0,60**	**-0,35**	**-0,42**	-0,20
Al_2O_3	1,00	**0,56**	**0,85**	-0,22	0,26	**0,60**	0,21	0,44	0,11	-0,23	-0,19	**0,70**
Fe_2O_3		1,00	**0,77**	0,08	**0,37**	**0,55**	**0,65**	**0,66**	**0,39**	-0,08	0,12	0,45
K_2O			1,00	-0,19	**0,39**	**0,59**	**0,54**	**0,66**	**0,41**	0,03	0,03	**0,62**
Na_2O				1,00	**0,45**	**0,36**	0,29	-0,11	-0,13	-0,29	0,01	-0,09
CaO					1,00	**0,80**	**0,46**	**0,39**	0,28	-0,02	0,09	0,27
MgO						1,00	**0,38**	**0,42**	0,12	-0,26	-0,05	**0,59**
TiO_2							1,00	0,39	**0,62**	0,25	0,27	0,22
MnO								1,00	**0,38**	0,14	0,15	**0,32**
P_2O_5									1,00	**0,80**	**0,58**	0,15
SO_3										1,00	**0,58**	-0,13
Cl											1,00	0,03
Cr_2O_3												1,00

0,56 – достоверно на уровне 0,95

Таблица 9 – Корреляционная матрица парной взаимосвязи оксидов макроэлементов, S, Cl, Cr в почвах гольцово-подгольцового пояса (n=21)

	Al_2O_3	Fe_2O_3	K_2O	Na_2O	CaO	MgO	TiO_2	MnO	P_2O_5	SO_3	Cl	Cr_2O_3
SiO_2	**-0,72**	**-0,85**	**-0,87**	**0,43**	**-0,59**	**-0,65**	**-0,59**	**-0,85**	**-0,76**	**-0,48**	**-0,34**	**-0,58**
Al_2O_3	1,00	**0,83**	**0,90**	-0,37	0,20	**0,59**	**0,37**	**0,68**	**0,32**	-0,18	-0,03	**0,74**
Fe_2O_3		1,00	**0,98**	-0,13	**0,35**	**0,58**	**0,78**	**0,88**	**0,60**	0,05	0,15	**0,63**
K_2O			1,00	**-0,40**	**0,36**	**0,59**	**0,68**	**0,88**	**0,64**	0,16	0,20	**0,71**
Na_2O				1,00	0,24	0,21	0,08	**-0,31**	-0,04	-0,15	0,09	-0,16
CaO					1,00	**0,82**	**0,49**	**0,52**	**0,58**	**0,46**	**0,32**	**0,36**
MgO						1,00	**0,47**	**0,59**	**0,47**	0,08	0,12	**0,65**
TiO_2							1,00	**0,72**	**0,76**	**0,39**	**0,42**	**0,31**
MnO								1,00	**0,66**	**0,37**	0,28	**0,60**
P_2O_5									1,00	**0,74**	**0,56**	**0,33**
SO_3										1,00	**0,58**	-0,12
Cl											1,00	0,22
Cr_2O_3												1,00

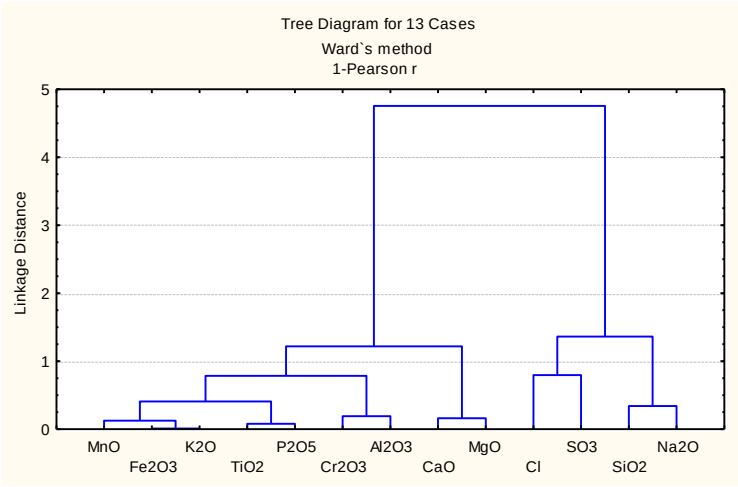
0,83 – достоверно на уровне 0,95

Таблица 10 – Корреляционная матрица парной взаимосвязи оксидов макроэлементов, S, Cl, Cr в почвах горно-лесного пояса (n=24)

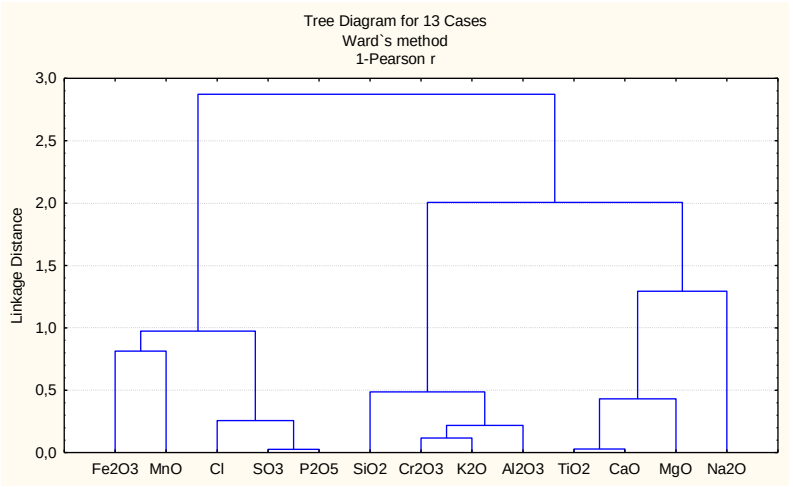
	Al_2O_3	Fe_2O_3	K_2O	Na_2O	CaO	MgO	TiO_2	MnO	P_2O_5	SO_3	Cl	Cr_2O_3
SiO_2	**0,60***	**-0,52**	**0,61**	0,07	0,06	0,28	-0,05	-0,02	**-0,50**	**-0,35**	**-0,55**	**0,33**
Al_2O_3	1,00	-0,08	**0,82**	-0,04	0,28	**0,58**	0,17	-0,07	-0,02	-0,15	**-0,37**	**0,64**
Fe_2O_3		1,00	-0,01	**0,43**	**0,47**	**0,52**	**0,56**	0,17	0,10	**-0,32**	0,10	0,17
K_2O			1,00	0,18	**0,52**	**0,66**	**0,39**	0,11	0,04	-0,15	**-0,34**	**0,51**
Na_2O				1,00	**0,70**	**0,64**	**0,60**	0,12	-0,23	**-0,47**	-0,05	-0,03
CaO					1,00	**0,75**	**0,73**	0,16	0,13	**-0,31**	-0,12	0,12
MgO						1,00	**0,67**	-0,01	-0,17	**-0,52**	-0,22	**0,49**
TiO_2							1,00	0,05	0,24	-0,27	-0,05	0,24
MnO								1,00	0,16	0,09	0,03	-0,15
P_2O_5									1,00	**0,80**	**0,58**	0,03
SO_3										1,00	**0,59**	-0,05
Cl											1,00	-0,16
Cr_2O_3												1,00

0,60 - достоверно на уровне 0,95

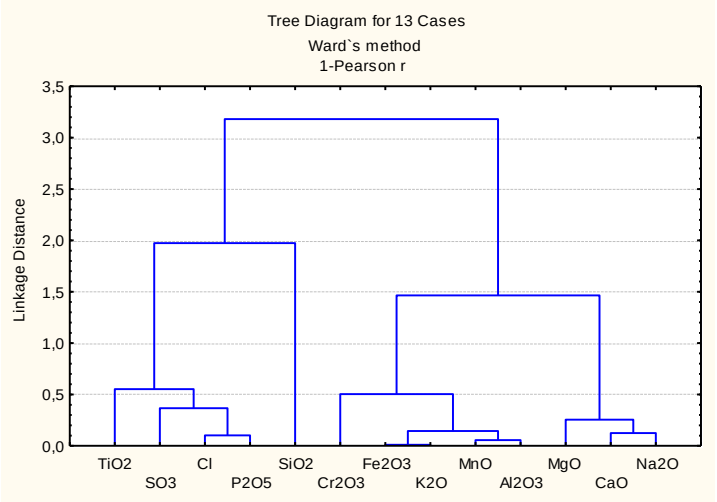
Окончание приложения 11



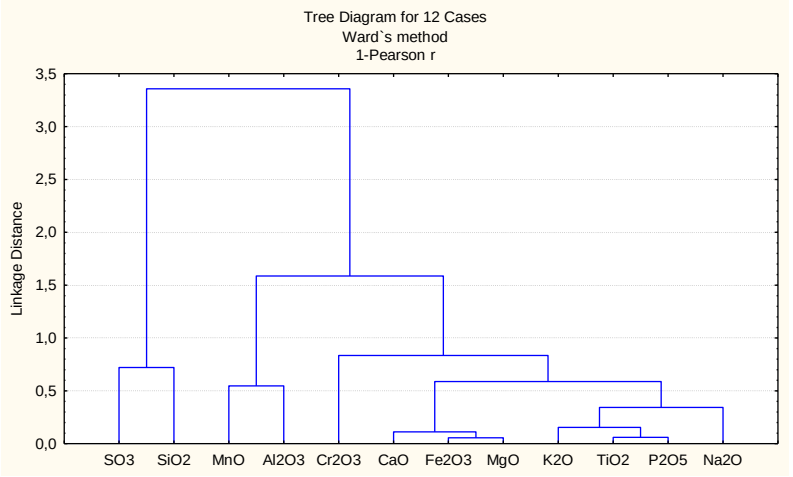
а) в гумусовом горизонте, гольцово-подгольцовый пояс



б) в гумусовом горизонте, горно-лесной пояс



в) в рыхлой коре выветривания, гольцово-подгольцовый пояс



г) в рыхлой коре выветривания, горно-лесной пояс

Рисунок 1 – Дендрограммы содержания элементов в почвах хребта Басеги

Приложение 12

Структурные связи свойств в почвах

Таблица 1 – Коэффициенты корреляции энтропии со свойствами почв

Пояс, высота, м.	Фракции гранулометрического состава					Гумус,%	Нг
	1-0,05	0,05-0,01	0,01-0,001	<0,001	ФГ		
1-2, 955-315	-0,68	0,61	0,06	0,45	0,41	-0,11	0,31
1, 955-600	-0,95	0,84	0,01	0,64	0,41	0,29	0,68
2, 600-315	-0,26	-0,48	-0,02	0,21	0,52	-0,33	0,12

Примечание: 1 – гольцово-подгольцовый пояс, 2 – горно-лесной пояс.

Таблица 2 – Коэффициенты корреляции энтропии с оксидами химического состава горных почв по высотным поясам

Пояс, высота, м	SiO_2	Al_2O_3	Fe_2O_3	K_2O	Na_2O	CaO	MgO	TiO_2	MnO	P_2O_5
1-2, 315-955	-0,716	0,652	0,875	0,793	0,029	0,604	0,747	0,499	0,640	0,436
1, 955-600	-0,942	0,898	0,942	0,949	-0,353	0,588	0,783	0,620	0,828	0,761
2, 600-300	-0,378	0,098	0,673	0,378	0,488	0,624	0,603	0,648	0,325	0,363

Примечание: 1 – гольцово-подгольцовый пояс, 2 – горно-лесной пояс.

Таблица 3 – Коэффициенты корреляции энтропии с оксидами по отделам (типам) почв

Отдел почв	SiO_2	Al_2O_3	Fe_2O_3	K_2O	Na_2O	CaO	MgO	TiO_2	MnO	P_2O_5
1	-1	1	-1	-1	1	1	1	-1	-1	-1
2	-0,594	0,999	0,970	0,974	-0,468	-0,298	-0,605	0,931	0,863	-0,387
3	-0,359	0,416	0,719	0,524	0,388	0,460	0,533	0,556	0,456	0,164
4	0,383	0,662	0,638	0,496	0,851	-0,377	0,479	0,541	0,117	-0,085
5	-0,930	0,994	0,988	0,944	-0,653	0,651	0,997	-0,954	0,838	-0,670

Примечание: 1 – дерново-подбур, 2 – подзол, 3 – структурно-метаморфические (буроземы), 4 – органо-аккумулятивные (темно- и серогумусовые), 5 – глеевые (глеезем).

Таблица 4 – Коэффициенты корреляции энтропии с формами соединений железа и их соотношениями

Пояс, высота, м	$Fe_{ам}$	$Fe_{окр}$	$Fe_{с}$,	$Fe_{нс}/Fe_{вал}$	$Fe_{с}/Fe_{нс}$	$Fe_{ам}/Fe_{нс}$
1-2, 315-955	-0,051	-0,685	0,682	-0,685	0,619	0,280
1, 955-600	-0,708	-0,708	0,706	-0,708	0,672	0,324
2, 600-300	-0,105	-0,508	0,503	-0,514	0,497	0,098

Примечание: 1 – гольцово-подгольцовый пояс, 2 – горно-лесной пояс.

Таблица 5 – Коэффициенты корреляции энтропии с формами соединений железа и их соотношениями по отделам (типам) почв

Отдел почв	$Fe_{ам}$	$Fe_{окр}$	$Fe_{нс}$	$Fe_{с}$,	$Fe_{нс}/Fe_{вал}$	$Fe_{с}/Fe_{нс}$	$Fe_{ам}/Fe_{нс}$
1	-1	-1	-1	1	-1	1	-1
2	0,782	0,939	0,993	-0,993	0,991	-0,971	0,495
3	-0,236	-0,421	-0,490	0,490	-0,497	0,504	0,097
4	0,181	-0,413	-0,245	0,245	-0,250	0,314	0,559
5	-0,799	0,999	0,713	-0,713	0,685	-0,781	-0,961

Примечание: 1 – альфегумусовые (сухоторфяно-подбур), 2 – элювиальные (элювозем), 3 – структурно-метаморфические (буроземы), 4 – органо-аккумулятивные (темно- и серогумусовые), 5 – глеевые (глеезем).

Приложение 13

Микроэлементный состав почв

Таблица 1 – Валовое содержание микроэлементов в горных почвах заповедника в гольцово-подгольцовом поясе (мг/кг)

Горизонт,см	Ni	Cu	Zn	Ga	As	Br	Pb	Rb	Sr	Y	Zr	Nb
Разрез 18, 930 м н.у.м., Дерново-подбур иллювиально-железистый												
AY, 6-24	**23**	22	57	18	-	11	**17**	73	123	26	326	16
BF, 24-41	**36**	20	62	15	5	9	**11**	70	126	25	347	14
Разрез 30, 794 м н.у.м., Бурозем грубогумусированный												
AYao, 13-23	13	11	37	18	6	-	**17**	63	85	20	265	21
AY, 23-32	**19**	14	42	15	6	10	**15**	64	90	18	282	19
BM, 32-50	**31**	17	44	10	5	8	**11**	65	105	19	281	18
C, 50-75	**24**	17	45	11	-	9	**18**	65	107	20	263	20
Разрез 31, 743 м н.у.м., Подзол грубогумусированный												
ao, 6-9	4	10	25	9	4	-	**20**	32	94	21	282	23
E, 9-22	5	8	24	12	11	-	**13**	42	154	28	324	33
BF, 22-33	14	11	38	**25**	-	24	**33**	55	191	26	351	30
Разрез 32, 691 м н.у.м., Бурозем ожелезненный												
ay, 5-9	**34**	20	80	18	-	7	**19**	**103**	124	21	265	41
AY, 9-22	**30**	18	80	20	4	8	**16**	**103**	131	23	282	41
AYf, 22-37	**33**	23	**90**	20	-	9	**16**	**100**	131	24	292	43
BM, 37-58	**41**	26	**92**	23	-	6	**18**	94	144	26	311	40
C, 58-68	**49**	33	**92**	18	-	7	**15**	88	161	24	315	41
Разрез 29, 613 м н.у.м., Бурозем ожелезненный												
ay, 3-8	**41**	27	**99**	14	-	4	**14**	81	158	21	245	36
AY, 8-18	**39**	22	**100**	21	-	5	**15**	90	154	22	250	35
BMf, 18-74	**44**	23	**100**	17	-	-	**14**	91	165	21	268	38
Разрез 28, 609 м н..у.м., Серогумусовая метаморфизированная												
AY, 4-13	**54**	25	**93**	13	5	5	**20**	76	166	27	215	31
AYel, 13-18	**52**	30	**93**	19	-	4	**17**	82	183	28	247	34
AYm, 18-35	**33**	31	72	18	4	-	**18**	**101**	115	25	310	17
C, 33-43	**63**	30	76	19	4	-	**12**	82	222	29	301	40
Кларк почв мира	40	20	84	23	12	-	10	95	300	50	400	-
Дисперсия	251	54	692	18	4	23	21	388	1256	10	1231	100

Продолжение приложения 13

Таблица 2 – Валовое содержание микроэлементов в почвах заповедника в горно-лесном поясе (мг/кг)

Горизонт, см	Ni	Cu	Zn	Ga	As	Br	Pb	Rb	Sr	Y	Zr	Nb
Разрез 27, 595 м н.у.м., Бурозем глееватый ожелезненный												
AYf, 4-12	36	18	84	23	-	4	**21**	**108**	155	25	244	30
AYg, 12-26	40	**21**	77	20	-	-	**18**	**106**	172	25	282	33
BMg, 26-57	**43**	**29**	77	21	-	-	**14**	83	229	26	321	38
Cf,g, 57-67	**52**	**32**	**85**	19	4	-	**15**	89	217	27	309	36
Разрез 17, 590 м н.у.м., Бурозем ожелезненный												
AY, 4-13	32	**24**	62	18	9	14	**20**	88	92	29	255	13
AYf, 13-23	40	**34**	65	18	11	12	**14**	93	96	30	280	17
BMf, 23-32	36	**23**	62	16	9	8	**15**	81	124	28	338	18
BM, 32-46	39	**23**	57	13	8	6	**16**	82	130	28	359	17
C, 46-56	**45**	**78**	69	17	8	6	**19**	87	173	**77**	347	17
Разрез 15, 577 м н.у.м., Бурозем глееватый												
AYao, 10-14	27	17	55	15	6	-	**22**	**100**	113	25	297	16
AY, 14-21	**45**	**23**	69	17	5	-	**17**	89	122	25	318	21
BMg, 21-43	**44**	**28**	70	18	6	-	**17**	89	124	24	306	19
Cg, 43-70	**48**	**27**	68	18	5	-	**16**	93	136	26	320	21
Разрез 19, 565 м н.у.м., Бурозем элювиированный												
AY, 6-15	37	**25**	**110**	**26**	-	-	**17**	**102**	171	27	302	33
BMel, 15-30	29	18	**99**	16	-	6	**13**	85	182	28	326	32
BM, 30-72	**60**	**28**	83	17	-	-	**10**	81	195	28	326	32
C, 72-82	**48**	**26**	74	20	4	-	**13**	87	241	27	311	34
Разрез 24, 518 м н.у.м., Глеезем грубогумусированный												
G, 16-36	24	16	44	17	-	-	**20**	88	107	24	335	15
GC, 35-58	35	**25**	61	15	-	-	**16**	85	107	23	276	15
Cg, 58-70	**50**	**30**	78	16	5	-	**21**	91	120	33	276	15
Разрез 26, 315 м н.у.м., Бурозем глинисто-иллювиированный												
AY, 5-22	33	19	**86**	22	-	-	**17**	**103**	100	23	264	14
AYi, 22-33	29	16	74	17	-	5	**18**	**107**	89	20	257	16
BM, 33-57	29	**21**	68	15	-	-	**15**	94	113	24	335	16
C, 57-67	33	**31**	72	18	4	-	**18**	**101**	115	25	310	17
Кларк почв мира	40	20	84	23	12	-	10	95	300	50	400	-
Дисперсия	80	148	200	8	5	13	8	73	2001	115	968	71

Таблица 3 – Корреляционная матрица взаимосвязи содержания микроэлементов со свойствами почв

	Ni	Cu	Zn	Ga	As	Br	Pb	Rb	Sr	Y	Zr	Nb
pH	**0,55**	**0,46**	**0,41**	0,01	-0,21	0,11	**-0,51**	0,25	**0,46**	0,10	0,12	**0,40**
Гумус	**-0,43**	**-0,51**	-0,02	0,03	-0,11	0,12	0,17	0,01	**-0,46**	**-0,49**	**-0,58**	-0,05
S	**0,36**	**0,38**	0,13	0,21	0,05	-0,14	-0,08	0,14	**0,47**	**0,44**	0,09	0,02
Hг	-0,13	-0,12	0,02	-0,01	-0,19	0,02	0,05	0,26	**-0,72**	**-0,39**	-0,17	**-0,59**

Таблица 4 – Корреляционная матрица взаимосвязи содержания микроэлементов со свойствами почв в гольцово-подгольцовом поясе

	Ni	Cu	Zn	Ga	As	Br	Pb	Rb	Sr	Y	Zr	Nb
pH	0,73	0,69	0,53	-0,05	-0,35	0,08	-0,49	0,54	0,11	0,04	0,03	0,15
Гумус	-0,15	-0,15	0,06	-0,03	-0,03	-0,31	-0,08	0,09	-0,44	-0,47	-0,60	-0,12
S	0,10	0,22	0,05	0,03	-0,09	0,14	-0,23	0,03	-0,06	0,35	0,38	-0,46
Hг	0,23	0,21	0,19	0,19	-0,21	0,09	-0,18	0,32	-0,43	-0,43	-0,23	-0,36

Продолжение приложения 13

Таблица 5 – Корреляционная матрица взаимосвязи содержания микроэлементов со свойствами почв в горно-лесном поясе

	Ni	Cu	Zn	Ga	As	Br	Pb	Rb	Sr	Y	Zr	Nb
pH	0,46	0,25	0,23	0,13	0,05	0,18	-0,55	-0,33	0,83	0,29	0,28	0,78
Гумус	-0,54	-0,76	0,09	0,34	0,09	0,32	0,59	0,67	-0,43	-0,32	-0,53	-0,25
S	0,46	0,40	0,11	0,32	0,21	-0,16	0,05	-0,04	0,65	0,39	-0,23	0,57
Hг	-0,57	-0,47	-0,23	-0,24	-0,19	0,11	0,30	0,29	-0,88	-0,53	-0,16	-0,81

Таблица 6 – Корреляционная матрица взаимосвязи элементов (n= 45)

	Ni	Cu	Zn	Ga	As	Br	Pb	Rb	Sr	Y	Zr	Nb
Ni	1,00	**0,59***	**0,69**	0,25	-0,10	-0,26	**-0,33**	**0,48**	**0,54**	0,26	-0,06	0,30
Cu		1,00	**0,36**	0,14	0,16	-0,08	-0,10	**0,31**	0,31	**0,84**	0,19	-0,01
Zn			1,00	**0,50**	**-0,47**	-0,18	-0,22	**0,67**	**0,44**	0,06	-0,28	**0,52**
Ga				1,00	**-0,37**	0,10	0,28	**0,54**	**0,38**	0,07	0,05	0,37
As					1,00	0,07	-0,10	-0,28	-0,24	0,32	0,18	**-0,40**
Br						1,00	**0,36**	-0,22	-0,13	0,04	0,06	-0,02
Pb							1,00	0,00	-0,16	0,10	-0,07	-0,16
Rb								1,00	0,04	0,06	-0,15	0,09
Sr									1,00	0,26	0,20	**0,67**
Y										1,00	0,33	-0,12
Zr											1,00	-0,16
Nb												1,00

*- достоверно при уровне значимости 0,95

Таблица 7 – Корреляционная матрица парной взаимосвязи элементов в почвах в гольцово-подгольцовом поясе (n= 21)

