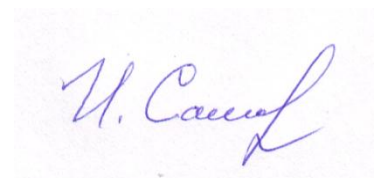


На правах рукописи



САМОФАЛОВА Ираида Алексеевна

**ПРОСТРАНСТВЕННО-СТРУКТУРНАЯ ОРГАНИЗАЦИЯ
ПОЧВЕННОГО ПОКРОВА
ЗАПАДНОГО МАКРОСКЛОНА СРЕДНЕГО УРАЛА**

Специальность 1.5.19 – Почвоведение

АВТОРЕФЕРАТ

диссертации на соискание ученой степени
доктора биологических наук

Пермь – 2023

Работа выполнена в Федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего образования «Пермский государственный аграрно-технологический университет имени академика Д.Н. Прянишникова»

Научный консультант: *Трифорова Татьяна Анатольевна*, доктор биологических наук, профессор, ФГБОУ ВО «Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова», заслуженный деятель науки РФ

Официальные оппоненты: *Бадмаев Нимажпан Баяржапович*, доктор биологических наук, заместитель директора по научной работе, заведующий лабораторией географии и экологии почв ФГБУН «Институт общей и экспериментальной биологии СО РАН»,

Шамрикова Елена Вячеславовна, доктор биологических наук, доцент, ведущий научный сотрудник отдела почвоведения, Институт биологии ФИЦ Коми научного центра УрО РАН,

Дюкарев Анатолий Григорьевич, доктор географических наук, доцент, главный научный сотрудник лаборатории мониторинга лесных экосистем ФГБУН «Институт мониторинга климатических и экологических систем СО РАН»,

Ведущая организация: Институт биологических проблем криолитозоны СО РАН – обособленное подразделение ФГБУН Федеральный исследовательский центр «Якутский научный центр СО РАН».

Защита состоится 24 октября 2023 г. в 10 час. 00 мин. на заседании диссертационного совета 24.1.094.01, при ФГБУН Институт почвоведения и агрохимии СО РАН по адресу: 630090, г. Новосибирск, пр-т Ак. Лаврентьева, 8/2, ИПА СО РАН; тел./факс (383) 363-90-25; e-mail: soil@issa-siberia.ru.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке и на сайте ИПА СО РАН <https://www.issa-siberia.ru> и на официальном сайте ВАК Министерства науки и высшего образования Российской Федерации

Автореферат разослан

Ученый секретарь диссертационного совета,
к.б.н.

 Гуркова Е.А.

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

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 обуславливают 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 Н.Л. 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 гг. 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 образует 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 – важная 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 склона 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 гг.) 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 макросклона 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», «Статистические методы в почвоведении», «Структура почвенного покрова» 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: Пушино, 2010; Иркутск, 2011; Igdir, Izmir (Turkey), Баку (Азербайджан), 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; Пушино, 2016, 2020; Пермь,

2016, 2017, 2018, 2019, 2020 (ПГАТУ); Казань, 2018; Москва, 2019; Красноярск 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; соавторам и магистрам, которые при совместных исследованиях способствовали выполнению данной работы. Автор искренне благодарен сотрудникам ФГБУ «Государственный заповедник «Басеги»: Наумкину Д.В., Кульковой Л.В., Зенковой Н.А. за помощь в организации и осуществлении экспедиционных работ на территории заповедника. Моя признательность сотрудникам из научных учреждений: Почвенного института им. В.В. Докучаева, зав. отделом химии и физико-химии почв, к.с.-х.н., Роговой О.Б.; института географии РАН, ведущему научному сотруднику отдела географии и эволюции почв, д.г.н., Гольевой А.А.; Казанского федерального университета, профессору, д.г.-м.н., Сунгатуллину Р.Х. за помощь, поддержку, возможность всестороннего обсуждения результатов исследования, ценные советы и конструктивные замечания. Глубокая благодарность моим друзьям и родным за эмоциональную и психологическую поддержку.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ ДИССЕРТАЦИОННОЙ РАБОТЫ

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

В главе изложены материалы о потребностях изучения почвенного покрова гор, места и роли почвенного покрова в современной экологии, обществе, для сохранения биоразнообразия. Представлен краткий аналитический обзор изученности почвенного покрова горных территорий.

ГЛАВА 2. ПРИНЦИПЫ, ПОДХОДЫ И МЕТОДОЛОГИЯ ИССЛЕДОВАНИЙ

В главе изложены научно-методологические подходы исследования почвенного покрова в горных системах, принципы и методы, показатели и параметры.

ГЛАВА 3. ВЫБОР ТЕРРИТОРИИ ИССЛЕДОВАНИЯ И ХАРАКТЕРИСТИКА УСЛОВИЙ ПОЧВООБРАЗОВАНИЯ

3.1 Регион исследования. Средний Урал, как физико-географическая область Урала – самый неизученный среди всех горных систем РФ с позиций современных знаний и достижений в науке о почвах. Отсутствие современной информации по почвам Среднего Урала не дает представления о разнообразии и пестроте ПП, а также закономерности его пространственной организации.

3.2 Изучение почвенного покрова Среднего Урала. Кратко представлена история изучения почвенного покрова Среднего Урала.

3.3 Объекты и методы исследования – геосистемы Среднего Урала, представленные почвенным покровом высотных ландшафтов и литоводосборными бассейнами рек (ЛВБ). Исследования проводили в пределах ненарушенной части Среднего Урала – хребта Басеги, который включён в состав «Государственного заповедника «Басеги».

Для изучения ПП заложены почвенные разрезы на различных элементах рельефа в наиболее типичных биогеоценозах в высотных ландшафтах: горная тундра (821-940 м н.у.м.) – криволесье (715-816 м н.у.м.) – луговое разнотравье (субальпийские луга, 600-736 м н.у.м.) – горное болото (492-578 м) – парковое редколесье (557-655 м н.у.м.) – горная тайга (горно-лесной пояс, 315-590 м н.у.м.). Для характеристики ПП использованы данные автора за 2009-2020 гг. (159 разрезов, в аналитических исследованиях участвовало 116 разрезов). Использовали классификацию почв России (2004, 2008). Ключевые участки: склоны южной, западной и восточной экспозиций, катена в бассейне реки Малый Басег, постоянные фенологические площадки.

Использованы методы: морфологический, профильный, сравнительно-географический, лабораторно-аналитический, ландшафтно-геохимический, расчетно-графический, статистические, моделирования, информационно-логический, ГИС. Исходные материалы: топографические карты Генштаба масштаба 1: 25 000, подготовленные с помощью навигационной программы SAS-Planet, Яндекс-карты, OSM карты; космические снимки 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 топокарт; почвенные разрезы за 2009-2020 гг. по морфологическим и аналитическим данным.

3.4 Природные условия почвообразования на Среднем Урале. Хребет приурочен к полосе устойчивых к выветриванию самых древних пород на территории Среднего Урала (кварцевые, слюдисто-кварцевые, полевошпатно-кварцевые разновидности) [Летопись природы, 1996]. Басеги – это низкогорье Среднего Урала, вытянут в меридиональном направлении: Северный Басег

(951,9 м), Средний Басег (994,7 м), Южный Басег (850 м). Умеренный климатический пояс, климат континентальный, типично горный [Леушина, 2012], осадков 800 мм. Выражены горнолесной, подгольцовый, горно-тундровый пояса [Горчаковский, 1975] и три подпояса подгольцового (субальпийского) пояса (парковое редколесье, криволесье, субальпийские луга) [Горчаковский, 1975, Летопись природы, 1996].

ГЛАВА 4. БАСЕЙНОВЫЙ ПОДХОД И ВЛИЯНИЕ БАСЕЙНОВОЙ ОРГАНИЗАЦИИ ТЕРРИТОРИИ НА ФОРМИРОВАНИЕ ВЫСОТНОЙ ПОЯСНОСТИ

4.1 Морфометрический анализ рельефа. На денудационные морфотипы рельефа (низкогорье – 500–1000 м, мелкогорье и останцово-педиментный уровень – до 500 м) накладываются процессы высотно-поясного, склонового, долинного ландшафтогенезов. Характерен асимметричный профиль и платообразные поверхности (высота н.у.м. от 700 до 850 м), над которой возвышаются обнаженные вершинные гребни. Склоны гор прямые, ступенчатые, с поверхностями выравнивания, увеличение крутизны постепенное, переход от подножий к склонам не выражен резко. Природно-зональные и высотно-орографические условия способствуют формированию высотных поясов.