	Ni	Cu	Zn	Ga	As	Br	Pb	Rb	Sr	Y	Zr	Nb
Ni	1,00	**0,88***	**0,84**	0,26	**-0,39**	-0,18	-0,31	**0,62**	**0,62**	**0,35**	**-0,32**	**0,46**
Cu		1,00	**0,82**	0,30	**-0,49**	-0,21	-0,25	**0,71**	**0,47**	**0,36**	-0,16	0,35
Zn			1,00	**0,43**	**-0,59**	-0,15	-0,19	**0,83**	**0,48**	0,19	**-0,39**	**0,63**
Ga				1,00	**-0,47**	**0,37**	**0,40**	**0,55**	**0,44**	**0,36**	0,29	**0,46**
As					1,00	**-0,35**	-0,31	**-0,50**	-0,25	0,06	0,13	**-0,35**
Br						1,00	**0,58**	-0,05	0,06	-0,01	**0,39**	-0,10
Pb							1,00	-0,17	0,13	0,13	0,14	0,02
Rb								1,00	0,21	0,07	-0,19	**0,52**
Sr									1,00	**0,70**	0,05	**0,60**
Y										1,00	**0,34**	0,27
Zr											1,00	-0,21
Nb												1,00

*- достоверно при уровне значимости 0,95

Таблица 8 – Корреляционная матрица парной взаимосвязи элементов в почвах в горно-лесном поясе (n=24)

	Ni	Cu	Zn	Ga	As	Br	Pb	Rb	Sr	Y	Zr	Nb
Ni	1,00	**0,42***	0,26	0,11	0,17	-0,22	**-0,44**	**-0,36**	**0,56**	0,25	0,17	**0,44**
Cu		1,00	0,00	-0,03	**0,41**	0,16	-0,01	-0,26	0,24	**0,93**	**0,31**	-0,04
Zn			1,00	**0,65**	**-0,45**	-0,18	-0,29	0,28	**0,48**	-0,02	-0,20	**0,63**
Ga				1,00	**-0,36**	-0,18	0,04	**0,49**	**0,37**	-0,09	**-0,40**	**0,53**
As					1,00	**0,60**	0,12	**-0,33**	-0,25	**0,38**	0,17	-0,41
Br						1,00	0,03	-0,17	**-0,30**	0,26	-0,15	-0,29
Pb							1,00	**0,51**	**-0,49**	0,13	**-0,41**	**-0,48**
Rb								1,00	-0,27	-0,23	**-0,63**	-0,04
Sr									1,00	0,19	**0,32**	**0,90**
Y										1,00	**0,32**	-0,10
Zr											1,00	0,10
Nb												1,00

Продолжение приложения 13

Таблица 9 – Геохимические ряды аккумуляции-рассеяния микроэлементов в гольцово-подгольцовом поясе по отношению к кларку почв мира

Разрез	Горизонт,, см	Геохимические ряды
18	AY, 6-24	$Br_{2,2}$> $Pb_{1,7}$> Zn, Cu, $Zr_{1,1}$> $Ga_{0,8}$> Rb, $Y_{0,7}$ > $Ni_{0,6}$ > $Sr_{0,4}$
	BF, 24-41	$Br_{1,8}$ > Zn, $Zr_{1,2}$ > $Pb_{1,1}$> Cu,$As_{1,0}$> $Ni_{0,9}$ >Rb, $Ga_{0,7}$> $Y_{0,6}$> > $Sr_{0,4}$
30	AYao,, 13-23	$Pb_{1,7}$> $As_{1,2}$> $Zr_{0,9}$> $Ga_{0,8}$> Zn $_{0,7}$ > Cu, Rb $_{0,6}$> Y $_{0,5}$> Ni, $Sr_{0,3}$
	C, 50-75	Br, $Pb_{1,8}$> Zn, Cu, $Zr_{0,9}$> Rb $_{0,8}$> $Ni_{0,6}$ > Ga, $Y_{0,5}$ > $Sr_{0,4}$
31	ao, 6-9	$Pb_{2,0}$> $Zr_{0,9}$> $As_{0,8}$> Zn, Cu, $Y_{0,5}$ > $Ga_{0,4}$> > Rb,$Sr_{0,3}$> $Ni_{0,1}$
	BF, 22-33	$Br_{4,8}$> $Pb_{3,3}$> $Zr_{1,2}$> $Ga_{1,1}$> Zn $_{0,8}$> $Y_{0,7}$ >Rb,Cu,Sr $_{0,6}$ > $Ni_{0,4}$
32	ay, 5-9	$Pb_{1,9}$> Zn $_{1,6}$> Br $_{1,4}$> Rb, Cu $_{1,0}$> Zr, $Ni_{0,9}$ > $Ga_{0,8}$> $Y_{0,5}$ >$Sr_{0,4}$
	C, 58-68	Zn $_{1,8}$> Cu $_{1,7}$> Pb $_{1,5}$> $Br_{1,4}$> $Ni_{1,2}$ >$Zr_{1,1}$>$Rb_{0,9}$ > Ga $_{0,8}$> $Y_{0,6}$ > $Sr_{0,5}$
29	ay, 3-8	Zn $_{2,0}$> Cu, $Pb_{1,4}$> $Ni_{1,0}$>Br, Rb,$Zr_{0,8}$ > $Ga_{0,6}$> Sr, $Y_{0,5}$
	BMf, 18-74	Zn $_{2,0}$> Pb $_{1,4}$> Cu $_{1,2}$> $Ni_{1,1}$ > Zr, $Rb_{0,9}$ > Ga $_{0,7}$> $Sr_{0,6}$> $Y_{0,5}$
28	AY, 4-13	$Pb_{2,0}$> $Zn_{1,9}$ > $Ni_{1,4}$ > Cu $_{1,3}$ > As, $Br_{1,0}$> Rb $_{0,8}$> Zr, $Y_{0,7}$ > Ga, $Sr_{0,6}$
	C, 33-43	$Ni_{1,6}$ > Zn, Cu $_{1,5}$> Pb $_{1,2}$> $Zr_{1,0}$ > As, Rb,Ga $_{0,8}$ > Sr, $Y_{0,7}$

Таблица 10 – Геохимические ряды аккумуляции-рассеивания микроэлементов в горно-лесном поясе по отношению к кларку почв мира

Разрез	Горизонт, см	Геохимические ряды
27	AYf, 4-12	$Pb_{2,1}$> Zn $_{1,7}$> Rb $_{1,1}$> $Ga_{1,0}$> Cu, $Ni_{0,9}$ > Zr,$Br_{0,8}$ > $Y_{0,6}$ > $Sr_{0,5}$
	Cf,g, 57-67	Zn $_{1,7}$> Cu $_{1,6}$> Pb $_{1,5}$> $Ni_{1,3}$> $Zr_{1,0}$> $Rb_{0,9}$ > Ga, As $_{0,8}$> Y, $Sr_{0,7}$
17	AY, 4-13	$Br_{2,8}$> $Pb_{2,0}$> $As_{1,8}$> Zn, Cu $_{1,2}$> >Rb, Zr $_{0,9}$> Ni, $Ga_{0,8}$> $Y_{0,7}$ > $Sr_{0,3}$
	C, 46-56	Cu $_{3,9}$> Y, $Pb_{1,9}$ > As $_{1,6}$> Zn $_{1,4}$> Br, $Zr_{1,2}$ > $Ni_{1,1}$ > Rb $_{0,9}$>$Ga_{0,7}$>$Sr_{0,6}$
15	AYao, 10-14	$Pb_{2,2}$> As $_{1,2}$> Zn $_{1,1}$> Rb, Zr $_{1,0}$> $Cu_{0,9}$ > Ga, $Ni_{0,7}$ > $Y_{0,6}$ > $Sr_{0,4}$
	Cg, 43-70	$Pb_{1,\ 6}$> Zn, Cu $_{1,4}$> $Ni_{1,2}$ > $Zr_{1,1}$> As $_{1,0}$> Rb $_{0,9}$> $Ga_{0,8}$> $Y_{0,7}$ >$Sr_{0,5}$
19	AY, 6-15	Zn $_{2,2}$ > $Pb_{1,7}$> Cu $_{1,3}$> $Ga_{1,1}$> Rb , $Zr_{1,0}$> $Ni_{0,9}$> $Y_{0,7}$ >$Sr_{0,6}$
	C, 72-82	Zn $_{1,5}$> Pb, Cu $_{1,6}$> $Ni_{1,2}$> $Zr_{1,0}$> Ga, $Rb_{0,9}$ > Sr, As $_{0,8}$> Y $_{0,7}$
24	G, 16-36	$Pb_{2,0}$> $Zr_{1,1}$> Zn, Rb $_{0,9}$ > Cu $_{0,8}$> $Ga_{0,7}$ > Y, $Ni_{0,6}$ > $Sr_{0,4}$
	Cg, 58-70	$Pb_{2,1}$> Zn $_{1,6}$> Cu $_{1,5}$> $Ni_{1,3}$> $As_{1,0}$> Rb , $Zr_{0,9}$> $Y_{0,8}$ > Ga $_{0,7}$ >$Sr_{0,4}$
26	AY, 5-22	Zn,$Pb_{1,7}$> Cu,Rb, $Ga_{1,0}$> $Zr_{0,9}$> $Ni_{0,8}$ > $Y_{0,6}$ > $Sr_{0,3}$
	C, 57-67	$Pb_{1,\ 8}$> Cu $_{1,6}$> Zn $_{1,4}$ > Rb, $Zr_{1,1}$> As,Ni,$Ga_{0,8}$> $Y_{0,6}$>$Sr_{0,4}$

Таблица 11 – Геохимические ряды аккумуляции-рассеивания микроэлементов в гольцово-подгольцовом поясе по отношению к кларку региона

Разрез	Горизонт, см	Геохимические ряды
18	AY, 6-24	$Sr_{1,8}$> Rb,Ga $_{1,4}$> $Y_{1,3}$ > $Nb_{1,1}$ > Zr $_{0,9}$> Zn, $Pb_{0,8}$> $Ni_{0,7}$ > $Cu_{0,4}$
	BF, 24-41	As $_{2,8}$> $Sr_{1,8}$> Rb,$Y_{1,3}$ > Ga $_{1,2}$> Ni, Zr, $Nb_{1,0}$ > Zn $_{0,9}$> $Pb_{0,5}$> $Cu_{0,4}$
30	AYao,, 13-23	As $_{3,3}$> $Nb_{1,5}$ > Ga $_{1,4}$> Rb,$Sr_{1,2}$> $Y_{1,0}$ > Zr, $Pb_{0,8}$> $Zn_{0,5}$ > $Ni_{0,4}$ >$Cu_{0,2}$
	C, 50-75	$Sr_{1,5}$> $Nb_{1,4}$ > Rb $_{1,2}$> $Y_{1,0}$ > Zr,Ga, $Pb_{0,8}$> $Ni_{0,7}$ > $Zn_{0,6}$> Cu $_{0,3}$
31	ao, 6-9	As $_{2,2}$> $Nb_{1,6}$ >$Sr_{1,3}$>$Y_{1,1}$>$Pb_{0,9}$>Zr $_{0,8}$>Ga $_{0,7}$>$Rb_{0,6}$>$Zn_{0,4}$>$Cu_{0,2}$> $Ni_{0,1}$
	BF, 22-33	$Sr_{2,7}$> $Nb_{2,1}$ > Ga $_{1,9}$> $Pb_{1,5}$> $Y_{1,3}$ > Rb,Zr $_{1,0}$> $Zn_{0,5}$> $Ni_{0,4}$ > $Cu_{0,2}$
32	ay, 5-9	$Nb_{2,9}$ > Rb $_{1,9}$> Sr $_{1,8}$> Ga $_{1,4}$ > Y, Zn $_{1,1}$ > $Ni_{1,0}$ > $Pb_{0,9}$> Zr $_{0,8}$> $Cu_{0,4\ 7}$
	C, 58-68	$Nb_{2,9}$ > $Sr_{2,3}$> $Rb_{1,7}$ > Ga, $Ni_{1,4}$ > Zn $_{1,3}$ > Y $_{1,2}$> Zr $_{0,9}$> Pb, $Cu_{0,7}$
29	ay, 3-8	$Nb_{2,6}$ > $Sr_{2,3}$> Rb $_{1,5}$> Zn $_{1,4}$ > $Ni_{1,2}$ > Y, Ga $_{1,1}$> Zr $_{0,7}$> $Pb_{0,6}$> $Cu_{0,5}$
	BMf, 18-74	$Nb_{2,7}$ > $Sr_{2,4}$> $Rb_{1,7}$ > Zn $_{1,4}$ > Ga, Ni $_{1,3}$ > Y $_{1,1}$> Zr $_{0,8}$> $Pb_{0,6}$> $Cu_{0,5}$
28	AY, 4-13	$As_{2,8}$>$Sr_{2,4}$>$Nb_{2,2}$>$Ni_{1,5}$>Rb, Y $_{1,4}$>Zn $_{1,3}$> Ga $_{1,0}$ >$Pb_{0,9}$> Zr $_{0,6}$ >$Cu_{0,5}$
	C, 33-43	$Sr_{3,2}$> $Nb_{2,9}$>As $_{2,2}$> $Ni_{1,8}$>Y, Rb,Ga $_{1,5}$> Zn $_{1,1}$ > Zr $_{0,9}$> $Cu_{0,6}$ > $Pb_{0,5}$

Продолжение приложения 13

Таблица 12 – Геохимические ряды аккумуляции-рассеивания микроэлементов в горно-лесном поясе по отношению к кларку региона

Разрез	Горизонт, см	Геохимические ряды
27	AYf, 4-12	$Sr_{2,2}$>$Nb_{2,1}$>$Rb_{2,0}$> $Ga_{1,8}$>$Y_{1,3}$>$Zn_{1,2}$>Ni, $Pb_{1,0}$>$Zr_{0,7}$> $Cu_{0,4}$
	Cf,g, 57-67	$Sr_{3,1}$>$Nb_{2,6}$>$As_{2,2}$>$Rb_{1,7}$ >Ni, $Ga_{1,5}$>$Y_{1,4}$>$Zn_{1,2}$>$Zr_{0,9}$>$Pb_{0,7}$>$Cu_{0,6}$
17	AY, 4-13	$As_{5,0}$>$Rb_{1,7}$ >$Y_{1,5}$>$Ga_{1,4}$>$Sr_{1,3}$>Ni, Zn,Pb, $Nb_{0,9}$>$Zr_{0,7}$>$Cu_{0,5}$
	C, 46-56	$As_{4,4}$> $Y_{3,9}$ > $Sr_{2,5}$> Rb, $Cu_{1,6}$> Ga, $Ni_{1,3}$ > $Nb_{1,2}$ > Zn,$Zr_{1,0}$> $Pb_{0,9}$
15	AYao, 10-14	$As_{3,3}$>$Rb_{1,9}$>$Sr_{1,6}$>$Y_{1,3}$>$Ga_{1,2}$>$Nb_{1,1}$>$Pb_{1,0}$>Ni,Zn,$Zr_{0,8}$>$Cu_{0,3}$
	Cg, 43-70	$As_{2,8}$>$Sr_{1,9}$>$Rb_{1,8}$>$Nb_{1,5}$>Ni,$Ga_{1,4}$>$Y_{1,3}$>$Zn_{1,0}$>$Zr_{0,9}$>$Pb_{0,7}$>$Cu_{0,5}$
19	AY, 6-15	Nb, $Sr_{2,4}$>$Ga_{2,0}$>$Rb_{1,9}$>$Zn_{1,6}$>$Y_{1,4}$> $Ni_{1,1}$>$Zr_{0,9}$>$Pb_{0,8}$> $Cu_{0,5}$
	C, 72-82	$Sr_{3,4}$>$Nb_{2,4}$>$As_{2,2}$>$Rb_{1,6}$ >$Ga_{1,5}$>Ni, $Y_{1,4}$>$Zn_{1,1}$>$Zr_{0,9}$>$Pb_{0,6}$>$Cu_{0,5}$
24	G, 16-36	$Rb_{1,7}$>$Sr_{1,5}$>$Ga_{1,3}$>$Y_{1,2}$>$Nb_{1,1}$>$Zr_{1,0}$>$Pb_{0,9}$>$Ni_{0,7}$>$Zn_{0,6}$>$Cu_{0,3}$
	Cg, 58-70	$As_{2,8}$>Rb, Sr, $Y_{1,7}$>$Ni_{1,4}$>$Ga_{1,2}$>Zn, $Nb_{1,1}$>$Pb_{1,0}$>$Zr_{0,8}$> $Cu_{0,6}$
26	AY, 5-22	$Rb_{1,9}$>$Ga_{1,7}$>$Sr_{1,4}As_{1,2}$>Zn, $Y_{1,2}$>$Nb_{1,0}$>$Ni_{0,9}$>Zr,$Pb_{0,8}$>$Cu_{0,4}$
	C, 57-67	$As_{2,2}$>$Rb_{1,9}$>$Sr_{1,6}$>$Ga_{1,4}$>$Y_{1,3}$>$Nb_{1,2}$>$Zn_{1,0}$>Zr, $Ni_{0,9}$>$Pb_{0,9}$> $Cu_{0,9}$

Таблица 13 – Содержание подвижных форм ТМ (ацетатно-аммонийный буфер с ph= 4,8)

Горизонт, см	Концентрация ТМ, мг/кг								
	Cr	Cd	Zn	Pb	Ni	Cu	Co	Fe	Mn
Разрез 18, 930 м н.у.м., Дерново-подбур иллювиально-железистый									
AY, 6-24	1,41	0,02	1,94	1,04	0,28	0,3	0,2	817	2,16
BF, 24-41	1,37	0	1,1	0,54	0,41	0,37	0,14	454	2,41
Разрез 30, 794 м н.у.м., Бурозем грубогумусированный									
AYao, 13-23	0,59	0,03	2,56	1,55	0,11	0	0,06	823	0,8
AY, 23-32	1,45	0	1,6	1,39	0,06	0,12	0,14	1316	1,16
BM, 32-50	1,27	0	0,64	0,75	0,15	0,18	0,16	484	1,89
C, 50-75	1,15	0	0,51	0,69	0,19	0,23	0,18	304	2,89
Разрез 31, 743 м н.у.м., Подзол иллювииально-железистый									
ao, 6-9	0,25	0,14	4,43	7,62	0,12	0,03	0,07	7,95	5,21
E, 9-22	0,04	0,01	0,89	1,22	0,09	0,02	0,02	8,58	0,94
BF, 22-33	0,14	0,02	1,23	1,4	0,27	0,05	0,05	292	1,1
Разрез 32, 691 м н.у.м., Бурозем ожелезненный									
ay, 5-9	1,03	0,04	2	0,34	0,27	0,15	0,23	611	15
AY, 9-22	1,05	0,01	1,17	0,16	0,3	0,18	0,21	210	6,25
AYf, 22-37	1,04	0,01	1,33	0,19	0,34	0,21	0,24	180	5,87
BM, 37-58	0,93	0,01	1,15	0,19	0,33	0,19	0,12	121	4,18
C, 58-68	0,53	0	0,8	0,16	0,33	0,24	0,08	41,3	3,51
Разрез 29, 613 м н.у.м., Бурозем элювиированный									
ay, 3-8	0,65	0,05	3,56	0,62	0,46	0,09	0,49	123	14,6
AY, 8-18	0,49	0,04	2,41	0,42	0,48	0,13	0,23	139	8,13
BMf, 18-74	0,58	0,01	0,58	0,16	0,38	0,06	0,16	59	2,93

Продолжение приложения 13

Окончание таблицы 13

Разрез 28, 609 м н..у.м., Серогумусовая метаморфизированная									
AY, 4-13	1,07	0,02	1,44	1,38	1,03	1,07	0,25	303	15,2
aym, 13-18	0,33	0,15	3,45	1,65	1,07	0,27	0,43	39,7	55,5
AYm, 18-35	0,34	0,05	1,45	0,8	0,63	0,2	0,31	49,8	15,3
C, 33-43	0,35	0,02	0,37	0,27	0,29	0,2	0,08	26,8	6,17
Разрез 27, 595 м н.у.м., Бурозем глееватый ожелезненный									
AYf, 4-12	0,55	0,06	0,87	1,5	0,58	0,24	0,37	282	9,25
AYg, 12-26	0,51	0	0,55	0,63	0,32	0,27	0,14	610	5,58
BMg, 26-57	0,13	0	0,1	0,36	0,34	0,56	0,07	38,6	8,34
Cf,g, 57-67	0,21	0	0,12	0,33	0,4	0,68	0,05	41,3	8,23
Разрез 17, 590 м н.у.м., Бурозем ожелезненный									
AY, 4-13	0,36	0,01	0,14	0,2	0,2	0,22	0,03	22,4	7,81
AYf, 13-23	1,03	0,12	1,68	1,4	1,34	0,44	0,58	67,1	33,1
BMf, 23-32	1,07	0,1	1,26	1,06	1,07	0,32	0,34	85,2	15,1
BM, 32-46	1,14	0,06	0,72	0,73	0,86	0,36	0,18	113	7,01
C, 46-56	0,68	0,03	0,84	0,8	0,76	0,44	0,13	83,4	5,97
Разрез 15, 577 м н.у.м., Бурозем глееватый									
AYao, 10-14	0,55	0,14	3,98	2,71	1,23	0,16	1,07	159	152
AY, 14-21	0,81	0,03	1,68	0,87	0,84	0,25	0,22	240	9,87
BMg, 21-43	0,9	0,02	1,2	0,77	0,84	0,4	0,25	158	6,95
Cg, 43-70	1,01	0	0,69	0,89	0,76	0,45	0,22	119	9,4
Разрез 19, 565 м н.у.м., Бурозем элювиированный									
AY, 6-15	0,97	0,01	4,04	0,32	0,3	0,14	0,41	510	20,9
BMel, 15-30	0,99	0,01	1,41	0,17	0,22	0,24	0,22	163	5,45
BM, 30-72	0,59	0	0,55	0,23	0,37	0,31	0,19	79,5	4,78
C, 72-82	0,15	0	0,29	0,37	0,4	0,7	0,06	34,1	12,6
Разрез 24, 518 м н.у.м., Глеезем грубогумусированный									
G, 16-36	0,63	0,04	0,88	0,8	0,74	0,32	0,37	70,9	31,9
GC, 35-58	1,82	0	0,79	2,58	0,56	0,55	0,14	1313	3,29
Cg, 58-70	0,61	0	0,81	2,03	1,38	1,58	0,72	329	14,02
Разрез 26, 315 м н.у.м., Бурозем глинисто-иллювиированный									
AY, 5-22	0,24	0,01	0,28	1,51	3,02	2,16	0,42	63,9	42,8
AYi, 22-33	1,27	0,06	4,54	2,45	1,1	0,39	0,98	723	78,5
BM, 33-57	1,92	0,03	3,94	1,54	0,63	0,21	0,64	953	15,8
C, 57-67	1,37	0,02	2,94	1,49	0,6	0,77	0,43	483	13,9

Оончание приложения 13

Таблица 14 – Содержание тяжелых металлов в гранулометрических фракциях в поверхностных горизонтах горных почв

Элемент	Ni			Cu			Zn			Ga		
	Фракция, мкм											
Разрез	>5	1- 5	< 1	>5	1- 5	< 1	>5	1- 5	< 1	>5	1- 5	< 1
18	28	50	63	22	54	52	49	143	181	16	34	39
30	7	29	31	8	30	40	15	102	143	8	62	58
31	0	13	37	15	24	99	27	101	300	9	39	69
32	37	62	51	29	33	63	62	140	216	11	35	36
29	35	96	72	25	41	73	94	187	245	18	30	29
28	45	115	54	26	35	76	100	186	183	16	32	25
27	19	59	54	19	30	49	58	122	141	16	35	27
17	26	44	59	31	48	58	63	119	135	15	27	28
15	21	68	61	14	33	45	44	113	174	15	34	30
19	20	50	46	31	30	53	74	180	250	16	37	35
24	10	33	48	13	23	56	28	81	111	15	29	41
26	25	52	63	21	30	46	59	122	168	15	32	31
Элемент	As			Br			Pb			Rb		
	Фракция, мкм											
Разрез	>5	1- 5	< 1	>5	1- 5	< 1	>5	1- 5	< 1	>5	1- 5	< 1
18	5	8	15	0	26	74	18	34	51	67	146	139
30	0	7	17	0	11	20	8	148	31	37	156	133
31	5	11	40	0	0	17	19	59	127	33	121	177
32	0	0	5	4	9	20	17	25	33	80	186	147
29	0	4	11	0	0	16	18	22	31	80	146	117
28	5	0	7	0	0	12	27	0	32	79	157	99
27	0	4	4	0	0	9	19	22	25	81	146	130
17	6	13	9	8	17	30	22	26	45	82	156	125
15	7	12	16	0	5	10	25	45	46	73	214	158
19	4	4	4	0	7	12	10	16	27	80	186	132
24	0	6	9	0	0	5	14	25	37	64	170	145
26	7	6	7	0	0	10	19	29	33	82	180	137
Элемент	Sr			Y			Zr			Nb		
	Фракция, мкм											
Разрез	>5	1- 5	< 1	>5	1- 5	< 1	>5	1- 5	< 1	>5	1- 5	< 1
18	145	158	98	31	25	19	427	235	205	18	21	13
30	82	170	109	23	27	21	347	237	205	18	33	20
31	104	282	335	26	54	37	322	517	411	24	66	43
32	128	179	136	25	26	21	311	237	235	50	42	25
29	237	13	70	25	22	18	300	196	173	48	35	21
28	65	173	105	31	30	26	298	211	148	41	31	18
27	231	123	106	31	22	23	360	196	167	36	35	19
17	120	114	60	34	33	32	359	206	143	22	24	10
15	135	150	70	27	32	22	428	239	147	26	28	14
19	263	154	62	32	28	19	386	249	195	40	38	32
24	140	104	55	26	26	22	389	222	178	16	23	16
26	134	109	56	28	25	19	332	217	151	16	21	13

Приложение 14

Геохимические коэффициенты, индексы, модули

Таблица 1 – Геохимические показатели почв в гольцово-погольцовом поясе

Разрез, высота	Горизонт, см	Ca+Mg+K%	CaO/MgO	Si+Al,%	Si+Al/Fe	ИВ
18, 950	AY, 6-24	2,80	0,14	39,17	23,95	1,87
	BF, 24-41	2,82	0,17	39,20	24,87	1,81
30, 900	AYao, 13-23	1,82	0,32	38,13	32,10	2,68
	AY, 23-32	2,12	0,25	37,47	21,09	2,44
	BM, 32-50	2,46	0,16	39,57	27,59	1,94
	C, 50-75	2,60	0,15	41,90	31,26	1,70
31, 743	ao, 6-9	1,10	0,45	41,05	125,99	1,46
	E, 9-22	1,26	0,14	43,46	52,93	1,54
	BF, 22-33	1,55	0,91	42,22	35,64	3,10
32, 691	ay, 5-9	2,91	0,12	36,40	13,02	2,23
	AY, 9-22	2,82	0,15	36,84	12,85	2,61
	AYf, 22-37	3,07	0,11	37,40	12,59	2,41
	BM, 37-58	3,02	0,11	38,17	13,38	2,22
	C, 58-68	3,29	0,11	39,31	14,09	2,06
29, 613	ay, 3-8	3,91	0,26	35,21	14,15	1,30
	AY, 8-18	3,96	0,26	36,47	14,24	1,29
	BMf, 18-74	3,92	0,21	37,26	13,85	1,23
28, 590	AY, 4-13	4,03	0,51	33,18	15,03	1,08
	aym, 13-18	3,98	0,31	35,06	13,66	1,18
	AYm, 18-35	4,50	0,23	37,52	13,10	1,10
	C, 33-43	4,54	0,25	38,11	13,73	1,10

Примечание: ИВ – интенсивность выветривания $Al_2O_3/(CaO+MgO+Na_2O+K_2O)$

Таблица 2 – Коэффициенты выветривания в почвах в горно-лесном поясе

Разрез, высота	Горизонт, см	Ca+Mg+K%	CaO/MgO	Si+Al,%	Si+Al/Fe	ИВ
27, 577	AYf, 4-12	3,89	0,40	37,99	17,76	1,41
	AYg,f 12-26	3,91	0,36	39,05	16,26	1,44
	BMg,f 26-57	4,34	0,32	38,56	14,83	0,91
	Cf,g, 57-67	4,41	0,34	38,97	14,15	1,07
17, 590	AY, 4-13	2,67	0,23	34,72	18,09	2,27
	AYf, 13-23	2,90	0,15	35,33	16,61	1,96
	BMf, 23-32	3,13	0,17	39,48	18,84	1,78
	BM, 32-46	3,16	0,18	40,19	19,71	1,91
	C, 46-56	3,40	0,15	40,25	19,25	1,65
15, 577	ay, 10-14	2,70	0,35	39,98	20,60	1,68
	AY, 14-21	3,10	0,18	40,20	17,82	1,58
	BMg, 21-43	3,31	0,15	39,79	16,94	1,58
	Cg, 43-70	3,05	0,19	40,14	17,32	1,70
19, 565	AY, 6-15	1,80	0,26	25,79	12,31	1,34
	BMel, 15-30	3,58	0,19	38,49	14,19	1,47
	BM, 30-72	3,82	0,19	38,69	14,65	1,24
	C, 72-82	4,42	0,35	38,65	14,17	1,09
24, 518	G, 16-36	2,86	0,22	40,85	29,79	1,66
	GC, 35-58	3,22	0,17	40,19	15,91	1,59
	Cg, 58-70	3,46	0,22	39,07	16,22	1,61
26, 315	AY, 5-22	3,10	0,18	38,40	19,07	1,61
	AYi, 22-33	2,86	0,19	38,86	18,49	2,11
	BMi, 33-57	3,04	0,17	40,10	19,00	1,68
	C, 57-67	3,10	0,20	41,01	19,55	1,67

Примечание: ИВ – интенсивность выветривания $Al_2O_3/(CaO+MgO+Na_2O+K_2O)$

Продолжение приложения 14

Таблица 3 – Геохимические коэффициенты в почвах

Разрез	Экспозиция	Высота н.у.м.	Горизонт, глубина, см	R*	Квв	Кэ (без натрия)	Кок	Индекс	
								А	Б
18	Вершина	955	AY, 6-24	2,08	0,33	17,45	0,32	0,40	0,83
			BF, 24-41	2,18	0,32	17,08	0,30	0,42	0,82
30	Запад	900	AYao,, 13-23	2,26	0,42	29,37	0,30	0,43	0,86
			AY, 23-32	1,74	0,35	23,59	0,41	0,34	0,85
			BM, 32-50	1,54	0,38	20,50	0,31	0,40	0,85
			C, 50-75	2,06	0,40	20,54	0,28	0,46	0,85
31	Юго-Восток	743	ao, 6-9	2,48	0,90	56,29	0,14	0,74	0,93
			E, 9-22	3,47	0,78	50,47	0,18	0,68	0,90
			BF, 22-33	1,89	0,46	39,89	0,29	0,44	0,87
32	Юго-Восток	691	ay, 5-9	5,69	0,25	15,71	0,55	0,30	0,82
			AY, 9-22	4,65	0,24	16,40	0,54	0,28	0,81
			AYf, 22-37	4,67	0,23	14,83	0,53	0,27	0,80
			BM, 37-58	4,10	0,24	15,62	0,52	0,29	0,81
			C, 58-68	4,06	0,25	14,51	0,48	0,31	0,80
29	Юго-Восток	613	ay, 3-8	6,09	0,25	10,73	0,50	0,36	0,81
			AY, 8-18	8,04	0,25	11,09	0,50	0,39	0,82
			BMf, 18-74	8,22	0,24	11,24	0,50	0,39	0,81
28	Юг	607	AY, 4-13	6,17	0,28	10,02	0,53	0,42	0,83
			aym, 13-18	6,81	0,26	10,60	0,55	0,37	0,83
			AYm, 18-35	7,30	0,24	9,65	0,52	0,38	0,81
			C, 33-43	5,64	0,26	9,93	0,53	0,37	0,82
27	Юг	590	AYf, 4-12	5,45	0,26	11,59	0,38	0,43	0,81
			AYg,f 12-26	4,40	0,28	12,11	0,43	0,39	0,82
			BMg,f 26-57	6,24	0,29	10,74	0,52	0,46	0,84
			Cf,g, 57-67	5,30	0,27	10,62	0,51	0,42	0,83
17	Восток	577	AY, 4-13	5,00	0,28	16,02	0,43	0,31	0,82
			AYf, 13-23	4,07	0,27	14,81	0,45	0,31	0,81
			BMf, 23-32	2,52	0,31	15,66	0,39	0,37	0,83
			BM, 32-46	2,40	0,33	15,95	0,37	0,35	0,83
			C, 46-56	2,85	0,31	14,54	0,37	0,39	0,82
15	Восток	575	ay, 10-14	2,28	0,38	18,99	0,41	0,42	0,86
			AY, 14-21	2,82	0,32	16,11	0,42	0,37	0,83
			BMg, 21-43	3,18	0,29	14,49	0,41	0,36	0,82
			Cg, 43-70	2,40	0,32	16,46	0,43	0,35	0,84
19	Запад	565	AY, 6-15	2,16	0,27	18,52	1,00	0,26	0,86
			BMel, 15-30	4,99	0,26	12,76	0,49	0,34	0,81
			BM, 30-72	4,73	0,28	12,08	0,49	0,37	0,82
			C, 72-82	5,19	0,27	10,42	0,51	0,41	0,82
24	Север	518	G, 16-36	2,40	0,38	18,19	0,26	0,50	0,84
			GC, 35-58	3,12	0,29	15,14	0,44	0,35	0,82
			Cg, 58-70	2,99	0,28	13,29	0,43	0,34	0,81
26	Северо-Запад	315	AY, 5-22	2,65	0,31	15,05	0,39	0,40	0,83
			AYi, 22-33	2,24	0,28	16,48	0,38	0,35	0,81
			BMi, 33-57	2,34	0,33	16,40	0,40	0,37	0,84
			C, 57-67	2,47	0,34	16,62	0,38	0,40	0,84

Примечание: R – коэффициент накопления элемента; Квв – коэффициент внутрипочвенного выветривания; Кэ – коэффициент элювиальности (без натрия); Кок – коэффициент окисления; А и Б – индексы выветривания.

Продолжение приложения 14

Таблица 4 – Корреляция энтропии с геохимическими коэффициентами

Пояс, высота, м	R	Квв	Кэ (без Na)	Кок	Индекс А	Индекс В
1-2, 315-955	0,470	-0,796	-0,819	0,640	-0,673	-0,735
1, 955-600	0,772	-0,909	-0,943	0,933	-0,779	-0,925
2, 600-300	-0,062	0,030	0,164	0,211	-0,199	0,067

Примечание: 1 – гольцово-подгольцовый пояс, 2 – горно-лесной пояс; R – коэффициенты накопления, Квв – коэффициенты внутрипочвенного выветривания, Кэ (без Na) – коэффициент элювиальности, Кок – коэффициент окислению.

Таблица 5 – Коэффициенты корреляции энтропии с геохимическими коэффициентами по отделам (типам) почв

Отдел почв	R	Квв	Кэ (без Na)	Кок	Индекс А	Индекс В
1	1	-1	-1	-1	1	-1
2	-0,363	-0,966	-0,985	0,964	-0,942	-0,999
3	0,372	-0,627	-0,532	0,540	-0,546	-0,428
4	0,520	-0,644	0,462	-0,964	0,005	-0,784
5	-0,572	0,764	0,918	-0,666	0,741	0,897

Примечание: 1 – альфегумусовые (сухоторфяно-подбур), 2 – альфегумусовые (подзол), 3 – структурно-метаморфические (буроземы), 4 – органо-аккумулятивные (темно- и серогумусовые), 5 – глеевые (глеезем).

Таблица 6 – Геохимические коэффициенты биологической продуктивности почв в гольцово-подгольцовом поясе

Горизонт, см	Геохимические коэффициенты		
	MnO/Al_2O_3	MnO/Fe_2O_3	$(Fe_2O_3+MnO)/Al_2O_3$
Разрез 18, 930 м н.у.м., Дерново-подбур иллювиально-железистый			
AY, 6-24	0,002	0,008	0,322
BF, 24-41	0,003	0,011	0,303
Разрез 30, 794 м н.у.м., Бурозем грубогумусированный			
AYao, 13-23	0,002	0,005	0,298
AY, 23-32	0,002	0,006	0,413
BM, 32-50	0,003	0,009	0,312
C, 50-75	0,003	0,010	0,284
Разрез 31, 743 м н.у.м., Подзол грубогумусированный			
ao, 6-9	0,001	0,009	0,141
E, 9-22	0,001	0,004	0,179
BF, 22-33	0,001	0,002	0,287
Разрез 32, 691 м н.у.м., Бурозем ожелезненный			
ay, 5-9	0,007	0,013	0,554
AY, 9-22	0,007	0,012	0,543
AYf, 22-37	0,007	0,014	0,533
BM, 37-58	0,005	0,011	0,516
C, 58-68	0,005	0,011	0,481
Разрез 29, 613 м н.у.м., Бурозем ожелезненный			
ay, 3-8	0,005	0,010	0,499
AY, 8-18	0,005	0,010	0,497
BMf, 18-74	0,005	0,009	0,499
Разрез 28, 609 м н..у.м., Серогумусовая метаморфизированная			
AY, 4-13	0,010	0,020	0,528
aym, 13-18	0,007	0,012	0,549
AYm, 18-35	0,007	0,013	0,524
C, 33-43	0,005	0,010	0,529

Продолжение приложения 14

Таблица 7 – Геохимические коэффициенты биологической продуктивности почв в парковом редколесье и горно-лесном поясе

Горизонт, см	Геохимические коэффициенты		
	MnO/Al_2O_3	MnO/Fe_2O_3	$(Fe_2O_3+MnO)/Al_2O_3$
Разрез 27, 595 м н.у.м., Бурозем глееватый ожелезненный			
AYf, 4-12	0,003	0,007	0,384
AYg, 12-26	0,004	0,009	0,433
BMg, 26-57	0,007	0,013	0,517
Cf,g, 57-67	0,005	0,011	0,509
Разрез 17, 590 м н.у.м., Бурозем ожелезненный			
AY, 4-13	0,007	0,017	0,433
AYf, 13-23	0,006	0,013	0,451
BMf, 23-32	0,004	0,011	0,386
BM, 32-46	0,003	0,009	0,375
C, 46-56	0,004	0,010	0,365
Разрез 15, 577 м н.у.м., Бурозем глееватый			
AYao, 10-14	0,012	0,029	0,413
AY, 14-21	0,004	0,009	0,416
BMg, 21-43	0,004	0,009	0,414
Cg, 43-70	0,005	0,011	0,434
Разрез 19, 565 м н.у.м., Бурозем элювиированный			
AY, 6-15	0,007	0,007	0,999
BMel, 15-30	0,005	0,010	0,493
BM, 30-72	0,005	0,010	0,494
C, 72-82	0,007	0,014	0,508
Разрез 24, 518 м н.у.м., Глеезем грубогумусированный			
G, 16-36	0,001	0,006	0,255
GC, 35-58	0,003	0,007	0,442
Cg, 58-70	0,007	0,016	0,427
Разрез 26, 315 м н.у.м., Бурозем глинисто-иллювиированный			
AY, 5-22	0,007	0,018	0,391
AYi, 22-33	0,005	0,014	0,375
BM, 33-57	0,005	0,013	0,397
C, 57-67	0,005	0,014	0,381

Продолжение приложения 14

Таблица 8 – Геохимические коэффициенты в гольцово-подгольцовом поясе

Горизонт, см	(Rb+Zr)/Sr	Zr/Rb	Rb/Sr	Zr/TiO_2	Pb/Ti	Al/Zr
Разрез 18, 930 м н.у.м., Дерново-подбур иллювиально-железистый						
AY, 6-24	3,244	4,466	0,593	0,054	2,81	0,240
BF, 24-41	3,310	4,957	0,556	0,062	1,95	0,230
Разрез 30, 794 м н.у.м.,Бурозем темногумусовый						
AYao, 13-23	3,859	4,206	0,741	0,038	2,45	0,229
AY, 23-32	3,844	4,406	0,711	0,045	2,41	0,233
BM, 32-50	3,295	4,323	0,619	0,050	1,95	0,250
C, 50-75	3,065	4,046	0,607	0,048	3,30	0,274
Разрез 31, 743 м н.у.м., Подзол иллювиально-железистый						
ao, 6-9	3,340	8,813	0,340	0,040	2,81	0,125
E, 9-22	2,377	7,714	0,273	0,041	1,67	0,151
BF, 22-33	2,126	6,382	0,288	0,044	4,17	0,179
Разрез 32, 691 м н.у.м., Бурозем ожелезненный						
ay, 5-9	2,968	2,573	0,831	0,026	1,89	0,293
AY, 9-22	2,939	2,738	0,786	0,030	1,61	0,288
AYf, 22-37	2,992	2,920	0,763	0,032	1,75	0,294
BM, 37-58	2,813	3,309	0,653	0,035	2,02	0,273
C, 58-68	2,503	3,580	0,547	0,036	1,69	0,283
Разрез 29, 613 м н.у.м., Бурозем элювиированный						
ay, 3-8	2,063	3,025	0,513	0,025	1,43	0,312
AY, 8-18	2,208	2,778	0,584	0,026	1,55	0,316
BMf, 18-74	2,176	2,945	0,552	0,028	1,47	0,308
Разрез 28, 609 м н..у.м., Серогумусовая метаморфизированная						
AY, 4-13	1,753	2,829	0,458	0,027	2,18	0,301
aym, 13-18	1,798	3,012	0,448	0,028	1,72	0,290
AYm, 18-35	3,574	3,069	0,878	0,033	1,78	0,271
C, 35-45	1,725	3,671	0,369	0,036	1,24	0,267
Кларк			0,317	0,088	2,22	0,203

Продолжение приложения 14

Таблица 9 – Геохимические коэффициенты в почвах горной тайги и парковом лесе

Горизонт, см	(Rb+Zr)/Sr	Zr/Rb	Rb/Sr	Zr/TiO_2	Pb/Ti	Al/Zr
Разрез 27, 595 м н.у.м., Бурозем глееватый ожелезненный						
AYf, 4-12	2,271	2,259	0,697	0,036	2,63	0,349
AYg, 12-26	2,256	2,660	0,616	0,041	2,02	0,291
BMg, 26-57	1,764	3,867	0,362	0,049	1,50	0,230
Cf,g, 57-67	1,834	3,472	0,410	0,049	1,81	0,258
Разрез 17, 590 м н.у.м., Бурозем ожелезненный						
AY, 4-13	3,728	2,898	0,957	0,039	3,06	0,284
AYf, 13-23	3,885	3,011	0,969	0,028	2,14	0,272
BMf, 23-32	3,379	4,173	0,653	0,037	2,26	0,233
BM, 32-46	3,392	4,378	0,631	0,042	2,54	0,215
C, 46-56	2,509	3,989	0,503	0,052	2,96	0,237
Разрез 15, 577 м н.у.м., Бурозем глееватый						
AYao, 10-14	3,513	2,97	0,885	0,048	3,25	0,223
AY, 14-21	3,336	3,573	0,73	0,054	2,51	0,241
BMg, 21-43	3,185	3,438	0,718	0,05	2,58	0,270
Cg, 43-70	3,037	3,441	0,684	0,051	2,52	0,236
Разрез 19, 565 м н.у.м., Бурозем элювиированный						
AY, 6-15	2,363	2,961	0,596	0,048	2,60	0,138
BMel, 15-30	2,258	3,835	0,467	0,051	1,32	0,254
BM, 30-72	2,087	4,025	0,415	0,036	1,10	0,243
C, 72-82	1,651	3,575	0,361	0,031	1,52	0,258
Разрез 24, 518 м н.у.м. Глеезем грубогумусированный						
G, 16-36	3,953	3,807	0,822	0,033	2,98	0,221
GC, 35-58	3,374	3,247	0,794	0,028	2,57	0,297
Cg, 58-70	3,058	3,033	0,758	0,042	3,58	0,306
Разрез 26, 315 м н.у.м., Бурозем глинисто-иллювиированный						
AY, 5-22	3,67	2,563	1,03	0,041	2,78	0,294
AYi, 22-33	4,09	2,402	1,202	0,039	2,86	0,327
BM, 33-57	3,796	3,564	0,832	0,053	2,36	0,226
C, 57-67	3,574	3,069	0,878	0,048	2,83	0,247
Кларк			0,317	0,088	2,22	0,203

Продолжение приложения 14

Таблица 10 – Геохимические модули в почвах гольцово-подгольцового пояса

Горизонт, см	Геохимические модули								
	ТМ	НКМ	ЩМ	АМ	ИГ	ГМ	CIW	PIA	CIA
Разрез 18, 930 м н.у.м., Дерново-подбур иллювиально-железистый									
AY, 6-24	0,069	0,194	0,401	0,218	4,682	14,740	0,704	91,956	82,402
BF, 24-41	0,062	0,195	0,504	0,226	4,584	15,153	0,683	90,742	82,091
Разрез 30, 794 м н.у.м., Бурозем грубогумусированный									
AYao,13-23	0,101	0,206	0,358	0,167	4,521	11,502	0,655	92,419	81,888
AY, 23-32	0,084	0,189	0,286	0,187	4,791	12,486	0,760	93,236	82,732
BM, 32-50	0,071	0,185	0,386	0,190	4,824	13,334	0,685	92,163	82,829
C, 50-75	0,067	0,215	0,617	0,184	4,204	13,693	0,692	89,212	80,783
Разрез 31, 743 м н.у.м., Подзол иллювиально-железистый грубогумусированный									
ao, 6-9	0,179	0,378	1,553	0,083	2,483	6,648	0,763	76,978	71,286
E, 9-22	0,141	0,368	1,859	0,112	2,658	9,238	0,736	77,880	72,663
BF, 22-33	0,112	0,217	0,536	0,154	4,377	11,898	0,635	90,765	81,404
Разрез 32, 691 м н.у.м., Бурозем ожелезненный									
ay, 5-9	0,115	0,223	0,222	0,239	4,275	14,803	0,961	94,058	81,043
AY, 9-22	0,101	0,198	0,144	0,249	4,778	15,476	0,901	95,843	82,693
AYf, 22-37	0,094		0,124	0,263	5,051	16,376	0,889	96,335	83,473
BM, 37-58	0,093	0,201	0,240	0,252	4,725	16,175	0,890	94,392	82,533
C, 58-68	0,088	0,198	0,244	0,259	4,724	16,964	0,863	94,153	82,530
Разрез 29, 613 м н.у.м., Бурозем элювиированный									
ay, 3-8	0,113	0,226	0,366	0,245	3,552	14,583	1,042	87,816	78,034
AYel, 8-18	0,108	0,259	0,495	0,244	3,226	15,044	1,052	85,812	76,338
BM, 18-74	0,102	0,272	0,715	0,251	3,166	15,722	1,060	84,253	75,999
Разрез 28, 609 м н..у.м., Серогумусовая метаморфизированная									
AY, 4-13	0,125	0,260	0,393	0,214	2,692	12,334	0,870	85,947	77,968
aym, 13-18	0,122	0,243	0,404	0,227	3,173	13,678	0,925	87,867	78,605
AYm, 18-35	0,106	0,262	0,662	0,255	3,124	16,046	1,238	76,137	70,050
C, 33-43	0,107	0,240	0,464	0,236	3,249	15,317	1,122	80,988	73,573

Примечание: НКМ — модуль нормированной щелочности: $(Na_2O + K_2O)/Al_2O_3$ (Юдович Я.Э., 1981), ЩМ - щелочной модуль: (Na_2O/K_2O) (Юдович Я.Э., 1981), ТМ - титановый модуль: TiO2/Al2O3 (Мигдисов А.А., 1960), АМ - алюмокремниевый модуль: Al_2O_3/SiO_2 (Кетрис М.П., 1976), ГМ - гидролизатный модуль: $(Al_2O_3 + TiO_2 + Fe_2O_3 + FeO)/SiO_2$ (Юдович Я.Э. и др., 1977), ИГ - Индекс глиноземистости : $Al_2O_3/(CaO + K_2O + Na2O)$ (Maniar P.D., Piccoli P.M., 1989), CIA - индекс химического выветривания: $(Al_2O_3/(Al_2O_3+CaO+NaO+K_2O))\times100$ (Nesbitt N. W., Young G.M., 1982), плагиоклазовый индекс изменения (PIA) - $[(Al_2O_3–K_2O)/(Al_2O_3+CaO+Na_2O -K2O)]\times100$ (Fedo C.M., 1995), индекс выветривания (CIW) -$[Al2O3/(Al2O3+CaO+NaO)]\times100$ (Harnois L., 1988).