4.2 Бассейновая организация территории и морфометрический анализ бассейнов рек. Хребет дренирует 18 рек: крупные – Усьва, Вильва, 16 малых. Выделены литоводосборные бассейны (ЛВБ) рек IV порядка по отношению к р. Каме. В западной части формируются ЛВБ в форме дубового листа, в восточной – в виде лопасти. Морфометрические характеристики ЛВБ рек (средние площади элементов структурной организации бассейнов) достоверно различаются в зависимости от экспозиции склонов. В пересчете на доленое участие образуются соотношения элементов структуры бассейнов рек (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. Таким образом, западные склоны хребта характеризуются большей площадью склоновых поверхностей бассейнов, что подтверждает более активное бассейнообразование, чем на восточных склонах.

4.3 Анализ информационных связей и взаимодействие вертикальных и горизонтальных геосистем. Совмещение карт растительного покрова и элементов структуры ЛВБ демонстрирует закономерную смену растительных формаций. На склонах западной экспозиции связь между растительными ассоциациями и структурными элементами ЛВБ достоверна, а на восточных – зависимость не подтверждается. В менее выработанных восточных бассейнах растительные ассоциации находятся в более интенсивном перемещении. Обилие растительности приурочено к горно-таежным лесам и лугам с плотным растительным покровом. Разреженная растительность отмечается на крутых склонах и местах, где она находится в начальной стадии формирования. Границы существования типа растительности в определённых условиях высоты размыты, но для каждой группировки выделяется наиболее благоприятный интервал высот для развития. Найдены вероятные специфические состояния (растительность, элементы ЛВБ, почвы) для различных состояний изучаемых

факторов (морфометрические характеристики рельефа). По усилению степени влияния на условия произрастания растительности и ее изменения в пространстве, изучаемые факторы образовали ряд: экспозиция склонов <элементы ЛВБ <крутизна <высота м н.у.м.

4.4 Типизация геосистем бассейнов рек. Для количественной оценки вклада рельефа в функционирование ЛВБ использованы морфометрические характеристики и проведена кластеризация бассейнов (рис. 1). Определились 4 кластера по близким условиям формирования (рис. 2). Восточные геосистемы бассейнов рек отличаются от западных меньшим перепадом высот, но максимальной средней высотой бассейна. Северо-западная и северо-восточная группы ЛВБ рек 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 геосистемах уклон больше) и показателю округлости (наибольший для северных геосистем – 0,36-0,39).

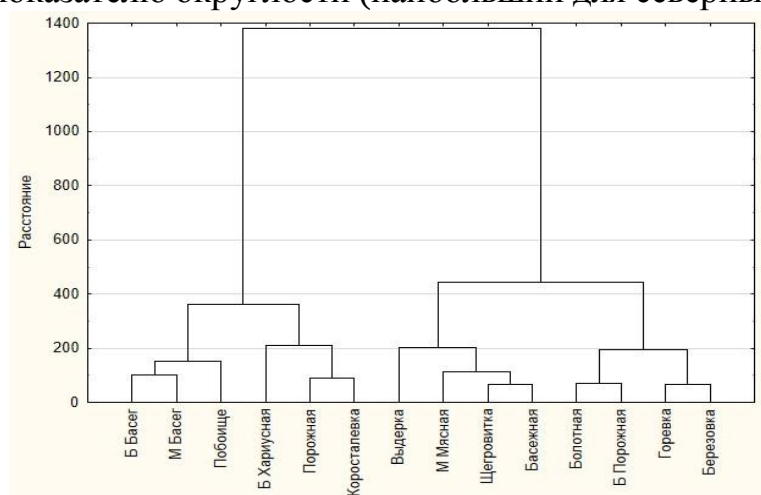


Рисунок 1 – Кластеризация бассейнов рек по морфометрическим показателям

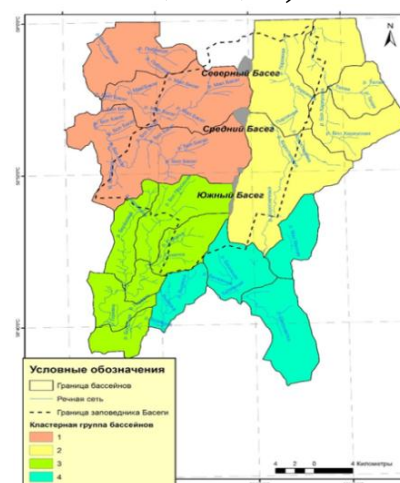


Рисунок 2 – Геосистемы бассейнов рек хребта Басеги

Выделяются два показателя (средняя высота бассейна, средний уклон бассейна), влияющие на развитие и формирование бассейнов рек, как в меридиональном, так и в широтном аспектах, и как следствие этого, обуславливающие изменение высотной поясности и почвенного покрова в пространстве в пределах бассейнов рек. Определены специфичные состояния условий формирования бассейнов рек. Изменение геологических пород в пространстве диктует и изменение рельефа, что позволяет констатировать связь эндогенных и экзогенных процессов, в рамках которых, развивается водосборный бассейн.

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

5.1 Диагностика профилеобразующих процессов и развитие почв. Морфологически по основным диагностическим горизонтам определены почвы отделов: слаборазвитые, альфегумусовые, структурно-метаморфические,

органно-аккумулятивные, литозёмы, глеевые, торфяные, аллювиальные. Выявлена тесная связь между мощностью профиля и типом почв с высокой информативностью ($T=1,26$) и высоким коэффициентом передачи каналов связи ($K=0,63$). В почвах встречаются генетические признаки: *g* – глееватый; *ao* – грубогумусированный; *h* – перегнойный; *el* – элювиированный; *f* – ожелезненный; *m* – метаморфизированный; *i* – глинисто-иллювиированный; *cf* – криогенно-ожелезненный. Максимальное разнообразие генетических признаков характерно для почв отделов: *структурно-метаморфические, органно-аккумулятивные*. Отмечена тесная связь между принадлежностью типов почв и генетическими признаками. Определены морфологические особенности почв. Составлен систематический список почв (26 типов почв).

5.2 Диагностика генезиса почв по морфологии профиля. 5.2.1 Распределение щебня. Содержание щебня в почвах варьирует в широких пределах и по классификации разновидностей по содержанию камней и щебня являются не каменистыми, слабо-, средне-, сильно-скелетными. Установлена зависимость между средневзвешенным содержанием щебня каждой фракции и высотой местности: слабая для щебня средних размеров, обратная средняя для фракции крупного щебня и сильная для фракции мелкого щебня ($r=0,88$).

Определены пути генезиса горных почв на основе распределения щебнистой части: 1) развитие профиля вглубь, 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 подпою паркового редколесья – преобладает 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 ПП горной территории, различное соотношение и проявление процессов выветривания и почвообразования.

5.2.2 Окраска почв как отражение горизонтообразующих процессов. Определена теснота связи между диагностическими характеристиками типов почв и их цветом в гумусовых горизонтах. Общая информативность – высокая (0,35 Бит), как и теснота связи ($K=0,25$). Разнообразие окраски диагностических

горизонтов в почвах отражает их генезис и косвенно указывает на сочетание различных элементарных процессов почвообразования.

5.2.3 Биоморфный анализ почв. Состав микробиоморфных фракций не характерен для автоморфных почв луговых полей (587-641 м н.у.м.) и больше типичен для почв гидроморфных позиций. Возможно, луга на нижнем уровне подгольцового пояса являются реликтовыми долинами рек.

ГЛАВА 6. ПОЧВЕННО-ГЕОМОРФОЛОГИЧЕСКИЕ ЗАКОНОМЕРНОСТИ ФОРМИРОВАНИЯ СВОЙСТВ ПОЧВ

6.1 Гранулометрический состав. Гранулометрический состав (ГС) почв закономерно изменяется в пространстве от супесчаной разновидности в тундре до глинистой разновидности в горной тайге. С помощью вероятностных характеристик ГС установлено, что в почвах интенсивно протекают процессы трансформации, переноса и локализации тонкодисперсного материала и преобладает содержание среднedisперсных и грубодисперсных частиц различной отсортированности и зернистости. Процессы гипергенного разрушения и перераспределения первичных пород в большей степени проявляются на высоте 300-700 м. Формирование профиля почвы зависит от наличия глинных компонентов. Причем, в гумусовых горизонтах почв, дополнительно и от зернистости песчаных компонентов, а в почво-элювии – от степени дисперсности глинных компонентов.

Установлены структурные формулы ГС (соотношение песчаная-крупнопылеватая-пылеватая-илистая) для почв внутри каждого высотного пояса: горная тайга 19-25-**30**-26; парковое редколесье и луговые поляны **27-27-28**-17; криволесье **39**-24-24-13; горная тундра **46**-18-21-15. Центральные значения структурных формул наиболее «точно» соответствуют среднему уровню сочетания факторов почвообразования, а другие значения отражают локальные колебания факторов. Связь между высотой местности и средневзвешенным содержанием фракций ослабевает с понижением высоты. Наиболее информативный показатель по тесноте взаимосвязи с высотой местности – содержание песчаной фракции. Определена условная граница на высоте 700 м н.у.м., где происходят резкие изменения гранулометрии почв, диагностирующие смену ЭПП. Выявлена пространственная литологическая неоднородность ГС почв, что указывает на разновозрастность ландшафтов и почв, полигенетичность профилей.