Окончание приложения 14

Таблица 11 – Геохимические модули в почвах паркового редколесья и горной тайги

Горизонт, см	Геохимические модули								
	ТМ	НКМ	ЩМ	АМ	ИГ	ГМ	CIW	PIA	CIA
Разрез 27, 595 м н.у.м., Бурозем глееватый ожелезненный									
AYf, 4-12	0,083	0,213	0,499	0,255	3,539	16,206	0,862	87,288	77,749
AYg, 12-26	0,096	0,208	0,340	0,235	3,674	15,616	0,855	89,520	80,402
BMg, 26-57	0,111	0,344	1,071	0,209	2,339	14,082	0,839	90,528	81,411
Cf,g, 57-67	0,092	0,280	0,721	0,227	2,784	15,187	0,851	90,938	80,921
Разрез 17, 590 м н.у.м., Бурозем ожелезненный									
AY, 4-13	0,080	0,164	0,079	0,233	5,264	13,797	1,581	82,416	74,430
AYf, 13-23	0,076	0,182	0,210	0,242	4,923	14,479	0,979	89,204	80,139
BMf, 23-32	0,075	0,203	0,321	0,220	4,371	14,998	1,040	86,477	78,031
BM, 32-46	0,072	0,169	0,083	0,210	5,079	14,650	1,108	81,802	74,223
C, 46-56	0,069	0,210	0,359	0,227	4,251	15,646	0,690	88,757	79,868
Разрез 15, 577 м н.у.м., Бурозем глееватый									
AYao, 10-14	0,090	0,245	0,490	0,175	3,494	12,579	0,864	89,844	81,168
AY, 14-21	0,078	0,214	0,493	0,208	4,103	14,597	0,830	91,110	82,156
BMg, 21-43	0,071	0,201	0,456	0,231	4,379	15,686	0,822	89,083	79,781
Cg, 43-70	0,074	0,206	0,364	0,205	4,241	14,369	0,722	93,037	83,351
Разрез 19, 565 м н.у.м., Бурозем элювиированный									
AY, 6-15	0,139	0,305	0,846	0,170	2,911	8,043	0,814	90,989	81,084
BMel, 15-30	0,105	0,210	0,459	0,242	4,035	15,750	0,808	89,601	79,699
BM, 30-72	0,102	0,237	0,594	0,227	3,552	15,061	1,173	81,473	72,912
C, 72-82	0,094	0,266	0,654	0,231	2,879	15,276	1,144	85,353	76,036
Разрез 24, 518 м н.у.м., Глеезем грубогумусированный									
G, 16-36	0,080	0,220	0,532	0,196	3,967	14,062	1,127	83,846	75,752
GC, 35-58	0,067	0,202	0,508	0,226	4,310	15,568	1,128	85,323	76,466
Cg, 58-70	0,062	0,178	0,342	0,243	4,604	16,064	0,778	95,693	84,037
Разрез 26, 315 м н.у.м., Бурозем глинисто-иллювиированный									
AY, 5-22	0,070	0,224	0,504	0,222	3,946	14,653	0,826	94,196	83,117
AYi, 22-33	0,066	0,177	0,310	0,243	5,006	15,970	0,791	91,868	81,382
BM, 33-57	0,074	0,206	0,380	0,205	4,287	14,367	0,752	95,420	83,550
C, 57-67	0,073	0,225	0,433	0,203	3,926	14,578	0,785	91,293	80,957

Примечание: см. таблицу 10.

Таблица 12 – Взаимосвязь между гранулометрическими показателями и модулями

	ТМ	НКМ	ЩМ	АМ	ИГ	ГМ	CIW	PIA	CIA
Ф5	-0,219	-0,153	-0,318	0,310	0,041	0,222	-0,002	0,412	0,297
a	-0,109	0,126	0,201	-0,265	-0,012	-0,048	-0,339	0,331	0,296
k	**0,510**	**0,726**	**0,901**	**-0,720**	**-0,454**	**-0,541**	-0,214	**-0,437**	**-0,354**
n	-0,063	-0,067	-0,213	0,143	0,009	0,123	0,045	-0,183	-0,185

0,510 – коэффициент достоверен

Приложение 15

Структурные взаимосвязи в почвах

Таблица 1 – Матрица взаимосвязи (r) между оксидами и содержанием элементов

	Ni	Cu	Zn	Ga	As	Br	Pb	Rb	Sr	Y	Zr	Nb
Все пояса												
MnO	**0,73**	**0,66**	**0,88**	**0,47**	**-0,31**	-0,15	**-0,37**	**0,7**	**0,51**	**0,33**	-0,09	**0,67**
Fe_2O_3	**0,57**	**0,54**	**0,63**	0,26	-0,19	-0,21	-0,13	**0,71**	0,21	0,22	-0,15	0,28
Al_2O_3	**0,64**	**0,55**	**0,53**	0,22	**-0,36**	0,06	-0,18	**0,62**	0,14	0,11	-0,08	0,13
Гольцово-подгольцовый пояс												
MnO	0,79	0,76	0,87	0,41	-0,55	-0,04	-0,25	**0,94**	0,24	0,00	-0,28	**0,73**
Fe_2O_3	0,83	0,77	0,92	0,51	-0,49	-0,10	-0,29	**0,97**	0,47	0,22	-0,19	**0,82**
Al_2O_3	0,90	0,85	0,84	0,51	-0,61	0,22	-0,25	**0,89**	0,34	0,09	-0,04	**0,42**
Горно-лесной пояс												
MnO	0,07	0,09	0,03	-0,16	0,39	-0,10	0,06	0,07	0,12	0,24	-0,12	-0,03
Fe_2O_3	0,60	0,50	0,75	0,32	-0,06	0,12	**-0,61**	-0,29	0,73	0,48	-0,01	0,73
Al_2O_3	0,16	0,00	-0,28	-0,46	0,06	0,31	-0,07	-0,15	-0,06	-0,06	-0,25	-0,14

Таблица 2 – Модели взаимосвязи между показателями в горных почвах

Показатели		Уравнения	R^2	Вид модели
X	У			
гольцово-подгольцовый пояс				
pH	Ni	$y = -1223,4x^3 + 12182x^2 - 40293x + 44291$	$R^2 = 0,9718$	Полиномиальная^3
Fe	Ni	$y = -0,4928x^3 + 6,3645x^2 - 16,852x + 14,745$	$R^2 = 0,991$	Полиномиальная^3
Fe	Ca	$y = -0,4913x^3 + 6,2167x^2 - 18,575x + 22,211$	$R^2 = 0,9922$	Полиномиальная^3
Fe	Zn	$y = -1,2426x^3 + 16,409x^2 - 48,591x + 57,516$	$R^2 = 0,9819$	Полиномиальная^3
Fe	Rb	$y = 0,0881x^4 - 1,5282x^3 + 9,0079x^2 - 21,138x + 33,031$	$R^2 = 1$	Полиномиальная^4
Fe	Nb	$y = -0,2127x^4 + 4,0862x^3 - 25,362x^2 + 56,759x - 10,977$	$R^2 = 1$	Полиномиальная^4
горно-лесной пояс				
pH	Sr	$y = -21615x^3 + 229014x^2 - 807509x + 947772$	$R^2 = 0,5637$	Полиномиальная^3
pH	Nb	$y = -5769,2x^3 + 61170x^2 - 215841x + 253500$	$R^2 = 0,6314$	Полиномиальная^3
гумус	Cu	$y = 81,145x^3 - 797,24x^2 + 2584,4x - 2740,3$	$R^2 = 0,96$	Полиномиальная^3
Hг	Sr	$y = 0,0775x^4 - 5,7495x^3 + 154,55x^2 - 1776,5x + 7467,3$	$R^2 = 1$	Полиномиальная^4
Hг	Nb	$y = 0,023x^4 - 1,7067x^3 + 45,905x^2 - 528,44x + 2208,7$	$R^2 = 1$	Полиномиальная^4
Fe	Zn	$y = -2,4737x^3 + 41,928x^2 - 210,14x + 371,85$	$R^2 = 0,9368$	Полиномиальная^3
Fe	Sr	$y = -5,5355x^3 + 97,673x^2 - 533,75x + 1019,7$	$R^2 = 0,8179$	Полиномиальная^3
Fe	Nb	$y = -2,0147x^3 + 35,095x^2 - 190,34x + 338,9$	$R^2 = 0,8449$	Полиномиальная^3

Таблица 4 – Дисперсионный анализ между свойствами в почвах и формами цинка

Признаки	Сумма кв. между классами	Число ст свободы	Общая сумма кв. внутри классов	n	Критерий фишера	Уровень значимости
$Zn_{вал}$	6634,08	2	1130,58	9	26,4053	0,00017
$Zn_{подв}$	9,633	2	15,993	9	2,7106	0,11984
pH_{klc}	0,11	2	0,401	9	1,23181	0,33662
Сорг,%	0,355	2	1,466	9	1,08915	0,37705
Fe_2O_3	27,084	2	18,282	9	6,66681	0,01674

Таблица 5 – Дисперсионный анализ между свойствами в почвах и формами никеля

Признаки	Сумма кв. между классами	Число ст свободы	Общая сумма кв. внутри классов	Число ст. свободы	Критерий Фишера	Уровень значимости
$Ni_{вал}$	1160,010	1	709,6572	10	16,34606	0,002350
$Ni_{подв}$	0,339	1	6,9619	10	0,48757	0,500929
pH_{klc}	0,102	1	0,4083	10	2,50155	0,144816
Сорг,%	0,089	1	1,7318	10	0,51159	0,490814
Fe_2O_3	29,410	1	15,9559	10	18,43229	0,001578

Приложение 16

Органическая часть горных почв

Таблица 1 – Сводная таблица по всем формам С, %

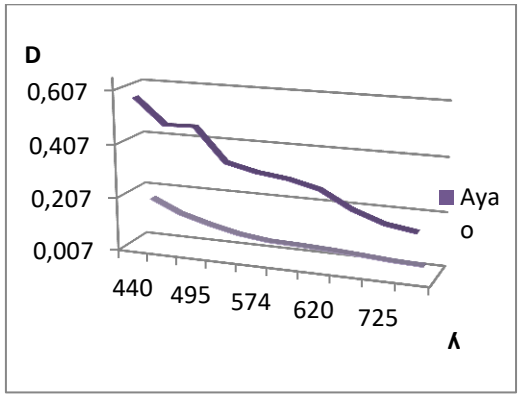
№ разреза	Горизонт	Глубина, см	Высота н.у.м.	Собщ, %	С вод	Скип	Слов	C_{H2S04}
					С,%	С,%	С,%	С,%
18	AYao	6-24	930	5,9	0,09	0,29	3,37	0,64
	BF	24-41		2,8	0,01	0,10	0,32	0,69
107	AO	0-10	896	35,6	0,13	0,40	4,83	0,33
	AYC	10-19		6,1	0,05	0,05	1,30	0,38
103	ao	0-5	854	12,1	0,11	0,24	8,11	0,25
	E	5-15		1,2	0,03	0,05	0,41	0,15
	BHF	15-24		3,7	0,04	0,05	0,95	0,13
102	ao	2-6	836	22,2	0,26	0,55	1,45	-
	AY	6-15		7,7	0,02	0,83	2,78	0,36
	E	15-29		1,5	0,02	0,02	0,34	0,03
	BHF	29-40		2,3	0,02	0,10	0,01	0,59
113	AY	0-27	765	6,0	0,04	0,10	1,39	0,20
63	AYao	2-5	635	9,1	0,20	0,34	2,43	0,31
	AY	5-15		7,5	0,13	0,19	1,92	0,18
	AYi	15-38		2,6	0,04	0,05	0,83	0,15
	BMi	38-50		2,4	0,03	0,03	0,42	0,43
	C	50-60		0,7	0,03	0,04	0,36	0,23
109	AY	0-14	609	4,1	0,07	1,64	2,45	0,15
	BM	14-36		2,6	0,03	0,02	1,22	0,43
	BMf	36-59		1,6	0,02	0,02	0,50	0,15
22	AY	7-18	557	7,8	0,07	0,15	0,23	0,13
	BMel	18-32		2,8	0,14	0,03	1,26	0,23
	BM	32-50		1,1	0,02	0,12	0,42	0,31
37	AYao	2-5	353	10,7	0,29	0,54	2,86	0,23
	AY	5-20		5,4	0,07	0,10	0,61	0,13
	BMf	20-31		2,0	0,04	0,30	0,58	0,46
	BM	31-58		1,7	0,02	0,03	0,34	0,10
	C	58-80		1,7	0,03	0,02	0,53	0,15
43	AY	5-21	352	8,1	0,20	0,24	1,33	0,51
	BMf	38-76		2,5	0,03	0,03	0,45	0,59
36	AYel	6-20	347	3,8	0,15	0,23	2,00	0,31
	BMel	20-31		1,4	0,09	1,05	0,71	0,28
	BMg	31-58		3,8	0,04	0,04	0,73	0,38

Продолжение приложения 16

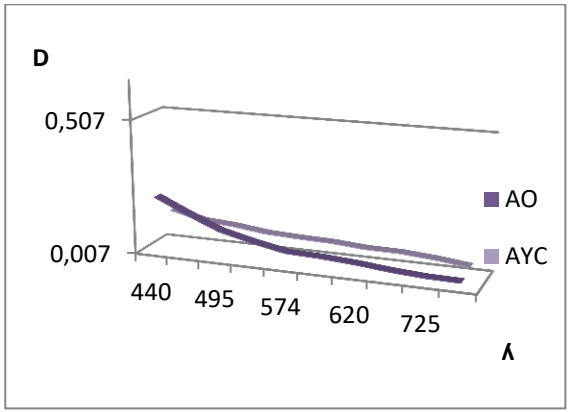
Таблица 2 – Статистическое распределение форм органического углерода в почвах (% по массе почвы)

Статистические показатели	Собщ, %	С вод	Скип	Слов	C_{H2S04}
>700					
n	12	12	12	12	12
Среднее	8,93	0,07	0,23	2,11	0,34
Стандартная ошибка	2,95	0,02	0,07	0,69	0,07
Медиана	5,95	0,04	0,10	1,35	0,33
Дисперсия выборки	104,41	0,07	0,25	2,37	0,22
Стандартное отклонение	10,22	0,01	0,06	5,64	0,05
Среднее кв отклонение	7,19	0,05	0,19	1,78	0,17
Коэффициент вариации	81	77	82	84	51
min	1,20	0,01	0,02	0,01	0,03
max	35,60	0,26	0,83	8,11	0,69
<700					
n	21	21	21	21	21
Среднее	3,97	0,08	0,25	1,06	0,28
Стандартная ошибка	0,64	0,02	0,09	0,18	0,03
Медиана	2,60	0,04	0,10	0,71	0,23
Дисперсия выборки	8,65	0,07	0,40	0,81	0,14
Стандартное отклонение	2,94	0,01	0,16	0,65	0,02
Среднее кв отклонение	2,37	0,06	0,25	0,67	0,12
Коэффициент вариации	60	72	101	63	42
min	0,7	0,0	0,0	0,2	0,1
max	10,7	0,3	1,6	2,9	0,6

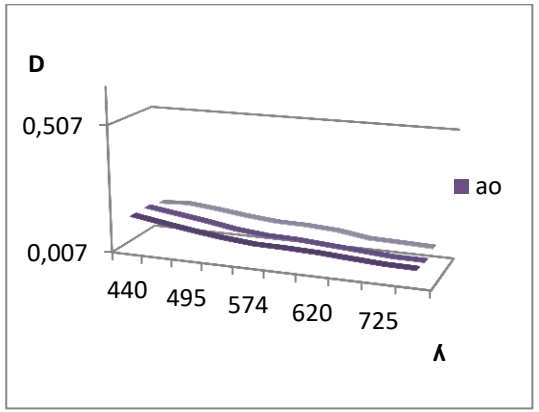
Продолжение приложения 16



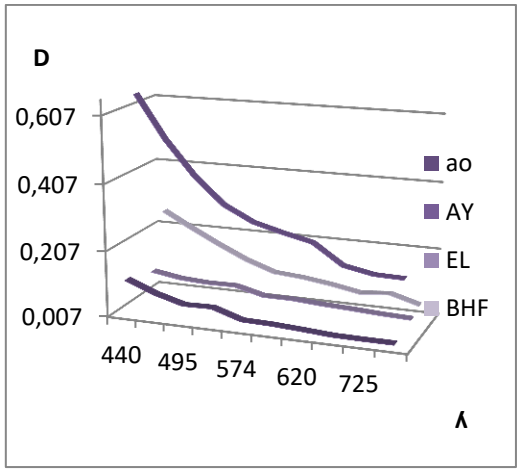
р. 18 Сухоторфяно-подбур иллювиально-железистый



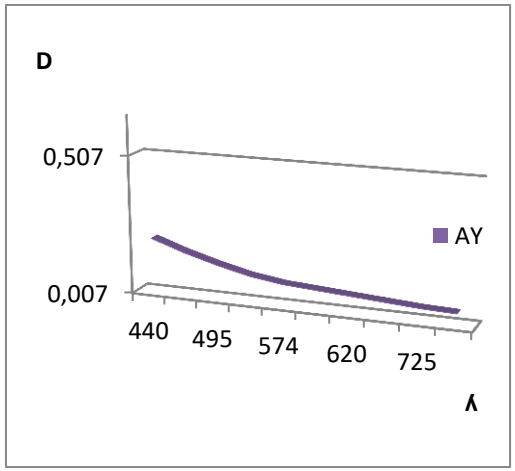
р. 107 Литозем грубогумусовый



р. 103 Подзол грубогумусированный



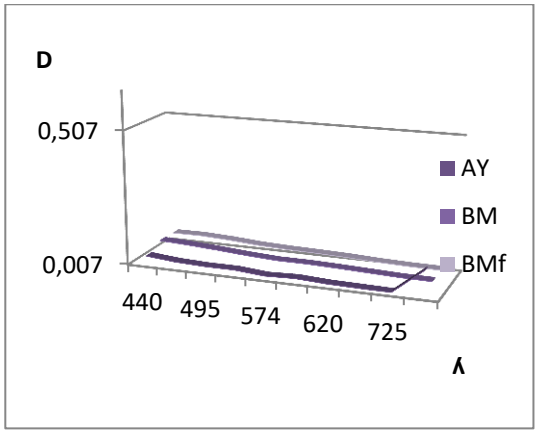
р. 102 Дерново-подзол грубогумусированный



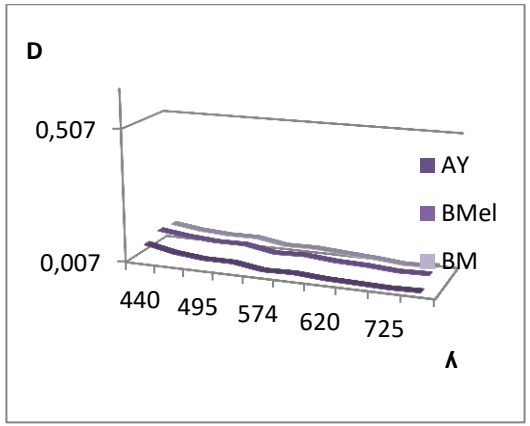
р. 113 Литозем серогумусовый

Рисунок 1 – Электронные спектры поглощения Скип в почвах на высоте > 700 м н.у.м.

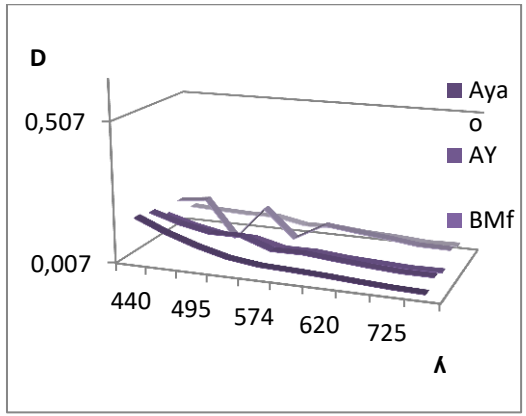
Продолжение приложения 16



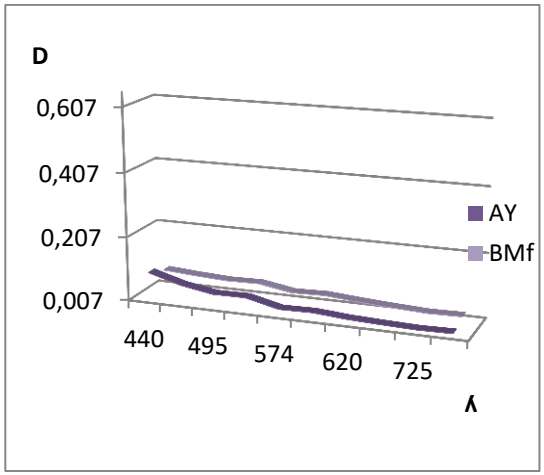
р.109 Бурозем ожелезненный



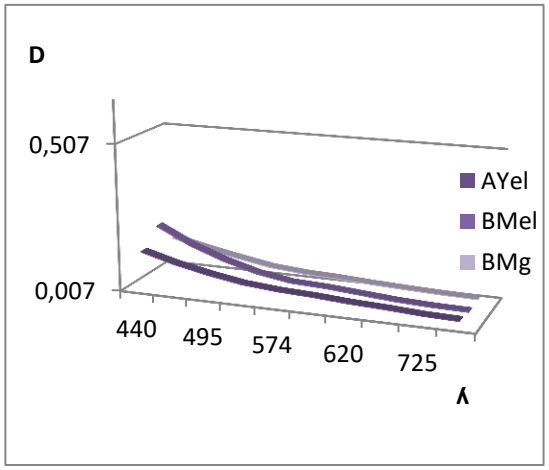
р. 22 Бурозем элювиированный



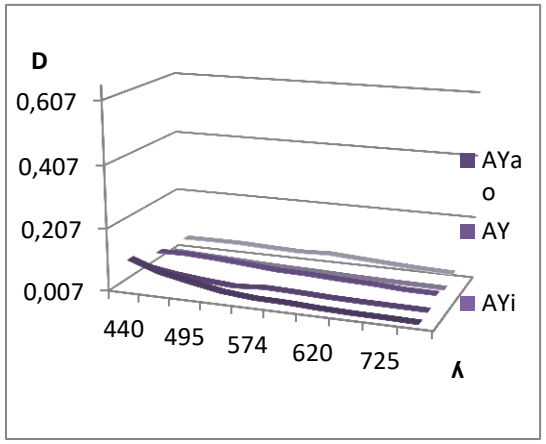
р. 37 Бурозем грубогумусированный ожелезненный



р. 43 Бурозем ожелезненный



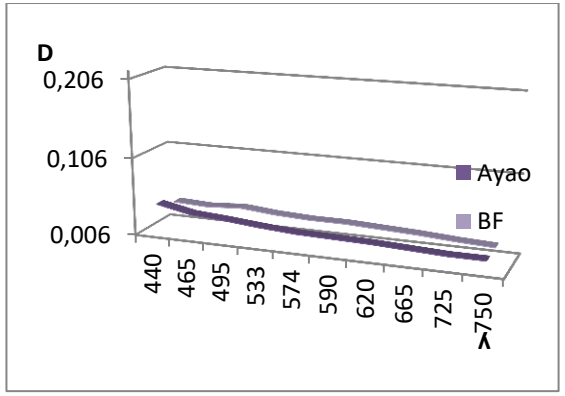
р. 36 Бурозем грубогумусированный элювиированный глееватый



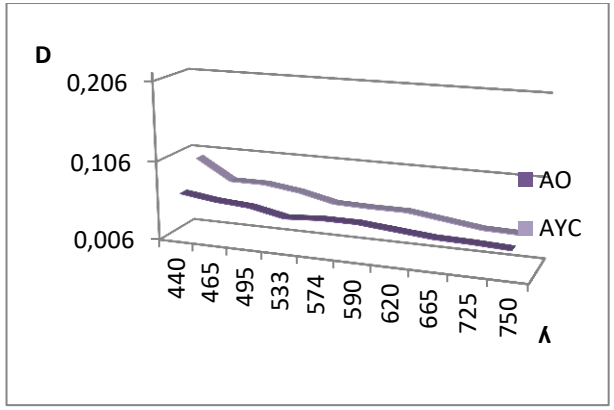
р. 63 Бурозем глинисто-иллювиированный

Рисунок 2 – Электронные спектры поглощения Скип в почвах на высоте < 700 м н.у.м.