6.2 Магнитная восприимчивость. Показания объемной магнитной восприимчивости (МВ) не высокие ($0,01-1,8 \cdot 10^{-5}$ СИ). По приросту МВ исследуемые почвы хорошо различаются на уровне отдела, типа и подтипа.

6.3 Химический состав почв. Установлено изменение макроэлементного состава почв с развитием процессов почвообразования. Аккумуляция Si наблюдается только в почвах на высоте > 700 м н.у.м., где активны элементы, входящие в состав силикатов и алюмосиликатов.

Энтропия (S) химического состава (ХС) почв демонстрирует дифференциацию профиля почв в тундре и криволесье, что подтверждает проявление альфегумусового и подзолистого процессов на высотах > 700 м н.у.м. В бурозёмах паркового редколесья и горной тайги отмечается слабая

дифференциация по ХС. Профиль серогумусовых по *S* более однороден. Установлена зависимость *S* от содержания железа и щелочных и щелочноземельных металлов, Ti, Mn. Энтропия ХС почв ниже *S* литосферы, что указывает на проявление горизонтообразующих и профилеобразующих процессов. Соотношение процессов выветривания и почвообразования по изменению *S* в горных почвах приводит к формированию разных типов профилей: метаморфический; аккумулятивный, элювиально-метаморфический; элювиально-иллювиально-метаморфический; полигенетичный.

Определены геохимические показатели диагностики процессов физического и химического выветривания, почвообразования. Установлены эволюционно-генетические особенности почв и их геохимическая неоднородность. Выявлен природный рубеж проявления неоднородности: в почвах на высоте >700 м преобладает физическое выветривание и высокое содержание обломков, а в почвах формирующихся < 700 м н.у.м. преобладают процессы химического выветривания с разной проработанностью минерального состава почв. Определен ряд типов почв по усилению химического изменения и степени выветрелости: *подзол* < *серогумусовая* < *бурозем глинисто-иллювиальный и элювиальный* < *глеезем* < *бурозем глееватый* < *дерново-подбур* < *бурозем грубогумусированный* < *бурозем ожелезненный*.

6.4 *Органическая часть почв.* Почвенно-геоморфологические закономерности органической части почв заключаются в увеличении мощности горизонта АУ и падении содержания гумуса в нем с увеличением угла наклона ($r = -0.6$); постепенном убывании гумуса с глубиной в профилях; на высоких позициях содержание *Собщ* выше; в большем накоплении (в 2,3 раза) *Слов* в почвах на высоте >700 м; в тесной связи между высотно-растительными условиями и содержанием $C_{H_2SO_4}$, *Слов*, *Собщ*. По снижению информативности показателей получен ряд: $C_{H_2SO_4} > Слов > Собщ > Свод > Скип$. Определены вероятные специфичные состояния форм углерода в почвах. Значительные различия отмечаются по содержанию *Слов* и $C_{H_2SO_4}$. Высотно-растительные условия влияют на количественное содержание подвижных форм *C* в почвах, но не оказывают существенного влияния на изменения соотношений форм углерода в составе органического вещества. По накоплению гумусовых веществ построен ряд по убыванию: *структурно-метаморфические* > *литоземы* > *органо-аккумулятивные* > *глеевые* > *альфегумусовые*.

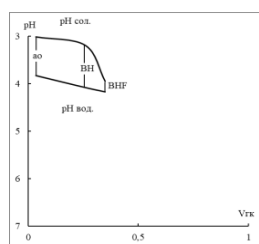
6.5 *Кисотно-основные свойства почв.* Почвы по емкости катионного обмена образуют ряд (по убыванию): *глеевые* > *органо-аккумулятивные* > *структурно-метаморфические*, *альфегумусовые*, *литоземы*. Потенциальная кислотность в почвах варьирует в диапазоне 1,5-206,8 мг-экв./100 г почвы с максимумом варьирования в почвах с наибольшей возможностью накопления грубого органического вещества – *литоземы*, *альфегумусовые*. Наименьшие значения характерны для *глеевых* и *серогумусовых* почв.

Определены статистически значимые дискриминаторы диагностических горизонтов: высота залегания почв, содержание обменных оснований, обменная кислотность. Вклад первого показателя более мощный. Определены

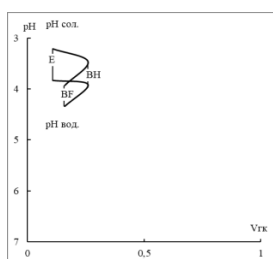
дискриминантные функции классификации диагностических горизонтов.

Интерпретации влияния кислотно-основных свойств на формирование почв в высотных ландшафтах проведена в соответствии с концепцией кислотного следа почвообразования (КСП) путём создания V-диаграмм [Кокотов, 1981; Кокотов, Сухачева, Апарин, 2014; 2016]. Кислотный след рассмотрен по типам почв с учётом высотных условий формирования, экспозиции склонов хребта (рис. 3). Выявлены типовые и индивидуальные различия почв по природе кислотности и локальные проявления почвообразования, отражая особенности протекшего в ней почвообразовательного процесса в поле кислотности.

Криволесье, горная тундра



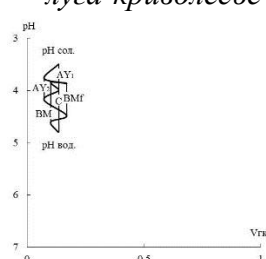
р. 136. Подбур (927)



р. 118. Подзол (756)

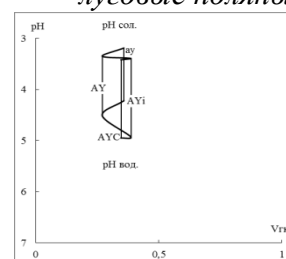
Подгольцовый пояс,

луга-криволесье



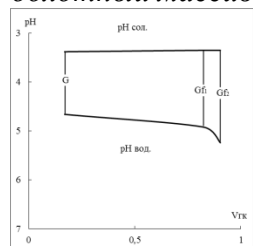
Р. 32. Бурзем
ожеженный, (691)

луговые поляны



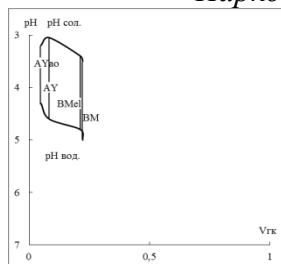
р. 63. Серогумусовая
(635)

*Парковый лес,
болотный массив*

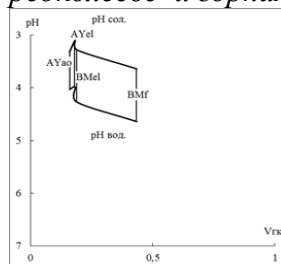


р. 24. Глеезем
ожеженный
(518)

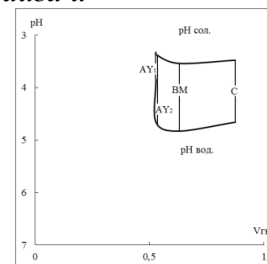
Парковое редколесье и горная тайга и



р. 9. Бурзем
грубогумусированный
элювируемый
(420)



р. 36. Бурзем
элювируемый
ожеженный
(347)



р. 26. Бурзем
глинисто-
иллювируемый
(315)

Рисунок 3 – Кислотный след почвообразования в почвах

Дендрограммы сходства диагностических горизонтов типов почв по значениям показателей кислотности (pH_{KCl} , H_g , $\text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+}$) и абсолютной высоте местности внутри высотных ландшафтов демонстрируют разделение горизонтов на кластеры по высотным условиям формирования, а затем, по генетическим признакам и типам почв отделов. Таким образом, 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

7.1 Топографический профиль и характеристика состава почвенного покрова ключевого участка. Топографический профиль ключевого участка

характеризуется общим перепадом высот 600 м, уклон изменяется от 1 до 35°. ПП последовательно меняется с учётом высоты местности, растительности и формы элементов ЛВБ. В пределах топографического профиля сформировались разные почвы в экотонах: лес – болотный массив – парковый лес – луг – криволесье – тундра. 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. Бурозёмы формируют ареалы под различными растительными биоценозами с высоты 315 м до 820 м н.у.м. Провинциальные особенности свойств бурозёмов проявляются утяжелении ГС с понижением высоты; в наличии кислотных геохимических барьеров между гумусовыми и структурно-метаморфическими горизонтами в профиле; в более кислой структурно-метаморфической части профиля; в большей насыщенности обменными катионами глинисто-иллювиированных и ожелезненных подтипов на пологих участках склонов под высокотравными биоценозами (600-820 м); в очень высокой потенциальной кислотности, и особенно в бурозёмах горной тайги. Встречаются бурозёмы со сложным профилем, нижняя часть АУ чаще является погребенной и является гуматной (характерно для теплых условий).