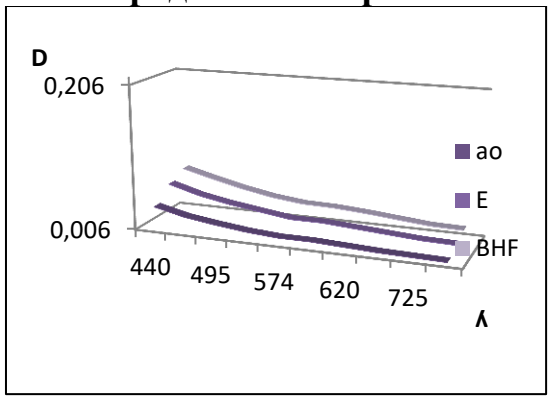
Продолжение приложения 16



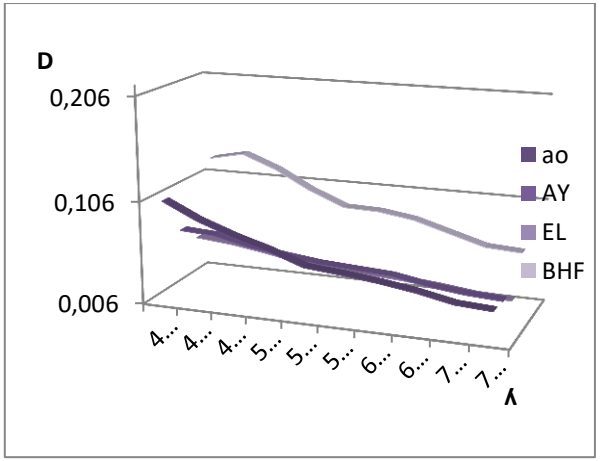
р. 18 Сухоторфяно-подбур иллювиально-железистый



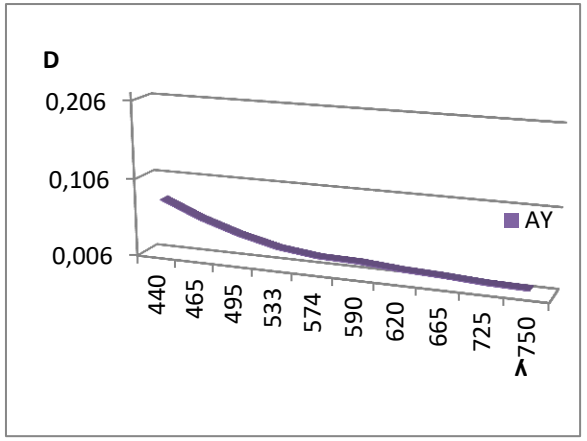
р. 107 Литозем грубогумусовый



р. 103 Подзол грубогумусированный



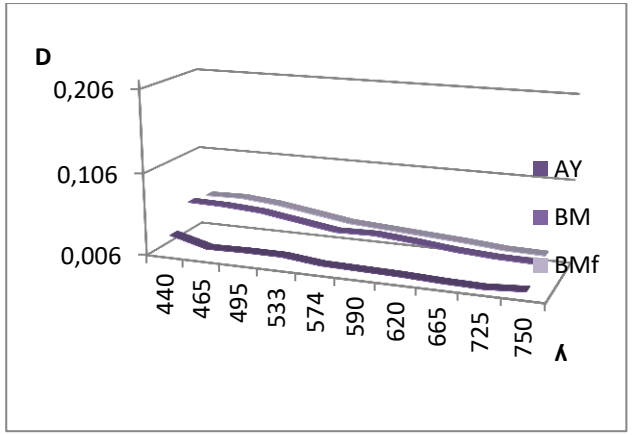
р. 102 Дерново-подзол грубогумусированный



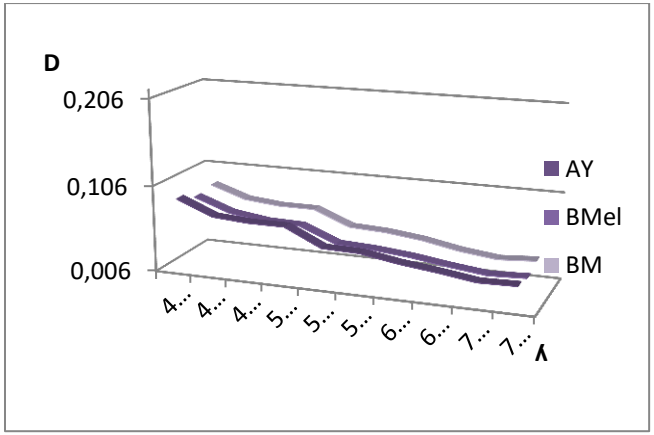
р. 113 Литозем серогумусовый

Рисунок 3 – Электронные спектры поглощения Свод в почвах на высоте > 700 м н.у.м.

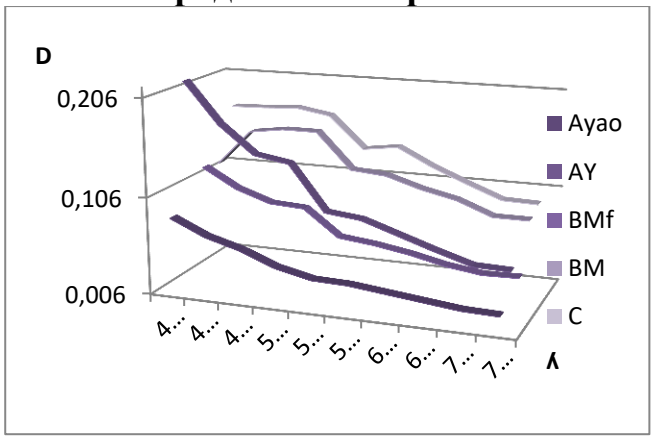
Продолжение приложения 16



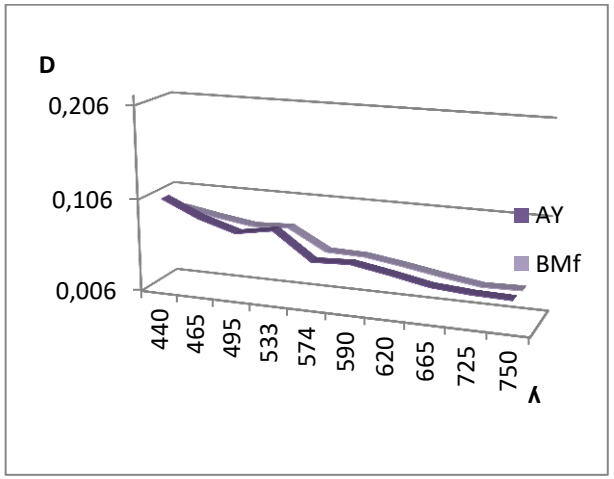
р.109 Бурозем ожелезненный



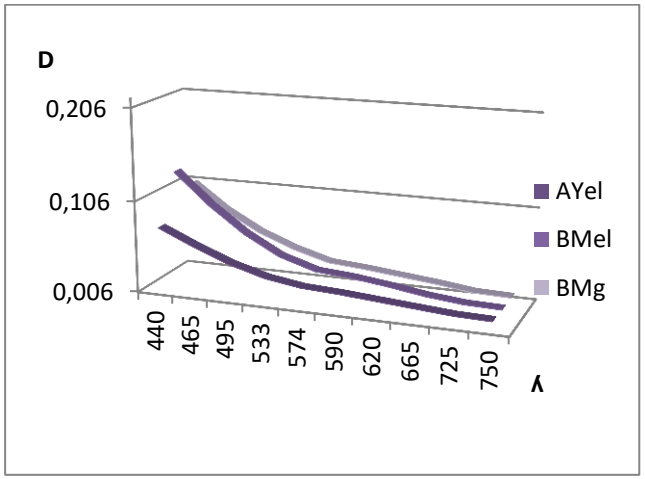
р. 22 Бурозем элювиированный



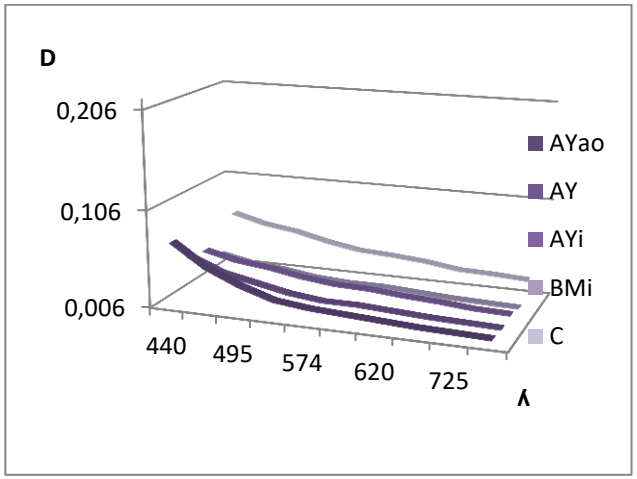
р. 37 Бурозем грубогумусированный ожелезненный



р. 43 Бурозем ожелезненный



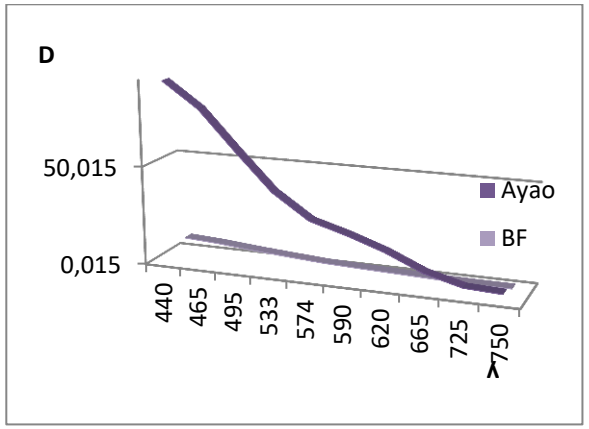
р. 36 Бурозем грубогумусированный элювиированный глееватый



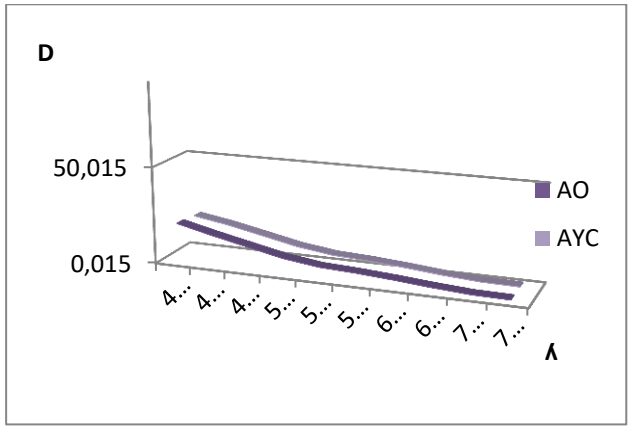
р. 63 Бурозем глинисто-иллювиированный

Рисунок 4 – Электронные спектры поглощения Свод в почвах на высоте < 700 м н.у.м.

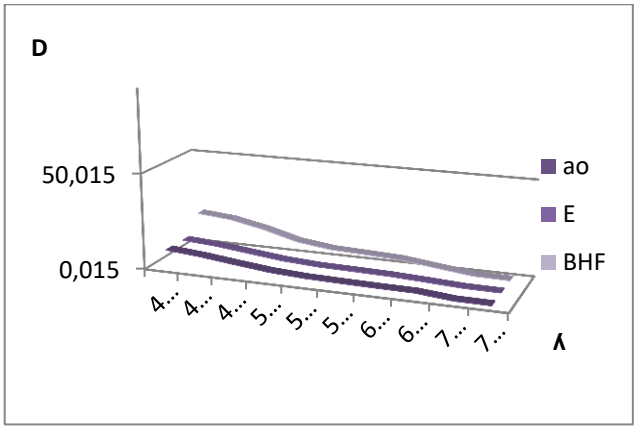
Продолжение приложения 16



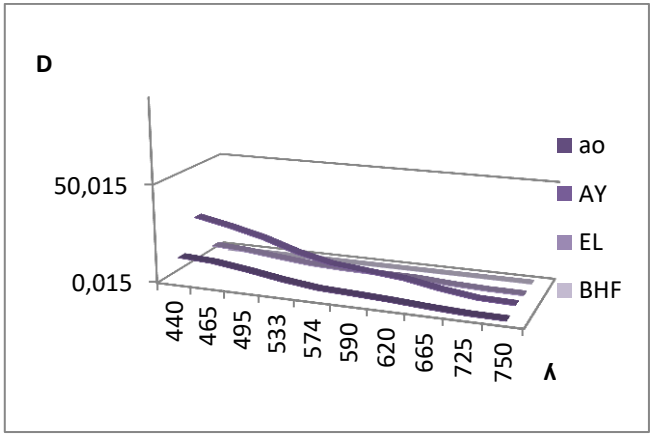
р. 18 Сухоторфяно-подбур иллювиально-железистый



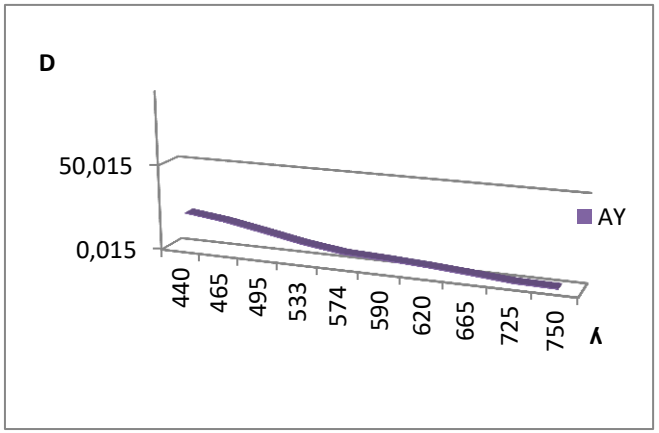
р. 107 Литозем грубогумусовый



р. 103 Подзол грубогумусированный



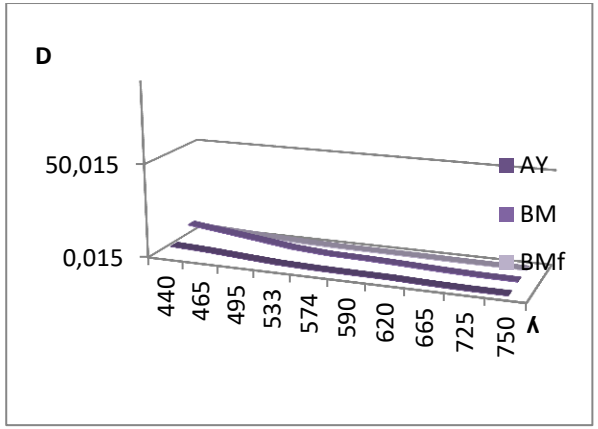
р. 102 Дерново-подзол грубогумусированный



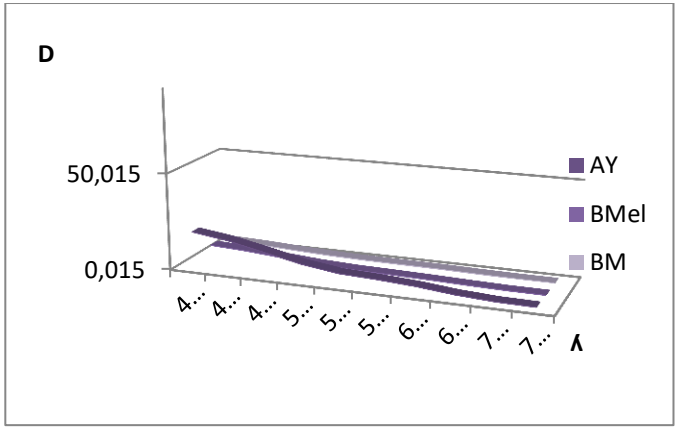
р. 113 Литозем серогумусовый

Рисунок 5 – Электронные спектры поглощения Слов в почвах на высоте > 700 м н.у.м.

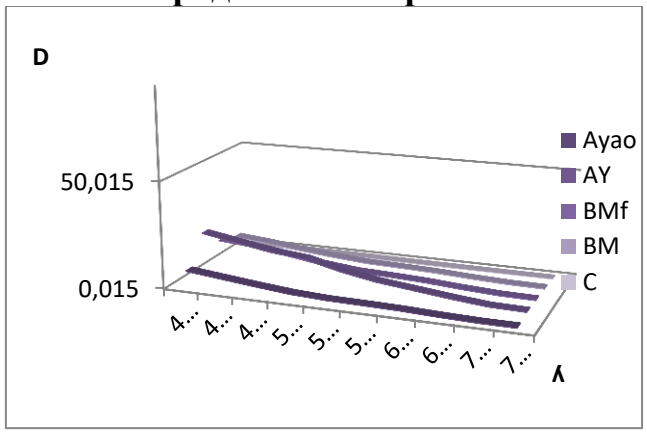
Продолжение приложения 16



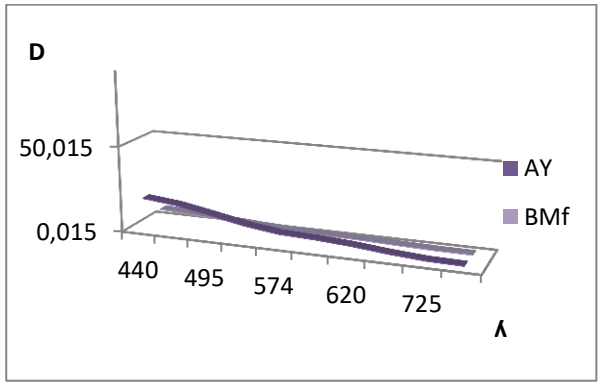
р.109 Бурозем ожелезненный



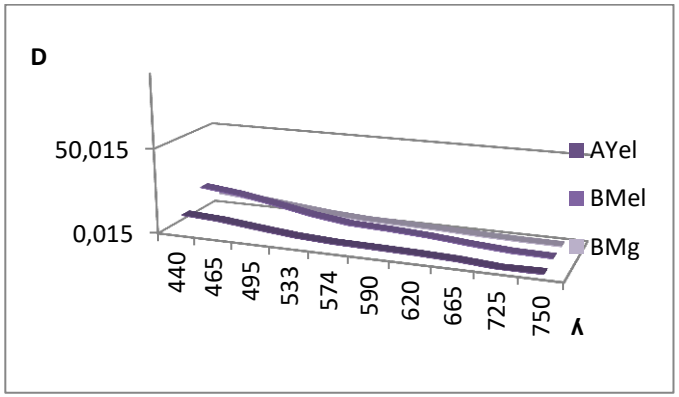
р. 22 Бурозем элювиированный



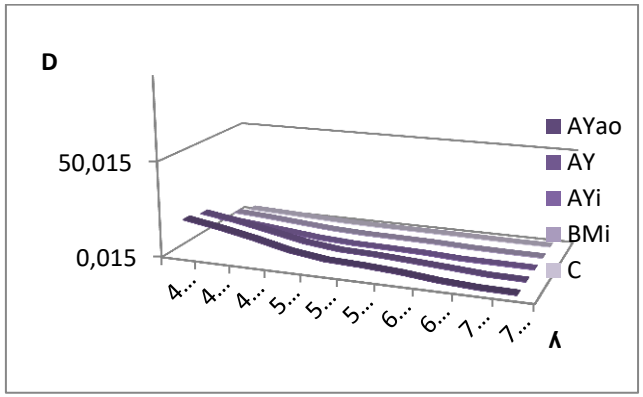
р. 37 Бурозем грубогумусированный ожелезненный



р. 43 Бурозем ожелезненный



р. 36 Бурозем грубогумусированный элювиированный глееватый



р. 63 Бурозем глинисто-иллювиированный

Рисунок 6 – Электронные спектры поглощения Слов в почвах на высоте < 700 м н.у.м.

Продолжение приложения 16

Таблица 3 – Групповой состав гумуса горных почв(в % к массе почвы/ С общ)

№ разреза	Высота н.у.м.	Горизонт, см	Гумус,%	Собщ	Свыт	Сгк	Сфк	Сно	Сгк:Сфк	Степень гумификации	Nобщ, %	C:N
18	930	AY,6-24	10,17	5,9 100	3,92 66,4	3,77 63,9	2,13 36,1	1,98 33,6	1,77	63,9	0,22	31,3
		BF, 24-41	4,83	2,8 100	1,19 42,3	0,52 18,7	2,28 81,3	1,62 57,7	0,23	18,7	0,17	19,2
30	794	AU1, 13-23	6,64	3,85 100	1,95 50,65	0,13 3,4	1,82 47,27	1,90 49,35	0,10	7,0	-	-
54	755	AY, 2-9	8,09	4,69 100	2,70 57,6	0,41 8,7	1,39 49,8	1,99 42,4	0,29	8,7	-	-
		$AY_{1,}$ 9-17	4,15	2,41 100	1,21 50,4	0,26 10,6	0,95 39,7	1,2 49,7	0,27	10,6	-	-
		AY1C >17	1,98	1,15 100	1,11 97,3	0,21 18,0	0,9 79,2	0,03 2,7	0,23	18,0	-	-
6	750	AU, 7-29	4,89	2,84 100	0,44 15,5	0,25 8,8	0,19 6,7	2,23 84,5	1,32	8,8	-	-
		AYel, 29-50	4,99	2,9 100	0,96 33,1	0,2 6,9	0,76 26,2	0,72 66,9	0,26	6,9	-	-
5	700	AUao, 6-11	7,89	4,58 100	2,2 48,0	0,4 8,7	1,8 39,3	2,38 52,0	0,22	8,7	-	-
		$AY_{1,}$ 11-29	4,82	2,8 100	0,9 31,7	0,2 7,0	0,7 24,7	1,94 68,3	0,29	7,0	-	-
		AYC, 29-49	3,60	2,09 100	0,85 40,7	0,25 12,0	0,6 28,7	1,24 59,3	0,42	12,0	-	-
50	670	AY, 9-17	7,12	4,13 100	3,08 74,6	0,06 1,3	3,02 73,2	1,05 25,4	0,02	1,3	-	-

Продолжение приложения 16

Продолжение таблицы 3

№ разреза	Высота н.у.м.	Горизонт, см	Гумус,%	Собщ	Свыт	Сгк	Сфк	Сно	Сгк:Сфк	Степень гумификации	Nобщ, %	C:N
32	655	AY, 9-22	6,23	3,63 100	1,94 53,44	0,37 10,2	1,57 43,25	1,69 6,56	0,2	19,0	-	-
61	646	AY, 2-20	7,70	4,47 100	1,15 25,7	0,22 5,0	0,93 20,7	3,32 74,3	0,24	5,0	-	-
		AYi, 20-39	7,46	4,33 100	0,76 17,6	0,31 7,1	0,45 10,5	3,57 82,4	0,69	7,1	-	-
		BMi, 39-60	7,55	4,38 100	3,18 72,5	0,03 0,7	3,15 71,8	1,2 27,4	0,01	0,69	-	-
		CLM, >60	6,62	3,84 100	2,68 69,8	1,14 29,7	1,54 40,1	1,2 30,2	0,74	29,7	-	-
62	641	AY, 3-15	5,99	3,48 100	1,35 38,8	0,34 9,8	1,01 29,0	2,13 61,2	0,34	9,8	-	-
		AYi, 15-32	2,22	1,29 100	0,75 58,0	0,24 18,3	0,51 39,7	0,54 42,0	0,47	18,3	-	-
		BMi, 32-52	4,15	2,41 100	0,54 22,6	0,47 19,4	0,07 3,2	1,86 77,2	6,71	19,4	-	-
		BM, 52-65	5,46	3,17 100	1,06 33,5	0,91 28,7	0,15 4,8	2,11 66,6	6,07	28,7	-	-
		C > 65	4,88	2,83 100	0,82 29,0	0,12 4,1	0,7 24,9	2,01 71,0	0,17	4,1	-	-
63	635	ay,2-5	15,69	9,1 100	7,47 82,1	1,01 11,0	8,10 89,0	1,63 17,9	0,12	11,0	0,78	13,6
		AY, 5-15	12,93	7,5 100	1,87 24,9	1,51 20,1	5,99 79,9	5,63 75,1	0,25	20,1	0,62	14,1
		AYi, 15-38	4,48	2,6 100	2,23 85,8	1,91 73,5	0,69 26,5	0,37 14,2	2,77	73,5	-	
		AYC, 38-50	4,14	2,4 100	1,90 79,2	0,67 27,9	1,73 72,1	0,50 20,8	0,39	27,9	-	
		C >50	1,21	0,7 100	0,59 84,3	0,22 31,4	0,48 68,6	0,11 15,7	0,46	31,4		
28	607	AY, 4-13	6,86	3,98 100	3,64 91,5	0,59 14,8	3,05 76,6	0,34 8,6	0,2	16,0	-	-

Продолжение приложения 16

Продолжение таблицы 3

№ разреза	Высота н.у.м.	Горизонт, см	Гумус,%	Собщ	Свыт	Сгк	Сфк	Сно	Сгк:Сфк	Степень гумификации	Nобщ, %	C:N
58	597	AY1, 2-25	7,13	4,14 / 100	1,82 / 43,99	0,28 / 6,66	1,54 / 37,33	2,32 / 56,09	0,18	6,66	-	-
		AY2, 25-34	4,95	2,87 / 100	0,61 / 21,22	0,11 / 3,68	0,50 / 17,54	2,26 / 78,62	0,22	3,68	-	-
		BM_1, 34-47	6,20	3,6 / 100	0,23 / 6,36	0,10 / 2,71	0,13 / 3,65	3,37 / 93,52	0,77	2,71	-	-
		BM_2, 47-91	2,26	1,31 / 100	0,43 / 32,88	0,17 / 12,72	0,26 / 20,16	0,88 / 67,29	0,65	12,72	-	-
		C >91	4,34	2,52 / 100	0,57 / 22,75	0,18 / 7,29	0,39 / 15,46	1,94 / 77,05	0,46	7,29	-	-
17	590	AY, 4-13	6,55	3,80 / 100	3,64 / 95,79	0,66 / 17,3	2,98 / 78,42	0,82 / 4,21	0,2	18,0	-	-
60	589	AY, 3-10	5,6	3,3 / 100	1,64 / 49,8	0,41 / 12,4	1,23 / 37,5	1,65 / 50,0	0,33	12,4	-	-
		AYi, 10-28	4,24	2,46 / 100	0,46 / 18,5	0,19 / 7,9	0,27 / 10,7	2,01 / 81,6	0,7	7,9	-	-
		BMi(C), 28-40	1,02	0,59 / 100	0,33 / 55,9	0,1 / 16,6	0,23 / 39,4	0,26 / 44,1	0,43	16,6	-	-
		[AY], 40-56	5,72	3,32 / 100	1,57 / 47,2	0,28 / 8,3	1,29 / 38,9	1,75 / 52,7	0,22	8,3	-	-
		[BM], 56-63	3,29	1,91 / 100	0,6 / 31,3	0,53 / 27,9	0,07 / 3,5	1,31 / 68,6	7,57	27,9	-	-
1	570	AY_1, 2-13	4,79	2,78 / 100	0,7 / 25,2	0,16 / 5,8	0,54 / 19,4	2,08 / 74,8	0,3	5,8	-	-
		AY_2, 13-34	3,79	2,2 / 100	0,89 / 40,5	0,04 / 1,8	0,85 / 38,6	1,31 / 59,6	0,05	1,8	-	-
		BM_1, 34-42	2,79	1,62 / 100	0,48 / 29,6	0,01 / 0,6	0,47 / 29,0	1,14 / 70,4	0,02	0,6	-	-
		BM_2, 42-47	1,60	0,93 / 100	0,27 / 29,0	0,09 / 9,7	0,18 / 19,4	0,66 / 71,0	0,5	9,7	-	-

Продолжение приложения 16

Продолжение таблицы 3

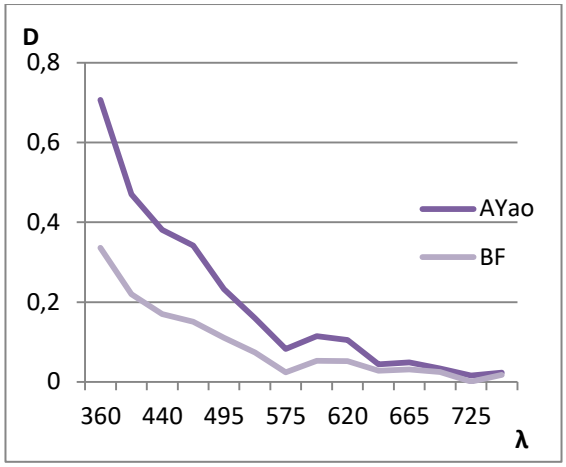
№ разреза	Высота н.у.м.	Горизонт, см	Гумус,%	Собщ	Свыт	Сгк	Сфк	Сно	Сгк:Сфк	Степень гумификации	Nобщ, %	C:N
19	565	AY, 6-15	4,84	2,81 100	2,11 75,09	0,37 13,1	1,74 61,92	0,70 24,91	0,2	17,0	-	-
9	430	AYao, 5-10	7,79	4,52 100	0,52 11,50	0,15 3,32	0,37 8,19	4,00 88,50	0,41	3,32	-	-
		AY, 10-17	4,7	2,73 100	1,09 39,93	0,20 7,33	0,89 32,60	1,64 60,07	0,22	7,33	-	-
		BMel, 17-32	4,29	2,49 100	0,46 18,47	0,15 6,02	0,31 12,45	0,35 81,53	0,48	6,02	-	-
10	400	AO, 4-8	14,89	8,64 100	0,46 5,32	0,15 1,74	0,31 3,59	0,18 94,68	0,48	1,74	-	-
		AY, 8-21	5,49	3,19 100	1,08 33,86	0,20 6,27	0,88 27,59	2,11 66,14	0,23	6,27	-	-
		AYel, 21-41	5,60	3,25 100	0,40 12,31	0,02 0,62	0,38 11,69	0,35 87,65	0,05	0,62	-	-
		Bel, 41-60	3,19	1,85 100	0,36 19,46	0,15 8,11	0,21 11,35	1,21 80,54	0,71	8,11	-	-
		BM, 60-104	1,49	0,87 100	0,18 20,69	0,02 2,30	0,16 18,39	0,69 79,31	0,13	2,30	-	-

Продолжение приложения 16

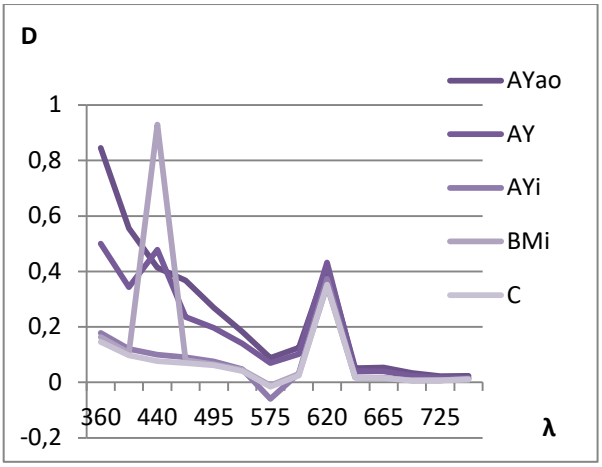
Окончание таблицы 3

№ разреза	Высота н.у.м.	Горизонт, см	Гумус,%	Собщ	Свыт	Сгк	Сфк	Сно	Сгк:Сфк	Степень гумификации	Nобщ, %	C:N
37	353	AYao, 2-5	18,45	10,7 100	4,76 44,5	2,77 25,9	7,93 74,1	5,94 55,5	0,35	25,9	0,64	19,5
		AY, 5-20	9,31	5,4 100	4,38 81,1	3,02 55,8	2,39 44,2	1,02 18,9	1,26	55,8	0,14	45,0
		BMf, 20-31	3,45	2,0 100	1,20 60,0	0,98 49,0	1,02 51,0	0,80 40,0	0,96	49,0	0,43	5,4
		BM, 31-58	2,93	1,7 100	0,20 11,8	0,15 8,9	1,55 91,1	1,50 88,2	0,10	8,9	0,34	5,8
		C, 58-80	2,93	1,7 100	0,12 7,1	0,30 17,6	1,40 82,4	1,58 92,9	0,21	17,6	0,34	5,8
43	352	AY, 5-21	13,96	8,1 100	6,27 77,4	3,69 45,6	4,41 54,4	1,83 22,6	0,84	45,6	-	-
		AYf, 21-38	4,82	2,5 100	1,95 69,6	1,01 35,9	1,80 64,1	0,85 30,4	0,56	35,9	-	-
		BMF,38-76	4,31	2,5 100	1,75 70,0	0,85 34,0	1,65 66,0	0,75 30,0	0,52	34,0	-	-
36	347	AYao,3-6	28,27	16,4 100	1,80 11,0	1,21 7,4	15,19 92,6	14,60 89,0	0,08	7,4	0,11	173,9
		AYh,6-20	6,55	3,8 100	3,23 85,0	1,99 52,4	1,81 47,6	0,57 15,0	1,10	52,4	0,21	21,1
		BMel,20-31	2,41	1,4 100	1,20 85,7	1,13 80,7	0,27 19,3	0,20 14,3	4,19	80,7	0,16	10,2
		BMg, 31-59	6,55	3,8 100	3,18 83,7	1,08 28,4	2,72 71,6	0,62 16,3	0,40	28,4	0,09	49,2
26	315	AY1, 5-22	4,76	2,76 100	2,17 78,62	0,69 25,0	1,48 53,62	0,59 21,38	0,5	32,0		

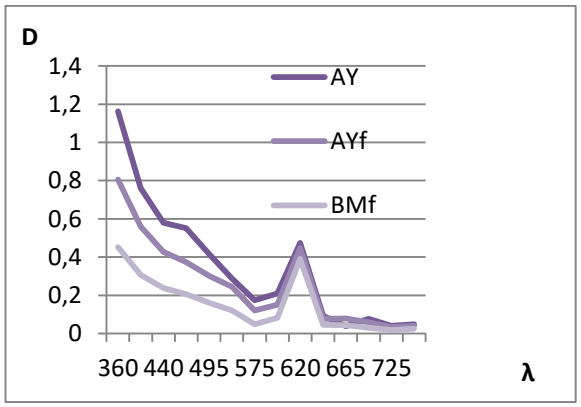
Окончание приложения 16



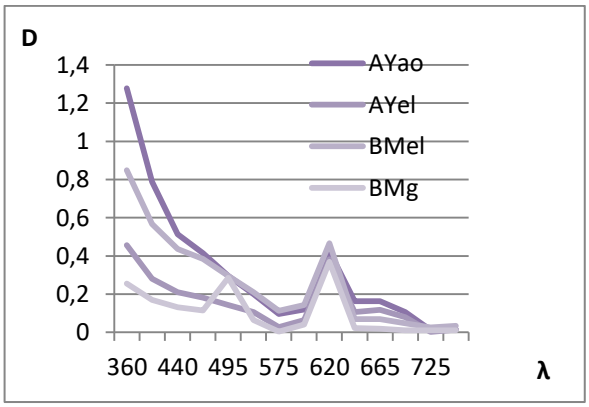
р.18 – Сухотрофяно-подбур иилювиально-железистый



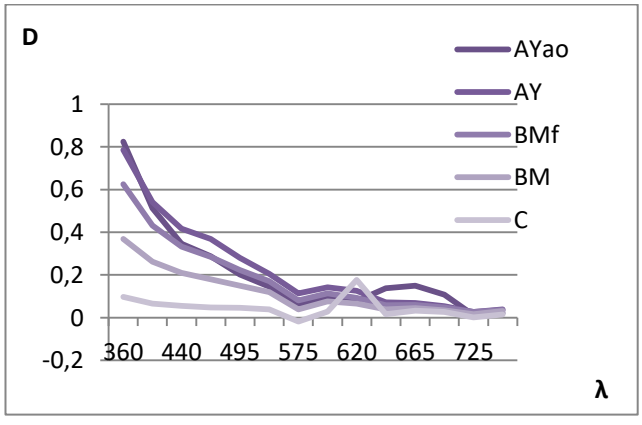
р.63 – Бурозем глинисто-иллювиированный



р.43 – Бурозем ожелезненный



р.36 – Бурозем грубогумусированный элювиированный глееватый



р.37 – Бурозем грубогумусированный ожелезненный

Рис 7. – Электронные спектры гуминовых кислот в почвах

Приложение 17

Фрагмент базы данных по физико-химическим свойствам почв

Таблица 1 – Фрагмент базы данных по физико-химическим свойствам почв отдела структурно-метаморфические

№, Alt, м	Горизонт, см	Гумус, %	pH			ммоль/100 г почвы					V, %
			водная	солевая	Δ	Hг	H^+	Al^{3+}	$Ca^{2+}+Mg^{2+}$	ЕКО	
Бурозем ожелезненный											
8, (800)	AY, 5-18	4,30	4,86	3,80	1,06	11,6	—	—	7,5	19,1	39
	BM, 18-30	4,70	5,10	3,80	1,30	11,0	—	—	8,7	19,7	44
	BMf, 30-60	4,80	5,46	4,10	1,36	5,6	—	—	7,2	12,8	56
Бурозем темногумусовый											
30, (794)	AU_1, 6-13	7,15	4,07	3,01	1,06	20,7	—	6,1	2,7	23,4	12
	AU_2, 13-23	6,60	4,16	3,45	0,71	22,2	—	3,9	1,7	23,9	7
	AY, 23-32	2,65	4,48	3,91	0,57	13,3	—	4,7	1,5	14,8	10
	BM, 32-50	2,75	4,58	3,95	0,63	12,4	—	3,8	1,9	14,3	13
Бурозем ожелезненный											
32, (655)	au, 5-9	6,90	4,01	3,50	0,51	16,2	—	—	2,5	18,7	13
	AY, 9-22	4,55	4,18	3,77	0,41	13,9	—	4,6	1,1	15,0	7
	BMf, 22-37	4,05	4,48	3,86	0,62	13,2	—	4,4	2,7	15,9	17
	BM, 37-58	2,55	4,60	3,84	0,76	13,2	—	4,2	1,5	14,7	10
	C, 58-68	0,70	4,80	3,97	0,83	11,0	—	2,7	1,7	12,7	13
Бурозем глинисто-иллювиированный											
61, (646)	AY, 2-20	4,21	4,91	3,54	1,37	20,7	—	—	6,2	26,9	23
	AYi, 20-39	3,04	4,37	3,67	0,70	19,0	—	—	2,5	21,5	12
	BMi, 39-60	1,37	4,49	3,67	0,82	18,2	—	—	2,0	20,2	10
	C, 60-75	1,00	4,48	3,73	0,75	18,4	—	—	4,4	22,8	19
Бурозем глинисто-иллювиированный											
62, (641)	AY, 3-15	4,57	4,69	3,51	1,18	22,5	—	—	7,0	29,5	24
	AYi, 15-32	2,69	4,50	3,75	0,75	19,2	—	—	3,5	22,7	15
	BMi, 32-52	2,23	4,88	3,79	1,09	14,2	—	—	4,4	18,6	24
	BM, 52-65	1,06	4,40	3,77	0,63	17,2	—	—	4,5	21,7	21
	C, 65-80	0,83	5,28	3,76	1,52	15,3	—	—	8,4	23,7	35
Бурозем грубогумусированный элювиированный											
29, (613)	AYao, 3-8	7,95	4,67	3,53	1,14	15,0	—	3,3	5,0	20,0	25
	AYel, 8-18	5,90	4,50	3,58	0,92	15,3	—	4,1	4,2	19,5	22
	BM, 18-74	4,05	4,70	3,75	0,95	15,7	—	3,4	3,6	19,3	19
Бурозем типичный											
58, (597)	AY_1, 2-25	4,86	5,22	4,02	1,20	15,8	—	—	13,0	28,8	45
	AY_2, 25-34	3,64	4,85	3,80	1,05	17,3	—	—	3,2	20,5	16
	BM_1, 34-47	2,67	4,71	3,88	0,83	16,4	—	—	2,5	19,9	18
	BM_2, 47-91	1,79	4,55	3,85	0,70	16,8	—	—	4,5	21,3	21
	C, 91-115	1,40	5,16	3,65	1,51	16,4	—	—	8,6	25,0	34
Бурозем глинисто-иллювиированный											
59, (591)	AY_1, 2-21	4,52	4,57	3,44	1,13	13,1	0,5	1,4	11,0	24,1	46
	AY_2, 21-31	3,60	3,98	3,41	0,57	14,5	0,4	2,4	9,4	23,9	39
	BM, 31-54	2,34	5,92	3,50	2,42	12,4	0,2	3,2	4,8	17,2	28
	BMi, 54-78	2,16	5,74	3,46	2,28	10,6	0,1	3,4	6,4	17,0	38
	C, 78-88	1,54	4,85	3,49	1,36	9,1	0,2	3,8	8,8	17,9	49
Бурозем элювиированный											
21, (590)	AY, 7-13	6,05	4,49	3,53	0,96	18,7	—	—	3,3	22,0	15
	AYel, 13-21	4,50	4,58	3,62	0,96	11,5	—	—	0,9	12,4	7
	BM, 21-41	3,35	4,66	3,89	0,77	14,4	—	—	26,4	40,8	65
Бурозем глееватый ожелезненный											
27, (590)	AY, 4-12	6,30	5,09	3,80	1,29	10,3	—	—	17,8	28,1	63
	AYg, 12-26	3,10	5,39	3,71	1,68	9,7	—	2,6	15,3	25,0	61
	BMg, 26-57	0,35	5,60	3,83	1,77	3,8	—	0,3	16,9	20,7	82
	Cf,g, 57-67	0,20	5,67	3,84	1,83	3,8	—	4,0	22,3	26,1	85

Продолжение приложения 17

Окончание таблицы 1

Бурозем глинисто-иллювиированный на буроземе											
60, (589)	AY, 3-10	3,02	5,48	3,65	1,83	13,3	—	—	10,4	23,7	44
	AYi, 10-28	1,60	5,61	3,69	1,92	10,7	—	—	8,5	19,2	44
	BMi(C), 28-40	1,34	4,53	3,80	0,73	9,2	—	—	9,5	18,7	51
	[AY], 40-56	1,42	4,55	4,30	0,25	12,5	—	—	18,8	31,3	60
	[BM], 56-63	1,21	4,98	3,82	1,16	8,8	—	—	11,6	21,4	57
Бурозем глинисто-иллювиированный											
57, (587)	AY, 4-17	3,44	5,14	3,81	1,33	15,6	—	—	4,8	20,4	24
	BM, 17-55	2,60	4,95	3,69	1,26	14,7	—	—	7,2	21,9	33
	BMi, 55-74	1,04	5,34	3,90	1,44	12,6	—	—	8,4	21,0	40
Бурозем грубогумусовый элювиированный											
16, (580)	AYel, 15-30	4,87	3,84	3,10	0,74	21,3	—	—	11,1	32,4	34
	BM_1, 30-39	1,87	4,37	3,85	0,52	16,9	—	—	6,1	23,0	27
	BM_2, 39-54	1,04	4,72	4,04	0,68	14,3	—	—	7,7	22,0	35
	C, 54-62	0,32	4,70	4,05	0,65	13,3	—	—	7,3	20,6	35
Бурозем грубогумусированный глееватый											
15, (577)	AYao, 4-10	6,00	4,63	3,44	1,19	15,0	4,6	4,7	8,5	23,5	36
	AY, 10-21	2,70	4,81	3,47	1,34	17,3	4,0	3,3	7,1	24,4	29
	BMg, 21-43	1,40	4,92	3,54	1,38	19,8	2,5	4,2	6,6	26,4	25
	Cg, 43-70	1,80	5,14	3,72	1,42	14,1	4,7	3,5	5,4	19,5	28
Бурозем типичный											
1, (570)	AY_1, 2-13	4,80	4,85	3,92	0,93	11,9	—	—	13,8	25,7	54
	AY_2, 13-34	3,80	4,94	4,22	0,72	8,6	—	—	16,0	24,6	65
	BM_1, 34-42	2,80	5,32	4,14	1,18	6,3	—	—	13,6	19,9	68
	BM_2, 42-47	1,60	5,64	4,14	1,50	2,9	—	—	12,4	15,3	81
Бурозем элювиированый											
19, (565)	AY, 6-15	5,50	4,10	3,32	0,78	18,0	—	5,6	5,0	23,0	22
	AYel, 15-30	2,60	4,47	3,83	0,64	14,2	—	4,8	3,2	17,4	18
	BM, 30-72	1,50	4,61	3,78	0,83	13,2	—	4,2	2,5	15,7	16
	C, 72-82	0,40	5,66	3,94	1,72	3,6	—	0,1	21,9	25,5	86
Бурозем элювиированый											
22, (557)	AY, 7-18	5,10	4,76	3,61	1,15	13,7	—	—	7,9	21,6	37
	BMel, 18-32	1,85	4,95	3,75	1,20	12,3	—	—	4,4	16,7	26
	BM, 32-50	0,30	4,94	3,77	1,17	11,5	—	—	6,6	18,1	36
Бурозем типичный											
125, (528)	ao, 2-8	42,22*	3,94	3,65	0,29	67,9	—	—	18,1	86,0	21
	ay, 8-17	6,73	3,83	3,45	0,38	22,1	—	—	6,8	28,9	24
	BM, 17-28	5,57	3,88	3,59	0,29	18,8	—	—	6,0	24,8	24
	BC, 28-35	2,28	3,98	3,69	0,29	18,8	—	—	6,8	25,6	27