Методами многомерного статистического анализа исследована классификационная структура почв. Буроземы разделены на группы: формирующиеся в подгольцовом поясе 600-820 м н.у.м. (как сопутствующие почвы) и в горной тайге 305-550 м (зональные) (рис. 4)

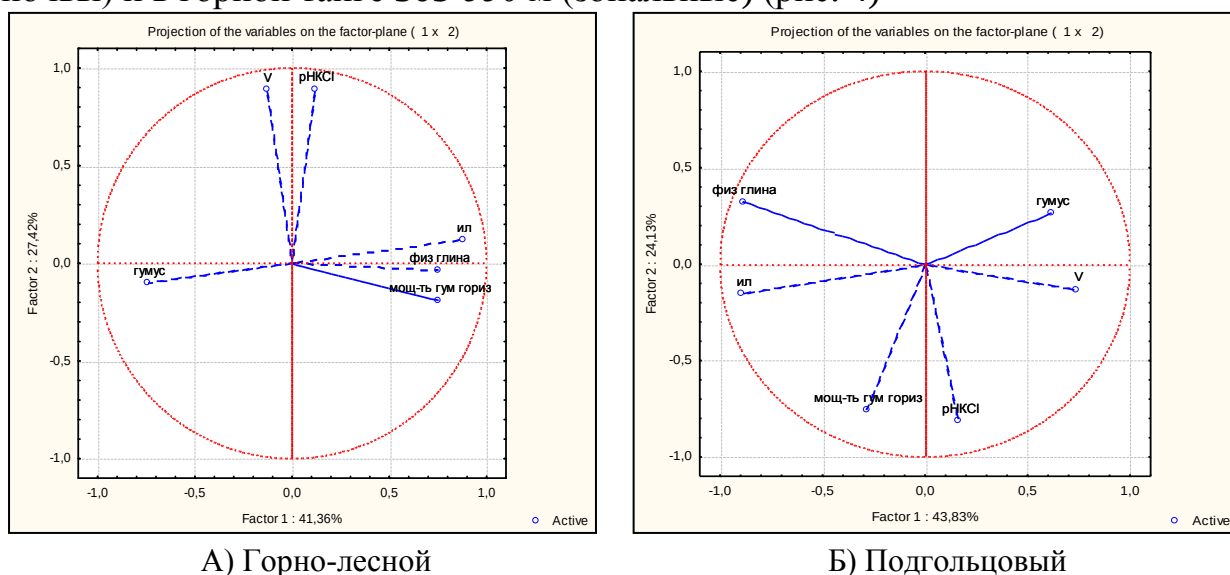


Рисунок 4 – Графики факторов переменных

Вдоль области ГК:1 по компонентам свойств буроземы внутри высотного пояса группируются следующим образом: в горно-лесном поясе обособлены элювиированные и грубогумусированные подтипы (находятся полностью в отрицательной области факторной плоскости ГК:1), а для буроземов

подгольцового пояса вдоль ГК:1 обособленно группируются ожелезненный и глинисто-иллювирированные подтипы (в положительной области фракционной плоскости ГК:1). Матрица классификации выделенных таксонов буроземов свидетельствует, что все подтипы в горнолесном поясе правильно классифицированы на 100%. В подгольцовом поясе почвы классифицированы правильно на 94 %. Для идентификации буроземов в горно-лесном поясе необходимо использовать: pH_{KCl} , мощность АУ, содержание физической глины, степень насыщенности основаниями; в подгольцовом поясе – pH_{KCl} , содержание гумуса, мощность АУ, содержание физической глины. Таким образом, буроземы горной тайги, как зональные почвы, достоверно отличаются от бурозёмов подгольцового пояса (луговых полей): в первых – преобладают процессы выноса и разрушения, во вторых – процессы аккумуляции органического вещества и минеральных компонентов.

7.2.2 Органо-аккумулятивные почвы. Формируются под траянистой луговой растительностью. В профиле иногда встречаются железистые новообразования, которые свидетельствуют о контрастном водном режиме. Профиль почв формируется за счет гумусонакопления, олуговения и дернового процесса, иногда оксидогенеза. ГС почв является для гумусовых горизонтов более облегченный (среднесуглинистый и легкосуглинистый) и к породе утяжеляется до тяжелосуглинистого. Аналитические данные обнаруживают высокое содержание гумуса: в лугах криволеся – до 8,08 %, в субальпийских полянах – до 7,5 % и до 7,1 % в лугах паркового редколесья. На основании экологических условий формирования органо-аккумулятивные почвы объединены в подгруппы по высотно-растительным условиям: 1 – подпояс криволеся представлен *перегнойно-темногумусовой, темногумусовой метаморфизированной, серогумусовой глинисто-иллювирированной*; 2 – подпояс субальпийских лугов: *серогумусовая метаморфизированная, серогумусовая элювирированная*; 3 – подпояс паркового редколесья: *серогумусовая метаморфизированная, серогумусовая элювирированная, серогумусовая ожелезненная*.

7.2.3 Альфегумусовые почвы. Распространены в тундровой зоне и в криволестье, представлены разными типами подзолов и подбуров, характеризуются слаборазвитым профилем – менее 50 см. В каждом высотном ландшафте выделены основные профилеобразующие процессы: в тундре (832-950 м) развит альфегумусовый процесс (*подбуры*); в березово-еловом криволестье (740-830 м) проявляется подзолистый и альфегумусовый процессы (*подзолы*); в переходном экотоне (тундра-криволестье) альфегумусовый и подзолистый процессы сочетаются с дерновым (*дерново-подзолы* и *дерново-подбуры*). По распределению щебня в профиле почвы развиваются: вверх за счет роста мощности органогенных горизонтов; вглубь за счет преобразования щебня в ходе выветривания и первичного почвообразования в мелкозем в минеральных горизонтах почв; и при сочетании этих направлений в развитии профиля. Отмечается неоднородность почвенного материала в горизонтах подбуров и подзолов, и некоторую генетическую самостоятельность и, возможно разновозрастность горизонтов. Установлена корреляционная связь

между физико-химическими свойствами диагностических горизонтов почв и высотой местности, причем, в подзолах связь выражена сильнее.

7.2.4 Литозёмы и слаборазвитые почвы. Литоземы формируются в маломощной щебнисто-мелкоземистой толще, подстилаемой на глубине не более 30 см плотной породой. В местах выхода пород в горно-лесном поясе и в пределах каменных рек и морей (курумников) в подгольцовом поясе, а также останцев в горной тундре встречаются почвы первичного почвообразования отдела слаборазвитые (*петроземы*). Петроземы не образуют сплошного покрова, так как они встречаются между каменистыми россыпями и скальными останцами. Литоземы и петроземы формируются во всех вертикальных зонах в сочетании с другими типами почв. Общая информативность взаимосвязи ландшафтных условий и генетических групп литоземов является высокой при тесной связи изучаемых явлений. Определены количественные значения этой взаимосвязи, которые позволили выстроить топографический ряд генетических групп *литоземов*, закономерно изменяющихся в пространстве (снизу–вверх): *грубогумусные* (горно-лесная зона, 300-500 м) – *глееватые* (лугово-болотная зона, 500-700 м) – *серогумусовые, глинисто-иллювирированные* (луговые поляны, криволесье, 700-900 м) – *перегнойные и сухоторфяные* (тундровая зона, > 900 м). *Петроземы грубогумусовые* формируются в нижней части горной тайги (300-500 м), а *петрозёмы торфяные* с большей долей вероятности формируются в горной тундре на высоте >900 м н.у.м. Взаимосвязь формирования почв на уровне отдела, типа, подтипа в разных ландшафтных условиях является сильной.

7.2.5 Почвы полугидроморфного ряда (торфяные и глеевые). В пределах хребта Басеги обнаружены *торфяные* почвы в болотных биотопах, *глеевые* – по окраинам болотных массивов и в горной тайге в сочетании с бурозёмами, а также *аллювиальные гумусовые глеевые* – в поймах рек. От центра болотного массива к периферии диагностированы подтипы почв по трансекте «центр-окраина»: *торфяная олиготрофная глеевая иловато-торфяная – глеезем грубогумусированный – перегнойно-глеевая грубогумусированная ожелезненная*. 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. Профиль глеевых почв создают ЭПП: образование подстилки, аккумуляция гумуса, внутрипочвенное оглинивание и оглеение. Глеевые почвы отличаются гумусовыми горизонтами, приуроченных 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 формируются на границе горной тайги и луговых полянах (515-640 м). Это высота соответствует поверхности выравнивания и представляет собой слабонаклонное плато, где собираются поверхностный и внутрипочвенный сток воды с верхних крутых склонов. *Аллювиальные* почвы занимают небольшие ареалы в связи с узко выработанными поймами. В нижней части профиля имеются признаки оглеения.