Продолжение приложения 17

Таблица 2 – Физико-химические свойства маломощных почв

№ п/п	Разрез	Высота м	Горизонт	см	Гумус, %	pH_{H20}	pH_{KCl}	ммоль/ 100 г почвы			V, %
								Нг	S	ЕКО	
Слаборазвитые											
1	13	950	O	0-15	33,48	3,37	2,74	206,8	17,0	223,82	8
Литоземы											
2	64	948	H	3-13	15,32	3,72	2,7	175,00	10,50	185,50	6
3			AH	13-25	14,55	3,60	2,74	149,26	4,00	153,26	3
4	52	939	H	8-15	11,43	3,50	2,86	164,71	3,50	168,21	2
5			AH	15-18	13,19	3,41	2,85	46,70	38,50	85,20	45
6			AYao	18-25	3,89	3,94	3,41	30,18	37,50	67,68	55
7	53	937	H_{Th}	6-9	22,26	3,99	3,13	196,2	21,0	217,2	10
8			Ah	9-14	8,04	4,16	3,73	13,8	41,5	55,3	75
9	14	930	TJ	10-25	31,16	3,73	2,72	205,0	13,0	218,0	6
10	65	920	AY	1-8	3,30	4,16	3,26	10,10	8,60	18,70	46
11			AYC	8-25	2,80	4,48	3,32	8,90	7,40	16,30	45
12	107	896	AO	0-10	61,4	4,0	2,8	113,2	19,0	132,2	14
13			AYC	10-19	10,5	3,7	2,7	28,0	5,6	33,6	17
14	54	755	AY	2-9	3,50	5,50	4,22	14,60	18,60	33,20	56
15			AYel	9-17	3,90	4,80	3,94	11,60	9,20	20,80	44
16			AYC	17-27	2,90	5,20	4,05	10,30	12,00	22,30	54
17	50	670	AY	9-17	4,10	4,48	3,76	15,50	10,50	26,00	16
18			Ayi	17-28	2,50	4,57	3,70	13,30	10,40	23,70	13
19	76	420	AY	6-18	5,02	3,02	4,02	25,16	5,30	30,46	17
20			AYel	18-30	1,66	3,38	3,38	17,94	3,50	21,44	16
21			Ch	30-45	3,60	3,75	4,76	30,19	2,88	33,07	9
22	41	396	AY	5-16	8,05	-	3,42	34,70	5,20	25,70	20
23			Cf,hi	16-35	3,05	-	3,84	24,20	2,00	19,20	10
24	44	396	AY hi	6-15	5,20	-	3,71	25,80	2,60	23,70	11
25			Chi	15-30	2,80	-	3,93	23,10	1,80	25,20	7
26	42	345	ayf	2-6	8,85	-	3,45	29,10	9,00	28,60	31
27			AYf	6-20	3,75	-	3,62	9,80	9,40	19,20	49
38			Cf	20-30	1,85	-	3,71	6,90	6,00	12,90	47
Органо-аккумулятивные											
39	51	940	ao	3-10	8,78	3,43	2,61	38,8	45,4	84,2	46
40			AH	10-28	5,21	3,91	3,30	5,5	19,2	24,7	22
41			AYel	38-48	2,74	4,44	3,42	8,0	15,3	23,3	34
42	105	790	AY	20-34	-	-	3,45	25,1	8,3	33,4	25
43			AYC	34-43	-	-	3,63	21,9	9	30,9	29
44	122	749	AY	10-22	-	-	3,29	21	15,5	36,5	43
45			AYC	22-40	-	-	3,45	19	10,3	29,3	35
46	5	700	AY	6-11	7,9	4,30	3,60	17,8	13,9	31,7	44
47			AYi	11-29	4,9	4,66	3,80	15,2	10,4	25,6	41
48			AY	29-49	3,6	4,87	3,90	15,2	7,6	22,8	33
49	69	658	AY	8-25	3,9	4,26	3,57	14,7	4,2	18,9	22
50			AY2	25-30	3,3	5,24	3,61	16,8	2,8	19,6	14

Продолжение приложения 17

Продолжение таблицы 2

51	55	655	AY	5-13	3,9	4,50	3,14	15,1	7,6	22,65	34
52			AYi	13-34	3,7	4,60	3,27	14,3	8,4	22,7	37
53			AY	34-60	2,5	4,96	3,35	13,1	5,4	18,5	29
54			C	60 и >	1,4	4,95	3,39	10,9	6,2	17,1	36
55	68	642	AUh	15-30	3,6	4,35	3,37	5,6	7,0	15,4	45
56			AUf	30-45	3,8	4,57	3,51	22,5	5,0	10,6	47
57	63	635	AY1	5-15	2,5	22,5	34,7	18,3	9,8	27,3	36
58			AY2	15-38	2,4	4,22	3,39	16,6	6,8	25,1	27
59			AYi	38-50	2,3	4,51	3,42	14,7	10,4	27,0	38
60	73	612	AUh	8-14	4,5	4,71	3,73	10,9	5,4	15,7	55
61			AUf	14-50	4,4	4,82	3,82	9,8	13,0	23,9	52
62	66	611	AY	10-20	4,1	5,83	3,84	13,0	7,6	20,6	37
63			AY m	20-35	4,5	5,15	3,95	11,7	5,2	16,9	31
64			AYC	35-68	4,6	4,87	4,02	11,6	9,2	21,3	43
65	72	608	AY	6-20	3,6	4,86	3,74	12,1	5,4	15,7	34
66			AYm	20-40	4,8	4,94	3,98	10,3	13,0	28,8	45
67	110	605	AYhi	4-14	-	-	3,66	11,2	12,5	23,7	53
68			AY	14-48	-	-	3,67	15,1	19,8	34,9	57
Альфегумусовые											
69	18	941	AYao	6-24	6,20	4,25	3,64	21,4	0,7	22,1	3
70			BHF	24-41	2,90	4,42	3,88	17,3	0,2	17,5	1
71	103	854	ao	0-5	20,9	4,3	3,6	51,5	11,3	62,7	18
72			E	5-15	2,1	3,7	2,8	10,5	6,8	17,3	39
73			BHF	15-24	6,4	3,8	2,8	20,6	6,2	26,8	23
74	102	836	ao	2-6	38,3	4,3	3,2	113,2	13,0	126,2	10
75			AY	6-15	13,3	3,9	3,0	29,3	8,4	37,7	22
76			E	15-29	2,6	3,9	3,0	12,2	6,0	18,2	33
77			BHF	29-40	4,0	4,2	3,2	23,4	5,6	29,0	19
78	21-18	811	BH	10-20	2,92	-	3,18	22,2	3,8	26,0	15
79			BHF	20-32	1,83	-	3,36	20,8	4,0	24,8	16
80			BF	32-40	1,01	-	3,63	17,9	3,6	21,5	17
81	31	755	ao	6-9	6,15	4,25	3,34	23,4	8,8	32,2	27
82			E	9-22	2,25	4,21	3,16	2,9	0,1	3,0	3
83			BF	22-33	1,65	4,25	3,18	24,1	9,9	34,0	29
84	5-18	751	E	10-17	0,43	3,83	3,21	13,1	1,6	14,7	11
85			BH	17-24	3,92	3,91	3,46	33,7	1,2	34,9	3
86			BF	24-30	1,32	4,34	3,93	16,8	3,2	20,0	16
87	7-18	746	AO	0-10	-	-	3,02	50,5	46,8	97,3	48
88			E1	10-17	2,74	4,14	3,02	10,2	2,4	12,6	19
89			E2	17-26	1,33	4,03	3,27	12,1	1,4	13,5	10
90			BF	26-40	1,80	4,16	3,50	58,9	3,0	61,9	5
91	56	743	E	10-15	2,80	3,90	3,21	11,90	8,00	19,90	40
92			BHF	15-18	1,10	4,10	3,18	7,80	10,60	18,50	57

Окончание приложения 17

Окончание таблицы 2

Глееземы											
93	633	111	ao	0-9	44,91	3,73	5,08	1,5	26,8	28,3	95
94			Hao	9-34	24,09	3,55	4,48	21,0	13,2	34,2	39
95			G	34-55	2,29	3,74	5,02	13,3	8,0	21,3	38
96	519	23	Hg	9-19	5,26	3,56	4,25	21,0	7,2	28,2	26
97			Gel	19-39	0,85	3,68	4,67	23,0	9,0	32,0	28
98			G	39-63	2,02	3,52	5,03	12,2	17,0	29,2	58
99	518	24	aog	7-16	6,18	3,58	4,32	20,0	2,4	22,4	11
100			G	16-36	1,37	3,40	4,84	20,0	8,8	28,8	31
101			GC	36-58	1,87	3,28	5,05	12,2	16,6	28,8	58
102	509	108	O	0-10	56,99	3,07	3,16	2,5	8,0	10,5	76
103			AO	10-44	52,31	3,49	4,68	2,1	12,4	14,5	86
104			G	44-61	5,14	3,73	3,59	7,0	22,0	29,0	76
105	382	82	AYao	10-17	3,50	4,35	3,32	15,31	8,10	23,41	35
106			Gf	17-37	0,83	5,73	4,65	7,88	27,55	35,43	78
107			CGf	37-48	1,30	6,86	5,34	2,19	28,88	31,07	93
	517	25	Оч, 0-7		90,48*	3,98	3,03	2,4	8,5	10,9	78
			Th, 7-16		93,92*	4,28	3,37	2,2	10,0	12,2	82
			T, 16-36		95,26*	4,67	3,63	2,0	11,0	13,0	85
			G, 36-58		2,56	4,65	3,93	1,9	12,2	14,1	87

Приложение 18

Структурные связи кислотно-основных свойств в почвах

Таблица 1 – Матрица корреляционной связи свойств почв

Показатель	Высота	Гумус	$pH_{вод}$	$pH_{сол}$	ΔpH	Hг	H^+	Al^{3+}	$Ca^{2+}+Mg^{2+}$	ЕКО
Высота	—									
Гумус	**0,159**	—								
pH вод.	**-0,530**	**-0,326**	—							
pH сол.	**-0,701**	**-0,295**	**0,665**	—						
ΔpH	**-0,294**	**-0,156**	**0,703**	-0,063	—					
Hг	0,116	**0,248**	**-0,376**	**-0,688**	**-0,598**	—				
H^+	**-0,685**	**0,171**	0,027	-0,108	0,127	**0,590**	—			
Al^{3+}	**0,493**	-0,042	**-0,341**	**-0,270**	**-0,221**	**0,215**	-0,038	—		
$Ca^{2+}+Mg^{2+}$	**-0,556**	-0,122	**0,342**	**0,764**	**0,701**	-0,067	0,124	**-0,304**	—	
ЕКО	-0,053	**0,172**	**-0,173**	**-0,153**	-0,087	**0,859**	**0,270**	-0,007	**0,439**	—
V	**-0,343**	-0,089	**0,484**	**0,318**	**0,343**	**-0,885**	-0,020	**-0,367**	**0,766**	-0,011

Примечание: полужирным выделены достоверные коэффициенты корреляции

Таблица 2 – Дисперсионный анализ свойств почв методом k-средних

Высотный ландшафт, пояс	Критерий	Высота	pH солевая	Hг	$Ca^{2+}+Mg^{2+}$
Горно-тундровый	F	215,726	1,630	11,809	22,480
	Уровень начимости	0,000	0,097	0,000	0,000
Подгольцовый (криволесье, редколесье)	F	73,598	1,725	9,572	7,847
	Уровень начимости	0,000	0,197	0,000	0,001
Подгольцовый (луг, парковый лес)	F	842,144	4,862	4,462	7,351
	Уровень начимости	0,000	0,001	0,001	0,000
Горно-лесной (болото)	F	24,200	0,808	63,267	0,331
	Уровень начимости	0,001	0,395	0,000	0,581
Горно-лесной	F	680,592	9,543	24,694	3,630
	Уровень начимости	0,000	0,000	0,000	0,009

Приложение 19

Идентификация таксонов бурозёмов численным методом

Таблица 1 – Анализируемые факторы подтипов буроземов горно-лесного пояса

Код подтипа	Разрез	Горизонт	Гумус, %	Мощ-ть гум гориз., см	pHKCl	Физ. глина, %	V, %	Ил, %
1	34	AY	6,3	9	4,32	29,81	64,6	59,14
1	43	AY	2,8	16	3,67	21,26	24,8	51,74
4	75	AYfg	0,7	17	3,37	31,83	31	68,39
4	38	AY	8,5	12	3,36	22,2	21,5	55,08
4	74	AY	4,6	11	3,21	41,24	39	70,97
3	26	AY_1	6,05	17	3,33	16,8	46,2	53,8
3	26	AY_2	4,65	11	3,37	18,8	47,2	50,76
4	36	AYao	21,45	3	3,32	35,2	29,2	62,45
4	35	AYao	6	10	3,48	37,56	28,4	66,2
1	37	AYao	12,05	3	4,06	13,38	45,4	49,06
1	39	AY_1	5,1	8	4,03	34,2	67,6	68,07
4	83	AYao	2,65	19	3,47	40,02	11	72,58
2	10	AYao	14,9	4	2,9	16,54	37	42,23
2	9	AYao	7,8	5	3,2	25,59	11,81	48,48

Таблица 2 – Матрицы классификации почв горно-лесного пояса

	Percent	G_1:1	G_2:2	G_3:3	G_4:4
G_1:1	100	4	0	0	0
G_2:2	100	0	2	0	0
G_3:3	100	0	0	2	0
G_4:4	100	0	0	0	6
Total	100	4	2	2	6

Таблица 3 – Собственные значения матрицы корреляции основных переменных в почвах горно-лесного пояса

Показатели	Eigenvalue	% Total	Cumulative	Cumulative
	Собственное знач.	% общей дисперсии	Комулятив собст знач	Комулятив., %
сод-е гумуса	2,48	41,36	2,48	41,36
мощ-ь гум гор	1,64	27,41	4,12	68,77
pHKCl	1,25	20,96	5,38	89,74
сод-е физ глина	0,38	6,38	5,76	96,12
насыщен осн-ми	0,19	3,27	5,96	99,40
сод-е ил	0,04	0,59	6,00	100,00

Продолжение приложения 19

Таблица 4 – Факторные координаты переменных на основе корреляции в почвах горно-лесного пояса

Показатели	Factor 1	Factor 2	Factor 3
содержание гумуса	-0,73	-0,10	0,59
мощность гумус. гор.	0,75	-0,19	-0,56
pH KCl	0,12	0,89	-0,05
содержание физ. глина	0,75	-0,03	0,64
насыщенность основаниями	-0,13	0,89	-0,03
содержание ил	0,87	0,12	0,43

Таблица 5 – Апостериорные вероятности в почвах горно-лесного пояса

	Observed	G_1:1	G_2:2	G_3:3	G_4:4
1	G_1:1	1,000000	0,000000	0,000000	0,000000
2	G_1:1	0,883960	0,036665	0,029246	0,050130
3	G_4:4	0,000019	0,006396	0,365402	0,628182
4	G_4:4	0,000351	0,181410	0,086196	0,732042
5	G_4:4	0,000001	0,020040	0,426202	0,553758
6	G_3:3	0,000429	0,004518	0,833679	0,161374
7	G_3:3	0,007067	0,102574	0,856657	0,033701
8	G_4:4	0,000002	0,016156	0,003949	0,979892
9	G_4:4	0,000912	0,090619	0,110996	0,797473
10	G_1:1	0,999965	0,000016	0,000011	0,000008
11	G_1:1	0,995517	0,000006	0,004132	0,000345
12	G_4:4	0,000007	0,001452	0,006642	0,991900
13	G_2:2	0,000000	0,925162	0,057765	0,017073
14	G_2:2	0,000006	0,995205	0,001024	0,003766

Таблица 6 – Анализируемые свойства буроземов подгольцового пояса

№ п/п	Код подтипа	Разрез	Горизонт	Мощ-ть гум гориз., см	Гумус, %	pHKCl	Физ. глина, %	Ил, %	V, %
1	1	1	AY^2	21	3,8	4,2	3,17	30,7	65
2	2	109	AY	10	4,1	3,2	14,73	36,37	30,9
3	3	110	AY	10	0,55	3,66	15,26	37,55	52,74
4	2	22	AY	11	5,1	3,61	22,85	57,96	36,6
5	2	19	AY	9	2,6	3,83	18,68	54,52	18,4
6	2	55	AY	8	3,9	3,14	12,08	29,68	33,6
7	2	60	AY	7	3,02	3,65	11,89	33,63	43,9
8	2	63	AY	10	2,04	3,39	19,73	44,28	38,5
9	1	59	AY^1	19	4,52	3,44	11,09	31,29	45,6
10	3	58	AY^1	23	3,64	3,8	15,55	44,73	15,6
11	3	66	AY	10	4,56	3,98	12,21	33,67	30,7
12	3	62	AY^1	12	2,69	3,75	13,28	26,69	15,4
13	3	61	AYi	19	1,37	3,67	24,25	66,74	9,9
14	4	5	AYao	5	7,9	3,6	11,8	14,6	44
15	4	73	AY	6	4,46	3,85	10,21	36,85	52
16	3	8	AY	13	4,30	3,80	12,23	32,6	37,52

Продолжение приложения 19

Таблица 7– Матрицы классификации почв подгольцового пояса

	Percent	G_1:1	G_2:2	G_3:3	G_4:4
G_1:1	100	2	0	0	0
G_2:2	100	0	6	0	0
G_3:3	100	0	0	6	0
G_4:4	50	0	1	0	1
Total	93,75	2	7	6	1

Таблица 8 – Собственные значения матрицы корреляции основных переменных

Показатели	Eigenvalue	% Total	Cumulative	Cumulative
	Собственное знач.	% общей дисперсии	Комулятив собст знач	Комулятив., %
сод-е гумуса	2,63	43,82	2,62	43,82
мощ-ь гум гор	1,45	24,12	4,07	67,95
pHKCl	0,75	12,63	4,83	80,58
сод-е физ глина	0,63	10,54	5,46	91,13
насыщен осн-ми	0,45	7,56	5,92	98,70
сод-е ил	0,07	1,29	6,00	100,00

Таблица 9 – Факторные координаты переменных на основе корреляции

	Factor 1	Factor 2	Factor 3
мощ-ть гумм. горизонта	-0,29	-0,75	0,27
содержание гумуса	0,62	0,26	0,66
pH KCl	0,17	-0,81	0,07
содержание физ. глина	-0,89	0,32	0,05
содержание ил	-0,89	-0,16	-0,07
насыщен осн-ми	0,74	-0,13	-0,48

Таблица 10 – Апостериорные вероятности в почвах подгольцового пояса

	Observed	G_1:1	G_2:2	G_3:3	G_4:4
1	G_1:1	0,913376	0,010341	0,073978	0,002304
2	G_2:2	0,203230	0,396241	0,395402	0,005128
3	G_3:3	0,042689	0,443372	0,513413	0,000526
4	G_2:2	0,040290	0,739411	0,105444	0,114855
5	G_2:2	0,044686	0,584000	0,366737	0,004577
6	G_2:2	0,269732	0,380046	0,344022	0,006201
7	G_2:2	0,183611	0,522604	0,260625	0,033160
8	G_2:2	0,026175	0,538494	0,434511	0,000820
9	G_1:1	0,498393	0,051821	0,448771	0,001015
10	G_3:3	0,073874	0,012276	0,913827	0,000022
11	G_3:3	0,206884	0,191186	0,461124	0,140806
12	G_3:3	0,023081	0,025420	0,951291	0,000208
13	G_3:3	0,011608	0,127066	0,861322	0,000004
14	G_4:4	0,004852	0,004447	0,003807	0,986894
15	G_4:4	0,174457	0,280459	0,030663	0,514422
16	G_3:3	0,263621	0,147150	0,564477	0,024752

Окончание приложения 19

Таблица 11 – Результаты дисперсионного анализа

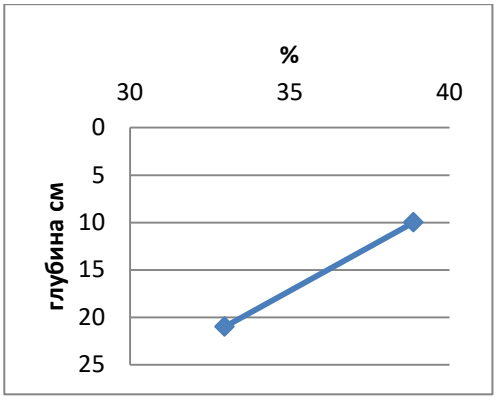
Горно-лесной						
Показатели	Between	Df	Within	Df	F	signif.
Содержание гумуса	24,74	2	366,20	11	0,37	0,69
Мощность гумусового горизонта	30,08	2	353,12	11	0,46	0,63
pHKCl	1,04	2	0,90	11	6,38	0,01
Содержание частиц < 0,01мм	687,43	2	467,89	11	8,08	0,01
Насыщенность основаниями	3106,52	2	712,64	11	23,97	0,0001
Содержание частиц < 0,001 мм	513,20	2	698,85	11	4,038	0,04
Подгольцовый пояс						
Показатели	Between	Df	Within	Df	F	signif.
Содержание гумуса	65,10	2	387,83	13	1,09	0,36
Мощность гумусового горизонта	1,82	2	41,11	13	0,28	0,75
pHKCl	0,13	2	0,98	13	0,87	0,44
Содержание частиц < 0,01мм	229,76	2	171,49	13	8,70	0,003
Насыщенность основаниями	1708,30	2	785,83	13	14,13	0,0005
Содержание частиц < 0,001 мм	2418,45	2	1075,61	13	14,61	0,0004

Таблица 12 – Факторные координаты переменных на основе корреляций

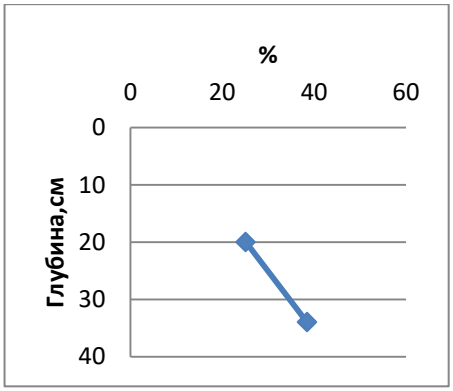
Показатели	ГК:1	ГК:2	ГК:3
горно-лесной пояс			
Содержание гумуса	-0,73	-0,10	0,59
Мощность гумусового горизонта	0,75	-0,19	-0,56
pHKCl	0,19	0,89	-0,05
Содержание частиц < 0,01мм	0,75	-0,03	0,63
Насыщенность основаниями	-0,13	0,89	-0,03
Содержание частиц < 0,001 мм	0,87	0,12	0,43
подгольцовый пояс			
Содержание гумуса	-0,28	-0,75	0,28
Мощность гумусового горизонта	0,62	0,27	0,66
pHKCl	0,17	-0,81	0,07
Содержание частиц < 0,01мм	-0,89	0,32	0,05
Насыщенность основаниями	-0,89	-0,16	-0,07
Содержание частиц < 0,001 мм	0,74	-0,13	-0,48

Приложение 20

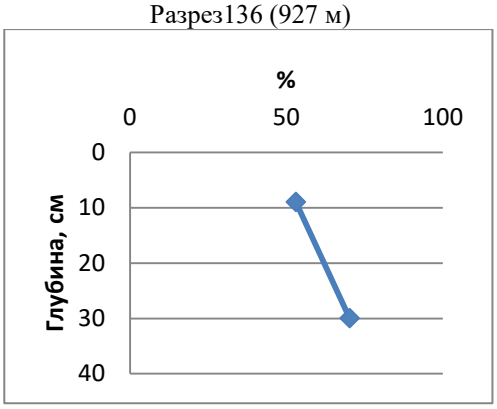
Распределение щебня по профилю альфегумусовых почв



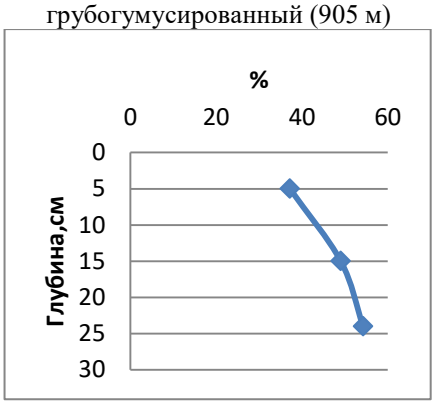
А) Подбур грубогумусированный, Разрез136 (927 м)



Б) Разрез 142 Дерново-подбур грубогумусированный (905 м)