7.2.6 Высотная организация типов почв. Выявлена приуроченность типов, подтипов почв к определенным высотно-растительным условиям. Генетические признаки типов почв закономерно проявляются с изменением высоты, крутизны местности, преобладающей растительности. Определены показатели высотной организации типов почв. Амплитуда залегания типов почв отделов варьирует по высоте от 72-100 м (*торфяные*) до более 600 м (*литоземы*). Коэффициент высотной организации изменяется в диапазоне от 1,13-1,14 (альфегумусовые, торфяные) до более 2,2 (петроземы, буроземы, литоземы). Наибольшая плотность заполнения типом почв единицы высоты ($ah > 6$) характерна для серогумусовых почв (органо-аккумулятивные), подзолов и подбуров (альфегумусовые), формирующихся на водораздельных пространствах, наименее затронутых процессами бассейнообразования. Глеевые и торфяные почвы (азональные) характеризуются большей плотностью заполнения единицы высоты, чем бурозёмы. Литозёмы и петрозёмы имеют ah менее 5 ед., что характеризует почвы более широкой встречаемостью в пределах всех высотных поясов и их можно отнести к интразональным почвам. 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. Высотная поясность представляет собой закономерное отражение пространственной дифференциации ландшафтов. Для каждого биоценоза выделяется наиболее благоприятный интервал высот для его развития. Соответственно, изменение ПП в пределах высотного пояса должно подчиняться тем же закономерностям. На основании этого, введено понятие «высотный ряд почв», характеризующий ПП в пределах конкретного высотного пояса. Рассмотрен ПП высотных поясов.

7.3.1 Почвенное разнообразие тундровых и гольцовых ландшафтов. Зона тундры представляет слабонаклоненную платообразную поверхность на высоте 820-850 м н.у.м. и относится к древней поверхности выравнивания, выше которой расположены вершины гор (гольцовые ландшафты). В верхней части тундры на каменистом элювии формируются сухоторфянистые скелетные маломощные почвы (*петроземы, литоземы*), а на суглинках – *подбуры*. В суровых условиях тундры на крутых участках склонов формируются генетические признаки грубогумусированности, 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 происходит при обильном промывании профиля осадками до плотной породы, что приводит к выносу оснований. Каждый горизонт в почвах является геохимическим барьером (сорбционным, физико-химическим, биологическим и др.). Основные процессы почвообразования: 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 Почвенный покров подгольцового пояса. Пояс (500-820 м) отличается разнообразием биотопов [Самофалова, 2020a]. 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, органоминеральные и минеральные горизонты.

Особенности ПП подгольцового пояса: в криволесье встречаются комбинации подзолов с литозёмами и петрозёмами; в луговых полянах криволесья – литоземы серо- и темногумусовые в комплексе с буроземами темно-гумусовыми и ожелезненными; ниже по высоте под лугово-разнотравной растительностью – серогумусовые обнаруживаются в комплексе с буроземами; в парковом редколесье – буроземы. Подпояса не имеют четко выраженных границ и строгой высотной приуроченности, а взаимно проникают друг в друга. 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. Горнолесной пояс соотносится с нижними частями склонов, где развиваются еловые, елово-пихтовые леса на *буроземах, глеезёмах, перегнойно-глеевых* почвах, также с внутренней долиной рек, где формируются *аллювиальные гумусовые глеевые* почвы. На высоте 315-450-500 м н.у.м. распространены различные типы леса, которые в свою очередь создают разнообразные условия для формирования почв, с преобладанием *буроземов* в составе почвенного покрова. Почвы различаются по строению, что отражается в наличии диагностических горизонтов (*BM, G*) и степени выраженности генетических признаков (*f, ao, g*). На кислых породах при обеспеченном дренаже на повышениях под пологом хвойных лесов и кислой подстилкой на фоне промывного режима морфологические признаки подзолистого процесса в профилях почв отсутствуют. В горно-таежных лесах под мощной мертвopoкpoвнoй подстилкой

или слабоотторфованной массой органики возможно и поверхностное переувлажнение за счет аккумуляции влаги. Глееобразование в большей степени развивается в почвах на более выположенных участках склонов. В приручьевых лесах речной долины р. Малый Басег (березняк таволго-разнотравный) формируются аллювиальные почвы с признаками глееватости, ожелезнения и элювиирования – аллювиальная гумусовая глеевая элювиированная ожелезненная оруденелая. В горнолесном поясе под ельниками можно обнаружить литозёмы грубогумусные (300-500 м).

Почвы имеют кислую реакцию среды, но менее кислую, чем почвы на вышележащих склонах, и соответственно, более насыщены основаниями. Почвы характеризуются меньшим содержанием общего углерода, чем почвы подгольцового и гольцового поясов. Гранулометрический состав мелкозёма почв средне- и тяжелосуглинистый и глинистый. 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 элювиированная ожелезненная оруденелая.*

7.4 Организация почвенного покрова на уровне мезоструктур.

7.4.1 Структурно-организационная иерархия условий почвообразования. С изменением ландшафтно-геоморфологических условий происходит изменение ПП с высотой. Определена закономерная смена диагностических горизонтов и почвообразующих процессов в пространстве (табл. 1).

Таблица 1 – Результаты информационно-логического анализа (n=61)

Экотон	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

T=0,9158; K=0,4209

Установлено наибольшее разнообразие и встречаемость диагностических горизонтов в горной тайге, тундре; преобладание ЭПП в экотонах: в тундре – альфегумусовый; в криволесье – оподзоливание (кислотный гидролиз); в лугах – гумусообразование; в болотном массиве – торфообразование, оглеение; в горной тайге – буроземообразование, гумусообразование, лессиваж. Установлена максимальная степень варьирования типов почв для высоты 500-700 м (переходная зона горно-лесной—подгольцовый пояса), где формируются практически все типы почв. Отмечается высокая теснота связи между фактором высоты и типами почв. Высотное сочетание почв образует зональный ряд (снизу вверх): *бурозёмы → серогумусовые → альфегумусовые.*

На уровне мезоструктур наибольшую группу почв, встречающуюся во всех экотонах высотных поясов и на разных элементах структурной организации ЛВБ, образуют 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 интразональным в системе ПП горных территорий.

В гумидных горных регионах внутриконтинентальных 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 затуманена 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, приуроченные 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 реки Малый Басег. Взаимодействие геосистем рассмотрено на примере ключевого участка – бассейна реки Малый Басег. 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 (рис. 5).

Формирование ПП в бассейне реки Малый Басег контролируется морфометрическими характеристиками рельефа, которые являются результатом бассейнообразования. В западной части бассейна на склоновых поверхностях ЛВБ при крутизне до 3° в горной тайге и частично в парковом редколесье (350-550 м н.у.м.) преобладают *буроземы типичные, глинисто-иллювиальные, грубогумусные, ожелезненные*. 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*.

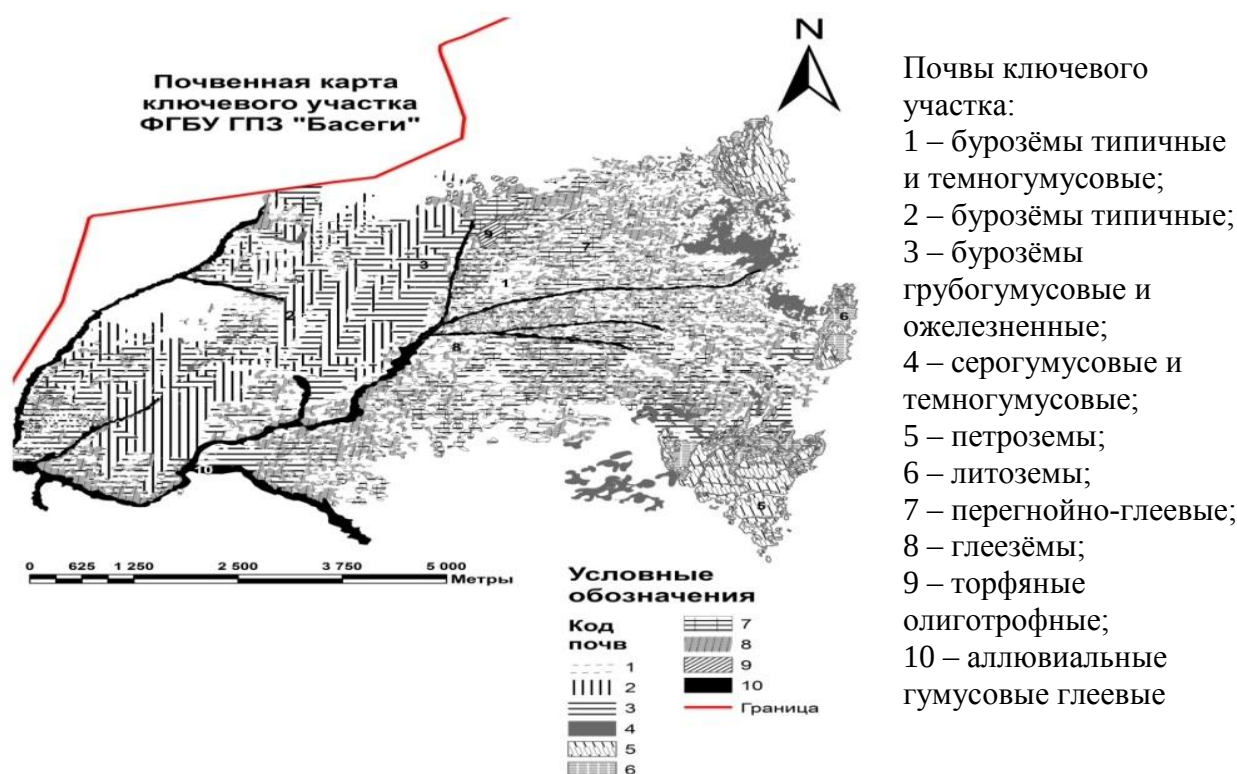


Рисунок 5 – Карта почвенного покрова в бассейне реки М. Басег

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. Установлена деформация высотной зональности ниже водосборных воронок в результате доминирования экзогенных процессов. Преобладающим фактором почвообразования здесь является рельеф. Выше истоков ручьев, притоков и водосборных воронок действие вертикально-организованной геосистемы (ЛВБ) ослабевает, и в большей степени проявляются биогеоклиматогенные закономерности формирования высотной поясности: подгольцовый пояс, представленный лугами, криволесьями. Эти ландшафты приурочены к нижней части водораздела (фандам) на высоте 600-750 м при крутизне до 5°, где формируются *серогумусовые* почвы в сочетании с *литоземами серо- и темногумусовыми*. Выше, в верхней части водораздела на высоте > 750-800 м (дугах) начинается криволесье и тундровый пояс с преобладанием слаборазвитых и альфегумусовых почв (*петрозёмы, подбуры*), а также *литозёмов сухоторфяных, перегноиных* с чередованием гольцовых пустошей. Итак, морфологические элементы бассейна характеризуются различным ПП.

Одновременное развитие двух налагающихся и взаимообусловленных геосистем (вертикальной поясности и бассейнообразования) обуславливает интерференцию почвенных зон в высотном ряду. 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 ПП в системе вертикальной зональности. На основании провинциальных особенностей для каждого высотного пояса сгруппированы основные процессы, накладывающиеся на профилеобразующие: *тундра*: грубогумусированность – элювиированность; *криволесье*: аккумуляция грубого гумуса (грубогумусированность) – ожелезнение; *луга*: иллювиирование – ожелезнение – элювиирование; *парковый лес*: оглеение – элювиирование – грубогумусированность; *горная тайга*: оглеение – элювиирование, ожелезнение – грубогумусированность.

ГЛАВА 8. МОДЕЛЬ ПРОСТРАНСТВЕННО-СТРУКТУРНОЙ ОРГАНИЗАЦИИ ПОЧВЕННОГО ПОКРОВА В ГОРНЫХ СИСТЕМАХ

8.1 Влияние взаимодействия вертикальных и горизонтальных геосистем на организацию почвенного покрова.

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. Создан авторский вариант почвенной карты (рис. 6) территории хребта Басеги в границах ФГБУ «Государственного заповедника «Басеги» [Самофалова, Шутов, 2017].

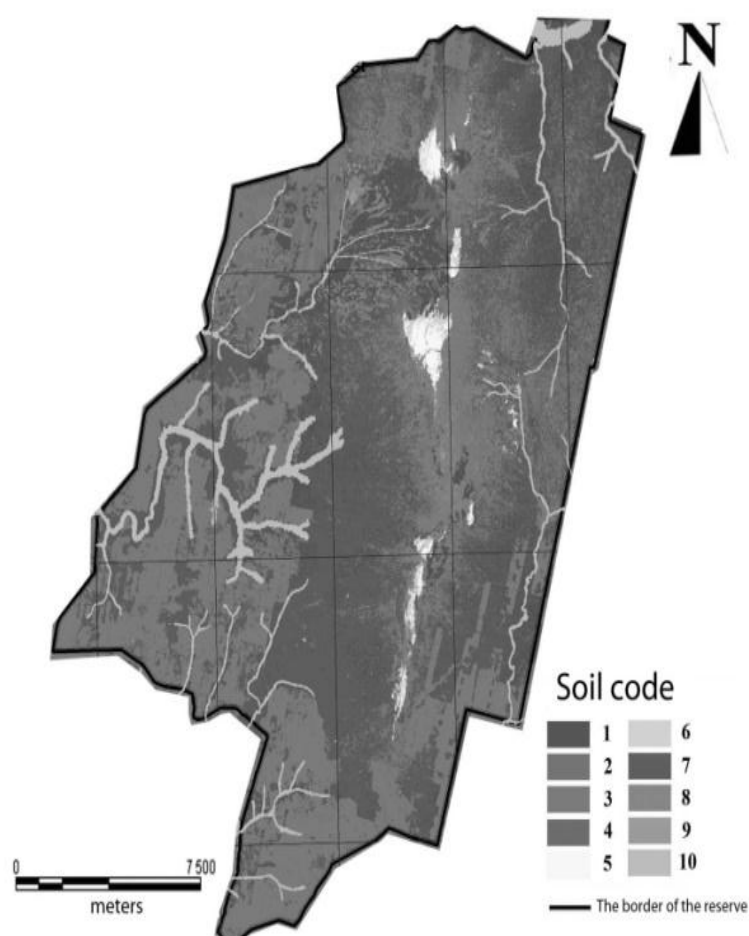


Рисунок 6 – Почвенная карта ФГБУ «Государственного заповедника «Басеги» (1–10 – см. табл. 2, 11 – граница заповедника)

Определен ПП в соответствии с элементами структуры водосборных бассейнов рек и высотнорастительными поясами хр. Басеги (табл. 2). Горно-тундровый пояс занимает наиболее высокую часть хребта, соответствующую водораздельной части ЛВБ рек (дуга), покрытой тундровой растительностью и курумами 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, что выше водосборных

Таблица 2 – 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,	Петроземы гумусовые
6	Пятнистости	Органо-аккумулятивные	Подбуры иллювиально-гумусово-железистые
		Литоземы	Перегнойно-темногумусовые Литоземы сухоторфяные, грубогумусовые, темногумусовые, ожелезненные
Водораздельная часть бассейнов, подгольцовый пояс (березово-еловые кривоlessя, березовые леса, луга), 550–800 м над ур. моря			
березово-еловые кривоlessя			
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

воронки, где под хвойно-лиственными лесами формируются *буроземы*, а под луговой растительностью на слабонаклоненных террасах – *серогумусовые* почвы и *литоземы*. В центре водосборных воронок происходит накопление влаги, стекающей с вышележащих склонов и под осоково-сфагновой растительностью болотной формации, образуются *торфяные олиготрофные глеевые* почвы, а на периферии болотных сообществ, под лесами – *глееземы ожелезненные, перегнойно-глеевые грубогумусированные, буроземы грубогумусовые*. Ниже водосборных воронок (энергетических зон), на склоновых поверхностях ЛВБ рек под пихтово-еловыми и еловыми лесами образуются *буроземы грубогумусовые* и *глееватые* в сочетании с *глееземами, перегнойно-глеевыми* и *литоземами (глееватыми, перегнойными)*. Горнотазовый 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* почвы.

В пределах переходной полосы между различными типами геосистем происходит преодоление критического состояния в процессе преобразования структуры геосистем во времени. Границы экотонов в этой зоне имеют повышенную мобильность, что 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 ландшафты территориально приурочены к нижней части водораздельной области (фандам) (600-750 м) при крутизне до 5°. Таким образом, роль ЛВБ малых рек хр. Басеги проявляется в формировании как сублитоморфных (выше энергетических зон), так и субгидроморфных (ниже энергетических зон) разновидностей почв и растительности.