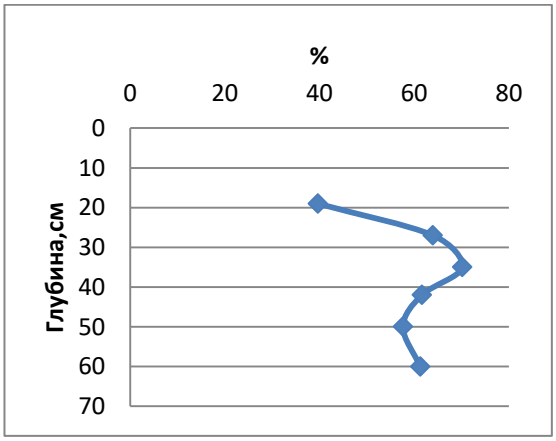


В) Разрез 137 Подбур грубогумусированный (875м)

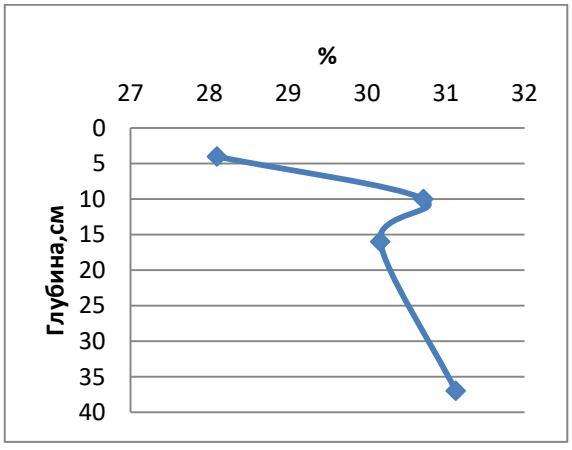


Г) Разрез 103 Подзол грубогумусированный (854м)

Рисунок 1 – Аккумулятивный (А) и регрессивный (Б, В, Г) типы распределения содержания щебнистого материала в почвах



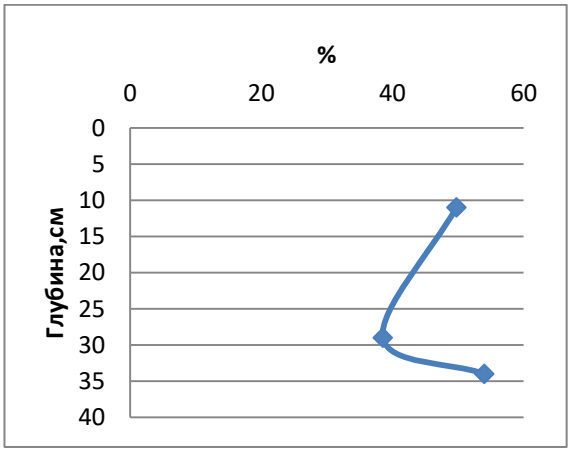
А) Разрез 138 Подбур перегнойный (871 м)



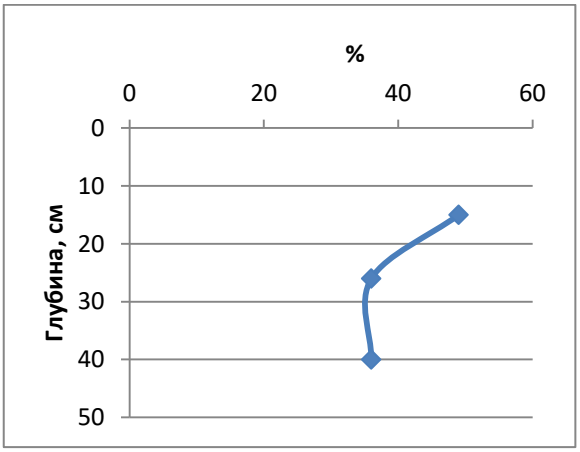
Б) Разрез 140 Дерново-подбур (841 м)

Рисунок 2 – Прогрессивно-элювиально-аккумулятивно-иллювиальный тип распределения содержания щебнистого материала в почвах

Окончание приложения 20

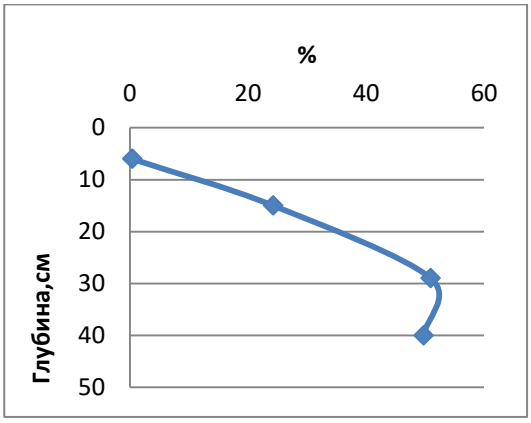


А) Разрез 139, подбур на погребенной серогумусовой почве (823 м)

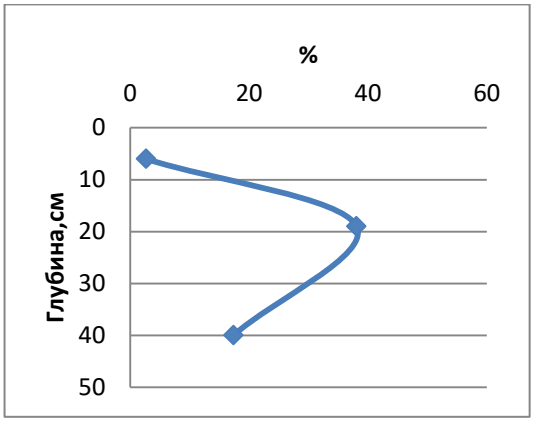


Б) Разрез 134, подбур иллювиально-гумусовый, (811 м)

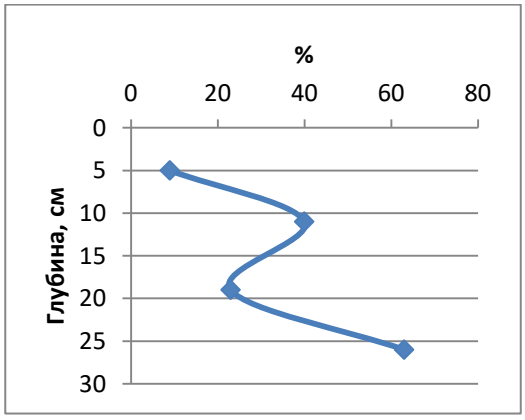
Рисунок 3 – Аккумулятивно-элювиально-иллювиальный тип распределения содержания щебнистого материала в почвах



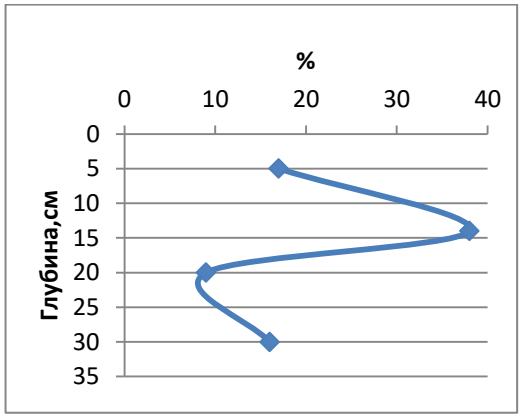
А) Разрез 102 Дерново-подзол грубогумусированный (836 м)



Б) Разрез 101 Подзол грубогумусированный (826 м)



В) Разрез 118 Подзол иллювиально-гумусовый грубогумусированный (756 м)



Г) Разрез 120 Подзол иллювиально-железистый грубогумусированный (745 м)

Рисунок 4 – Типы распределения щебнистого материала в подзолах

Приложение 21

Почвенное разнообразие тундровых и гольцовых ландшафтов

Таблица 1 – Таксономическое разнообразие почв горной тундры

Ствол	Отдел	Тип	Подтип
Первичного почвообразования	Слаборазвитые	Петрозем	Типичный
		Петрозём	Гумусовый
Постлитогенный	Литоземы	Сухоторфяный	-
		Перегнойный	Типичный
		Перегнойный	Перегнойно-торфяный
		Торфяно-литозем	Перегнойно-торфяный
		Серогумусовый	Глинисто-иллювиированный
		Грубогумусовый	Потечно-гумусовый
	Органо-аккумулятивные	Перегнойно-темногумусовые	Элювиированный
	Альфегумусовые	Дерново-подбур	Иллювиально-железистый
			Иллювиально-гумусово-железистый
		Дерново-подзол	Иллювиально-железистый
		Подбур	Иллювиально-гумусово-железистый
			Иллювиально-железистый
			Иллювиально-железистый потёчно-гумусовый
		Подзол	Иллювиально-гумусово-железистый

Таблица 2 – Физико-химические свойства почв горно-тундрового пояса

Разрез, Alt, м	Горизонт, см	pH		мг-экв на 100 г			V,%	Гумус, %	P_2O_5 мг/ кг
		H_2O	KCl	S	$H_г$	ЕКО			
Северная экспозиция, г. Северный Басег									
51, 940	ao 3-10	3,43	2,61	38,8	45,4	84,2	46	8,78	23
	AH 10-28	3,91	3,30	5,5	19,2	24,7	22	5,21	25
	AYel 38-48	4,44	3,42	8,0	15,3	23,3	34	2,74	24
52, 939	H 8-15	3,50	2,86	3,5	164,7	168,2	2	11,43	30
	AH 15-18	3,41	2,85	38,5	46,7	85,2	45	13,19	26
	AY 18-25	3,94	3,41	37,5	30,2	67,7	55	3,89	23
53, 937	H_{Th} 0-4	3,99	3,13	21,0	196,2	217,2	10	22,26	32
	Ah 14-20	4,16	3,73	41,5	13,8	55,3	75	8,04	23
107, 896	AO 1-11	4,00	2,80	19,0	113,2	132,2	14	35,60	-
	Chi 11-19	3,70	2,70	5,6	28,0	33,6	17	6,10	-
103, 854	ao 1-5	4,30	3,60	11,3	51,5	62,7	18	12,10	-
	BF 5-15	3,70	2,80	6,8	10,5	17,3	39	1,20	-
	BHF 15-24	3,80	2,80	6,2	20,6	26,8	23	3,70	-
102, 836	ao 2-6	4,30	3,20	13,0	113,2	126,2	10	22,20	-
	AY 6-15	3,90	3,00	8,4	29,3	37,7	22	7,72	-
	BF 15-29	3,90	3,00	6,0	12,2	18,2	33	1,53	-
	BHF 29-40	4,22	3,21	5,6	23,4	29,0	19	2,34	-
Северная экспозиция, г. Средний Басег									
64, 936	O 3-13	3,72	2,70	10,5	175,0	185,5	6	15,32	31
	T_h 13-25	3,60	2,74	4,0	149,3	153,3	3	14,55	31
65, 920	AY 1-8	4,16	3,26	8,6	10,1	18,7	46	3,30	-
	AYi 8-25	4,48	3,32	7,4	8,9	16,3	45	2,80	-
Южная экспозиция, г. Северный Басег									
13, 950	O 0-15	3,37	2,74	17,0	206,8	223,82	8	33,48	35
14, 930	TJ 10-25	3,73	2,72	13,0	205,0	218,0	6	31,16	31
18, 931	AY 6-24	4,25	3,64	0,7	21,4	22,1	3	6,20	-
	BF 24-41	4,42	3,88	0,2	17,3	17,3	1	2,90	-

Окончание приложения 21

Таблица 3 – Кислотно-основные свойства почв
на восточном склоне, г. Северный Басег

№, Alt, м	Горизонт, см	Собщ %	pH			ммоль/100 г почвы					V, %
			водная	солевая	Δ	Hг	H^+	Al^{3+}	$Ca^{2+}+Mg^{2+}$	ЕКО	
Подбур иллювиально-гумусово-железистый											
136, (927)	ao, 7-10	91,32*	3,83	2,87	0,96	42,9	—	—	1,6	44,5	4
	BH, 10-21	4,29	4,08	3,19	0,89	11,4	0,34	7,63	4,0	15,4	25,9
	BHF, 21-31	1,72	4,17	3,95	0,22	8,2	0,06	7,19	4,4	12,6	34,9
Подбур иллювиально-железистый											
135 (925)	O, 0-4										
	ao,4-8	—	3,7	2,92	0,78	49,2	—	—	1,37	50,6	2,71
	BF, 8-35	1,63	4,06	3,33	0,73	2,9	—	—	1,50	4,4	34,0
	R>35	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Дерново-подбур иллювиально-гумусовый											
142, (905)	O, 4-8	82,13*	3,91	2,89	1,02	31,3	—	—	1,4	32,7	4
	AY, 8-20	4,23	3,98	3,12	0,86	38,9	—	—	0,7	39,6	2
	BH, 20-34	5,02	4,05	3,53	0,52	10,2	—	—	2,4	12,6	19
	BHF, 34-55	1,45	4,08	3,95	0,13	58,9	—	—	3,0	61,9	4,8
Подбур иллювиально-железистый потёчно-гумусовый											
137, (875)	O, 4-9	92,64*	3,64	2,84	0,80	44,9	—	—	1,8	46,7	4
	BF, 9-30	1,99	3,76	2,91	0,85	11,4	—	—	5,2	16,6	31
	BFh, 30-42	2,35	4,03	3,39	0,64	27,9	—	—	8,0	19,9	40,2
Подзол грубогумусированный											
103, (854)	ao, 0-5	12,12	4,32	3,63	0,70	51,5	—	—	11,3	62,8	18
	E, 5-15	1,21	3,71	2,81	0,90	25,6	—	—	0,5	26,1	2
	BHF, 15-24	3,72	3,82	2,82	1,00	21,0	—	—	0,3	21,3	1
Дерново-подбур иллювиально-гумусовый											
140, (841)	AY, 4-10	1,37	4,17	3,19	0,98	10,5	0,16	2,32	4,4	14,9	30
	BHF, 10-16	4,06	4,14	3,27	0,87	29,1	0,18	6,11	10,6	18,5	57
	BF, 16-37	1,39	4,16	3,87	0,29	8,2	0,01	3,59	4,4	12,6	35
	BC, 37-52	0,69	4,34	4,14	0,20	7,7	0,01	1,79	0,3	8,0	4
Дерново-подзол грубогумусированный											
102, (836)	ao, 0-6	12,88*	4,32	3,22	1,10	113,2	—	—	13,0	126,2	10
	AY, 6-15	4,48	3,90	3,00	0,90	29,3	—	—	8,4	37,7	22
	E, 15-29	0,89	3,91	3,01	0,90	17,3	—	—	0,2	17,3	1
	BF, 29-40	1,36	4,21	3,21	1,00	13,1	—	—	0,2	13,3	2
Подбур на серогумусовойэлювиированной почве											
139, (823)	ay, 9-11	85,00*	3,71	2,85	0,86	33,5	—	—	1,4	34,9	4
	BH, 11-29	1,77	4,18	3,14	1,04	13,8	0,28	3,52	0,4	14,2	3
	[ay], 29-34	10,04	4,21	3,32	0,89	52,2	2,61	11,71	0,5	52,7	1
	[AYel], 34-63	1,13	4,55	4,01	0,54	11,0	0,04	2,76	0,2	11,2	2

Приложение 22

Почвенное разнобразие подгольцового пояса

Таблица 1 – Систематический список почв подгольцового пояса

Отдел	Тип	Подтип
Литоземы	Литозем серогумосвый	Глинисто-иллювилированный
	Литозем темногумусовый	Ожелезненный
		Типичный
	Перегнойно-темногумусовый	Типичный
	Глееватый	Типичный
Структурно-метаморфические	Бурозем типичный	Элювилированный
		Глинсто-иллювилированный
		Глееватый ожелезненный
		Ожелезненный
		Грубогумусированный
	Бурозем темногумусовый	Глинисто-иллювилированный
		Ожелезненный
	Бурозем грубогумусовый	Ожелезненный
Органо-аккумулятивные	Серогумусовая	Метаморфизированная
		Элювилированная
		Глинисто-иллювилированная
		Ожелезненная
		Глееватая
		Типичная
		Грубогумусированная
	Темногумусовая	Метаморфизированная
Альфегумусовые	Подзол	Иллювиально-гумусовый
		Иллювиально-железистый
	Сухоторфяно-подзол	Иллювиально-железистый
Глеевые	Глеезём	Грубогумусированный
	Торфяно-глеезём	-
	Перегнойно-глеевая	Грубогумусированная
		Ожелезненная
Торфяные	Торфяная олиготрофная глеевая	Иловато-торфяная
		Оруденелая
	Торфяная олиготрофная	Остаточно-эутрофные
Слаборазвитые	Петрозёмы	-
	Петрозёмы гумусовые	-

Окончание приложения 22

Таблица 2 – Интенсивность накопления - снижения содержания гумуса в профиле почв подгольцового пояса

Разрез	Высота н.у.м.,м	Мощность профиля, м	Гумус	Коэффициент регрессии (R)	Уравнение регрессии
54	755	0,02	8,09	-0,050	y= -0,050x+0,417
	755	0,17	4,15		
	755	0,34	1,98		
5	700	0,04	7,90	-0,062	y= -0,062x+0,512
	700	0,15	4,90		
	700	0,33	3,60		
6	750	0,22	4,90	-0,096	y= -0,096+0,693
	750	0,21	5,00		
61	646	0,02	7,71	-0,437	y= -0,437x+3,514
	646	0,20	7,46		
	646	0,39	7,55		
	646	0,60	6,62		
62	641	0,04	6,00	0,032	y=0,032x+0,187
	641	0,15	2,22		
	641	0,32	4,15		
	641	0,52	5,47		
	641	0,65	4,88		
58	597	0,02	7,14	-0,074	y= -0,074x+0,650
	597	0,25	4,95		
	597	0,34	6,21		
	597	0,47	2,26		
60	589	0,03	5,69	-0,029	y= -0,029x+0,393
	589	0,10	4,24		
	589	0,28	1,02		
	589	0,40	5,72		
	589	0,56	3,29		

Приложение 23

Почвенное разнообразие почв горно-лесного пояса

Таблица 1 – Условия формирования почв в низкогорных ландшафтах горно-лесного пояса

КП	Разрез	Alt., м	Э	К	Р	МП	Профиль	Почва
1	80	319	Ю-З	1,5	Ель, пихта, рябина, кислица, зеленые мхи	65	O-AY-AYg-BM-C	Бурозем глееватый
2	82	382	Ю-З	1,5	Ель, пихта, береза, черника, княженика	48	O-AYao-Gf-CGf	Глеезем ожелезненный
	85	402	С-З	5	Вторичный елово-мелколиственный лес, подрост ели, ива, единично мятлики, вейник, куртинки зеленых мнов.	80	O-AY-BM-C	Бурозем типичный
	83	420	З	3-5	Ель, пихта, щитовник, голокучник трехраздельный, кислица, мох	60	O-AYao-BMel-C	Бурозем грубогумусовый элювиированный
3	74	418	Ю-В	3	Ель, береза (вторичный лес), ива, кипрей, герань лесная, звездчатка жестколистная	55	O-AY-BMel- BMi -C	Бурозем элювииированный
	75	419	В	2-3	Коренная елово-пихтовая тайга с примесью березы и рябины, малина, голокучник трехраздельный, вейник, фиалка, болотная, седмичник европейский, зеленые мхи.	65	O-AYg-AYg,f-BMf-Chi	Бурозем глееватый ожелезненный
	76	425	Ю	2	Вторичный березово-осиновый лес, малина, вейник, щитовник		O-AY-AYel-Chi	Литозем потечно-гумусовый

Примечание: КП – ключевая площадка; Э – экспозиция склона; К – крутизна в градусах; Р – растительность; МП – мощность профиля, см;

Продолжение приложения 23

Таблица 2 – Систематический список почв горно-лесного пояса

Отдел	Тип	Подтип
Структурно-метаморфические	Бурозём типичный	Грубогумусированный
		Глинисто-иллювиированный
		Глеевато-ожелезнённый
	Бурозём грубогумусовый	Элювиированный
		Глееватый
		Перегнойный
		Ожелезнённый
Литозёмы	Литозём серогумусный	Грубогумусированный
		Потёчно-гумусовый
		Ожелезнённый
	Литозём грубогумусовый	Ожелезненный
Глеевые	Глеезём	Ожелезнённый
Слаборазвитые	Петрозём гумусовый	Глееватый
		Ожелезненный
	Петрозем	Типичный
Аллювиальные	Аллювиальная гумусовая глеевая	Элювиированная ожелезненно-оруденелая

Таблица 3 – Физико-химические свойства почв горно-лесного пояса

Номер разреза	Горизонт, глубина, см	Гумус, %	pH_{KCl}	pH_{H2O}	ммоль/ 100 г почвы			V, %
					Нг	S	ЕКО	
1 ключевая площадка, alt 319 м								
80	AY, 3-10	2,84	3,32	4,22	22,75	5,05	27,80	18
	AY_g, 10-39	2,90	3,59	4,73	21,22	3,40	24,62	14
	BM, 39-65	0,01	3,55	4,59	21,88	7,05	28,93	24
2 ключевая площадка, alt 382-420 м								
82	AY_{ao}, 10-17	3,50	3,32	4,35	15,31	8,10	23,41	35
	G_f, 17-37	0,83	4,65	5,73	7,88	27,55	35,43	78
	CG_f, 37-48	1,30	5,34	6,86	2,19	28,88	31,07	93
85	AY, 2-37	2,44	3,70	4,44	18,27	3,68	21,95	17
	BM, 37-80	1,60	3,83	5,17	15,31	5,63	20,94	27
83	AYao, 7-26	2,65	3,47	3,95	23,63	3,05	26,68	11
	BMel, 26-46	0,91	3,69	4,76	18,38	3,75	21,61	15
	C, 46-60	0,01	3,67	4,51	18,16	3,75	21,91	17
3 ключевая площадка, alt 418-425 м								
74	AY, 6-18	4,60	3,21	4,41	21,22	13,43	34,65	39
	BM_{el},18-26	1,60	3,06	4,62	21,88	12,58	34,46	37
	C, 26-50	0,48	3,22	5,13	12,91	8,05	20,96	38
75	AY_g, 5-21	1,80	3,29	4,91	20,42	5,05	25,47	20
	$AY_{f,g}$, 21-38	0,70	3,37	4,93	15,31	6,98	22,29	31
	BM_f, 38-47	1,11	3,20	4,33	10,28	8,88	19,16	46
	$C_{h,i}$, 47-65	1,40	3,30	4,86	14,66	7,55	22,21	34
76	AY, 6-18	5,02	3,02	4,02	25,16	5,30	30,46	17
	AY_{el}, 18-30	1,66	3,38	3,88	17,94	3,50	21,44	16
	Chi, 30-45	3,60	3,75	4,76	30,19	2,88	33,07	9

Окончание приложения 23

Таблица 4 – Содержание подвижного алюминия и обменного водорода

Номер разреза	Горизонт, глубина, см	$H_{об}$	H^+	Al^{3+}
		Ммоль/100г почвы		
1 ключевая площадка, alt - 319 м				
80	AY_1, 3-10	6,98	5,69	1,30
	AY_2, 10-39	10,68	7,95	2,73
	BM, 39-65	12,53	8,03	4,50
2 ключевая площадка, alt - 382-420 м				
82	AY_{ao}, 10-17	4,70	1,23	3,47
	G_f, 17-37	5,14	1,46	3,68
	CG_f, 37-48	5,38	1,69	3,69
85	AY, 2-37	7,83	4,92	2,91
	BM, 37-80	8,34	5,19	3,15
83	AY, 7-26	10,55	7,06	3,49
	BM, 26-46	11,12	5,73	5,39
	C, 46-60	7,31	3,99	3,32
3 ключевая площадка, alt - 418-425 м				
74	AY, 6-17,5	6,12	3,43	2,69
	BM_{el}, 17,5-26	8,36	5,02	3,34
	BM_i, 26-50	5,13	2,67	2,46
75	AY_g, 5-21	6,09	4,13	1,96
	$AY_{f,g}$, 21-38	6,89	5,05	1,84
	BM_f, 38-47	6,34	0,41	5,93
	$C_{h,i}$, 47-65	5,44	1,67	3,77
76	AY, 6-18	10,86	8,82	2,04
	AY_{el}, 18-30	10,85	10,12	0,74
	Ch, 30-45	7,47	4,49	2,98