Для каждого высотного ряда почв выделены почвенные комбинации (ПК). Сложные комбинации складываются на высоте > 600 м, где максимальное разнообразие типов растительности, что приводит к формированию пёстрого ПП. Почвенный покров хребта является поликомбинационным и представляет собой повторение нескольких ПК: 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, поймы).

8.1.2 Модель пространственно-структурной организации почвенного покрова в бассейне реки Большая Молебная (Хомги-Нёл, Северный Урал). Разработанная методология опробована еще на одном объекте: горный массив в границах заповедника «Вишерский» (Пермский край, Красновишерский район) по причине максимальной степени сохранности в его границах природных систем Северного Урала. ПП заповедника практически не изучался. Заповедник расположен на западном макросклоне Северного Урала, в верховьях реки Вишера (между 60°54'-61°40' с.ш. и 58°40'-59°27' в.д.) и представляет среднегорье, приурочен к осевой зоне горной страны. Схема высотной

поясности растительности: пояс темнохвойной тайги (240-600 м над ур. м); 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). 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. 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 всех факторов почвообразования. Все карты являются авторскими оригиналами.

Созданы карты рельефа, экспозиции склонов и уклона поверхности территории заповедника. Бассейновый тип геопространства имеет полузамкнутый способ организации с хорошо выраженными границами. В пересчете на долевое участие элементов структуры бассейна создается соотношение 1-0,13-5,5-6,9 (внутренняя долина – водосборная воронка – склоновые поверхности – фанды и дуги). Установлена тесная связь между типом растительности и высотой местности. Особенности формирования ПП в пространстве: приуроченность типов почв к элементам структуры ЛВБ, высотно-растительным поясам; типы почв имеют пределы развития по вертикали. Опираясь на данные почв, климатические особенности поясов, растительности, крутизны, экспозиций, литологии построена картографическая модель ПП ключевого участка бассейна реки Большая Молебная (рис. 7).



Рисунок 7 – Почвенный покров ключевого участка в микроводосборном бассейне реки Большая Молебная в бассейне реки Большая Мойва

В пределах КУ большую площадь занимают слаборазвитые; альфегумусовые и органо-аккумулятивные (436 га). Наименьшую площадь занимают почвы отделов: литозёмы, структурно-метаморфические, глеевые, железисто-метаморфические, аллювиальные. Структура почвенного покрова представлена сочетаниями, мозаиками, пятнистостями, ташетами.

8.2 *Почвенно-ландшафтное районирование как модель пространственно-структурной организации почвенного покрова в горных системах.* Показ ПП бассейнов, дренирующих хребет Басеги с использованием Классификации почв России [Полевой определитель, 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].

Определен ПП с учетом выделенных типов геосистем бассейнов рек (кластеров), в пределах которых складывается своеобразный почвенный покров. Типы бассейновых геосистем образовали ландшафтные микрорайоны, в пределах которых, с учётом элементов взаимодействия вертикальных и горизонтальных геосистем, выделены ландшафтные ярусы, где внутри каждого яруса определены ландшафтные контура, различающиеся по преобладающему типу растительности. Определена пространственная организация ПП с учетом ландшафтной приуроченности к элементам бассейна и рельефа (табл. 3).

Таблица 3 – Распределение ландшафтных контуров

Ландшафтный микрорайон (кластер) – вертикальные геосистемы	Ландшафтные ярусы (горизонтальные геосистемы)		
	Водораздельный (дуги, фанды)	Склоновый (склоновые поверхности)	Пойменно-террасовая, (внутренняя речная долина)
Северо-западный (кластер 1)	Гольцово-тундровый Тундровый Тундрово-криволесный	Криволесный, Криволесно-луговой, Луговой, Лугово-редколесный, Болотно-редколесный, Болотный, Болотно-таежный, Таежный	Таежно-террасовый Долинный Болотно-долинный
Северо-восточный (кластер 2)			
Юго-восточный (кластер 3)	Гольцово-тундровый Тундровый, болотно-тундровый	Луговой, Лугово-редколесный, Болотно-редколесный, Болотно-таежный, Таежный	Таежно-террасовый Долинный Болотно-долинный
Юго-западный (кластер 4)		Болотно-редколесный, Болотно-таежный, Таежный	

ПП характеризуется не только высотными особенностями, но и зонально-провинциальными. Ландшафтные микрорайоны и ярусы качественно различаются внутри по составу ПП (табл. 4). Мелкой таксономической единицей районирования является ПК внутри ландшафтного контура (микроСПП), сочетание которых образуют зонально-провинциальную структуру почвенного покрова (мезоСПП) в пределах ландшафтного яруса.

Таблица 4 – 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-ожеженненные 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

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, ожеженненных, глееватых; микросочетания буроземов ожеженненных и аллювиальных почв. Результаты исследования, возможно, использовать для проведения экологического мониторинга естественных экосистем, инвентаризации объектов охраны почв, Кадастра качества почв ООПТ, Экологического паспорта почв, для разработки регионального атласа, туристических маршрутов. 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.

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 темногумусовые, 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 (ожелезнённые, глееватые, элювиированные).

7. Почвенный покров горных геосистем является поликомбинационным и представляет собой повторение почвенных 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.

ОСНОВНЫЕ ПУБЛИКАЦИИ ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ

Монографии и разделы в коллективных монографиях

1. Почвы заповедников и национальных парков Российской Федерации / Гл. ред. Г.В. Добровольский. М.: Изд-во НИА-Природа – Фонд «Инфосфера», 2012. – 478 с.
2. **Самофалова, И. А.** Горные почвы Среднего Урала (на примере ГПЗ «Басеги») / И. А. Самофалова, О. А. Лузянина. – Пермь: Изд-во ФГБОУ ВПО Пермская ГСХА, 2014. – 154 с.
3. **Самофалова, И. А.** Агроэкологическая оценка органического вещества в дерново-подзолистых почвах Пермского края / И. А. Самофалова, Н. М. Мудрых. – Пермь: Изд-во ФГБОУ ВПО Пермская ГСХА, 2015. – 164 с.

Статьи, индексируемые в базах данных WoS и Scopus, RSCI

1. **Samofalova, I. A.** Effect of the main treatment methods on the qualitative composition of humus sod-podzolic soils in the Perm region / I. A. Samofalova, N. Y. Kamenskih, A. N. Alikina // Soil-Water Journal. – 2013. – Vol 2. – No 2 (1). – P. 951-958.

2. **Samofalova, I. A.** Features of phosphorus fertilization that ensure the stability of crop yield in the conditions of the Northern Kulunda steppe / I. A. Samofalova // *Soil-Water Journal*. 2013. – Vol. 2. – No 2 (1). – P. 123-130.
3. Kizilkaya, R. Assessing the impact of azadirachtin application to soil on urease activity and its kinetic parameters / R. Kizilkaya, **I. Samofalova**, N. Mudrykh [et all.] // *Turkish Journal of Agriculture and Forestry*. – 2015. – 39 (4). – P. 1-8. (<http://journals.tubitak.gov.tr/agriculture>).
4. **Samofalova, I.** Genetic characteristics of brown forest soils on the Middle Urals / I. Samofalova // *American Journal of Environmental Protection*. – 2015. – 4 (3-1). – P. 148-156. (<http://www.sciencepublishinggroup.com/j/ajep>).
5. **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.
6. Mudrykh, N. M. Models forecasting the content of humus on the basis of structural bonds of properties in soils of light texture / N. M. Mudrykh, **I. A. Samofalova** // *International Journal of Advanced Science and Technology*. – 2020. – Vol. 29. – No. 9s. – 2020. – P. 1217-1230.
7. **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. www.ijaep.com
8. **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: мат. Межд. конф.* – М.: Изд-во МГУ, 2020. – Т. 26. – Ч. 4. – С. 131–146. doi: 10.35595/2414-9179-2020-4-26-110-120.
9. **Samofalova, I. A.** Diagnostics of soil formation and weathering processes based on the content of alkaline and alkaline earth macroelements in soils of the Middle Urals (Basegi Ridge) / **I. A. Samofalova** // *Uchenye Zapiski Kazanskogo Universiteta. Seriya Estestvennye Nauki*. – 2020. – Vol. 162. – No. 4. – P. 592–611. doi: 10.26907/2542-064X.2020.4.592-611. (In Russian).
10. **Самофалова, И. А.** Использование бассейнового подхода для изучения дифференциации растительного и почвенного покровов (хребет Басеги, Средний Урал) / И. А. Самофалова // *География и природные ресурсы*. – 2020. – № 1. – С. 175-184. doi: 10.21782/GIPR0206-1619-2020-1(175-184).
11. **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*. – 2021. – Vol. 862. – 012009. doi:10.1088/1755-1315/862/1/012009.
12. Чашин, А. Н. Использование морфометрических показателей рельефа для почвенного картографирования пашни в условиях средней тайги в северной части Пермского края / А. Н. Чашин, **И. А. Самофалова**, Н. М. Мудрых // *ИнтерГИС. GI поддержка устойчивого развития территорий: мат. Межд. конф.* – М.: МГУ, 2021. – Т. 27. – Ч. 4. – С. 162-174. doi: 10.35595/2414-9179-2021-4-27-162-174.
13. Кондратьева, М. А. Радиальные геохимические барьеры в почвах Пермского края / М. А. Кондратьева, **И. А. Самофалова** // *ИнтерКарто. ИнтерГИС. Геоинформационное обеспечение устойчивого развития территорий: мат. Межд. конф.* – М.: Геогр. фак-т МГУ, 2022. – Т. 28. – Ч. 2. – С. 901–912. doi: 10.35595/2414-9179-2022-2-28-901-912.
14. Мудрых, Н. М. Агроэкологическая типизация земель мелиорируемой территории в Нечерноземной зоне / Н. М. Мудрых, **И. А. Самофалова**, А. Н. Чашин // *ИнтерКарто. ИнтерГИС. Геоинформационное обеспечение устойчивого развития территорий: мат. Межд. конф.* – М.: Геогр. фак-т МГУ, 2022. – Т. 28. – Ч. 2. – С. 935–946. doi: 10.35595/2414-9179-2022-2-28-935-946.

Статьи в журналах из списка ВАК

1. **Самофалова, И. А.** Влияние минеральных удобрений на показатели устойчивости микробиоценоза в почвах, загрязненных свинцом / И. А. Самофалова, Н. М. Мудрых,

В. И. Каменщикова [и др.] // Вестн. Оренбургского гос. ун-та. – 2011. – №12 (131). – С. 346-348.

2. Лузянина, О. А. Мониторинг гумусного состояния почв (на примере заповедника «Басеги») / О. А. Лузянина, **И. А. Самофалова** // Известия Самарск. научн. центра РАН. – 2013. – Т. 15. – № 3(4). – С. 1349-1353.

3. **Самофалова, И. А.** Агроэкологическая типизация земель как основа совершенствования систем севооборотов и удобрений / И. А. Самофалова, Н. М. Мудрых, Н. Ю. Каменских [и др.] // Вестн. Алтайск. гос. агр. ун-та. – 2013. – N 5. – С. 45-50.

4. **Самофалова, И. А.** Эколого-генетическая характеристика почв горнолесного пояса на Среднем Урале / И. А. Самофалова, О. А. Лузянина // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. – 2013. – Т. 15. – № 3(4). – С. 1426-1431.

5. Гулиев, А. Г. Засоление – глобальная экологическая проблема в орошаемом земледелии / А. Г. Гулиев, **И. А. Самофалова**, Н. М. Мудрых // Пермский агр. вестн. – 2014. – № 8 (13). – С. 32-43.

6. Мудрых, Н. М. Экологическая организация системы «сельскохозяйственные животные – кормовые угодья – пашня» / Н. М. Мудрых, **И. А. Самофалова** // Вестн. Алтайск. гос. агр. ун-та. – 2014. – № 6 (116). – С. 83-88.

7. **Самофалова, И. А.** Элементный состав почв в ненарушенных экосистемах на Среднем Урале / И. А. Самофалова, О. А. Лузянина, М. А. Кондратьева [и др.] // Вестн. Алтайск. гос. агр. ун-та. – 2014. – № 5 (115). – С. 67-74.

8. **Самофалова, И. А.** Влияние приемов основной обработки в южно-таежной подзоне на гумусное состояние дерново-подзолистой почвы / И. А. Самофалова, Н. А. Каменских, R. Kizilkaya [и др.] // Пермский агр. вестн. – 2015. – № 9 (14). – С. 55-64.

9. **Самофалова, И. А.** Использование группового состава соединений железа для диагностики горных почв Среднего Урала / И. А. Самофалова, О. Б. Рогова, О. А. Лузянина // Бюлл. Почв. ин-та им. В.В. Докучаева. – 2015. – № 79. – С. 111-136.

10. **Самофалова, И. А.** Морфолого-генетические особенности почв на горе Хомги-Нёл (Северный Урал, заповедник «Вишерский») / И. А. Самофалова // Пермский агр. вестн. – 2015. – № 4. – С. 64-71.

11. **Самофалова, И. А.** Буферность горных почв субальпийского пояса к кислотному воздействию (заповедник «Басеги») / И. А. Самофалова, М. А. Кондратьева // Пермский агр. вестн. – 2016. – № 3 (15). – С. 94-103.

12. **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 [и др.] // Бюлл. Почв. ин-та им. В.В. Докучаева. – 2016. – № 85. – С. 56-76.

13. Ямалтдинова, В. Р. Влияние систем удобрений на урожайность культур полевого севооборота и содержание гумуса в дерново-подзолистой почве / В. Р. Ямалтдинова, Н. М. Мудрых, **И. А. Самофалова** // Вестн. Башкирского гос. агр. ун-та – 2016. – № 1 (37). – С. 21-25.

14. Мудрых, Н. М. Опыт использования растительных остатков в почвах нечерноземной зоны России (обзор) / Н. М. Мудрых, **И. А. Самофалова** // Пермский агр. вестн. – 2017. – №1 (17). – С. 88-97.

15. **Самофалова, И. А.** Геосистемно-бассейновый подход как основа изучения структуры почвенного покрова / И. А. Самофалова, П. С. Шутов // Вестн. Алтайск. гос. агр. ун-та. – 2017. – №1 (147). – С. 49-57.

16. **Самофалова, И. А.** Информационно-логический анализ дифференциации почвенного покрова высотных геосистем на Среднем Урале / И. А. Самофалова // Вестн. Алтайск. гос. агр. ун-та – 2017. – № 11 (157). – С. 105-114.

17. **Самофалова, И. А.** Пространственная неоднородность гумусообразования / И. А. Самофалова, Н. М. Мудрых // АгроЭкоИнфо. – 2017. – № 4. – С. 434-441.

18. **Самофалова, И. А.** Разнообразие почв низкогорных ландшафтов и особенности их формирования на западном макросклоне Среднего Урала (заповедник «Басеги») / И. А. Самофалова // Пермский агр. вестн. – 2017. – № 3 (19). – С. 10-17.

19. Мудрых, Н. М. Моделирование пространственной изменчивости агрохимических показателей почв в агроландшафтах Нечерноземья / Н. М. Мудрых, **И. А. Самофалова** // Агрохим. вестн. – 2019. – № 5. – С. 17-24. doi: 10.24411/0235-2516-2019-10069

20. Мудрых, Н. М. Прогнозирование эрозионных потерь почвы с использованием модели RUSLE / Н. М. Мудрых, **И. А. Самофалова**, А. Н. Чашин // АгроЭкоИнфо. – 2020. – №4. http://agroecoinfo.narod.ru/journal/STATYI/2020/4/st_430.pdf.

21. Мудрых, Н.М. Совершенствование системы севооборотов и удобрений на основе агроэкологической типизации земель в Нечерноземной зоне (Пермский край) / Н. М. Мудрых, **И. А. Самофалова**, А. Н. Чашин // Агрохим. вестн. – 2021. – № 6. – С. 23-28. doi: 10.24412/1029-2551-2021-6-005.

22. **Самофалова, И. А.** Почва как компонент охраняемых ландшафтов в системе ООПТ (на примере ФГБУ «Государственный заповедник «Басеги») / **И. А. Самофалова** // Агрохим. вестн. – 2021. – № 1. – С. 27.

23. Мудрых, Н. М. Агроэкологическая оценка адаптивно-сельскохозяйственного потенциала осушенных и орошаемых почв / Н. М. Мудрых, **И. А. Самофалова**, А. Н. Чашин // Агрохим. вестн. – 2022. – № 6. – С. 28-31. doi: 10.24412/1029-2551-2022-6-005.

Свидетельства регистрации

1. Геоинформационная система рационального использования почв Соликамского района Пермского края: Свидетельство о регистрации базы данных 2022620468, 14.03.2022/ Чашин А. Н., Мудрых Н. М., **Самофалова И. А.** – Заявка № 2022620356 от 28.02.2022.

2. Геоинформационная система рационального использования почв Кондратовского сельского поселения: Свидетельство о регистрации базы данных 2022621570, 01.07.2022. / Чашин А. Н., Мудрых Н. М., **Самофалова И. А.** – Заявка № 2022621471 от 23.06.2022.

Формат 60*84 ¹/₁₆ Усл. печ. л. 2,0

Тираж 100 экз. Заказ № 44

ИПЦ "ПрокростЪ"

Пермского государственного аграрно-технологического университета

имени академика Д.Н. Прянишникова,

614990, Россия, г. Пермь, ул. Петropавловская, 23

Тел. (342) 217-95-42