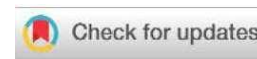


УДК 631.44:551.432:551(470.53)
<https://doi.org/10.31251/pos.v8i2.294>



Распространение альфегумусовых почв в пределах водораздельного пространства низких гор на Среднем Урале (на примере хребта Басеги)

© 2025 И. А. Самофалова 

ФГБОУ ВО «Пермский государственный аграрно-технологический университет имени академика Д.Н. Прянишникова», ул. Петропавловская, 23, г. Пермь, 614990, Россия. E-mail: samofalovairaida@mail.ru

Цель исследования. Изучить закономерности распространения альфегумусовых почв водораздельного пространства низких гор (горной тундры и гольцовых ландшафтов, криволесья) на Среднем Урале (в пределах Пермского края).

Место и время проведения. Исследования проводили в пределах ненарушенной части Среднего Урала – хребта Басеги, который включён в состав «Государственного заповедника «Басеги» и расположен в восточной части Пермского края, на западном склоне Уральской горной страны (координаты: 58°45'–59°00' с.ш., 58°15'–58°38' в.д.) в междуречье рек Усьвы и Вильвы. Территория удалена от промышленных центров. Для характеристики почв использованы данные автора за 2009–2020 гг.

Методы. Объект исследования – альфегумусовые почвы. Использованы сравнительно-географический, профильный, макроморфологический методы исследования и информационно-логический анализ. Диагностику почв проводили по наличию соответствующего диагностического горизонта согласно классификации почв России. Морфологическое описание почв проведено в поле, с корректировкой в камеральных условиях. Почвенные образцы отобраны по генетическим горизонтам, окраску которых определяли по стандартной цветовой шкале. Информационно-логический анализ выполнен в программе ALI, разработанной в Алтайском ГАУ.

Основные результаты. Профили альфегумусовых почв состоят из отчетливо выраженных и хорошо различимых органогенных и минеральных горизонтов. Органогенные горизонты различной мощности (от 3 до 15 см) присутствуют практически во всех типах почв. Определена теснота связи между природой горизонтов (органогенные, минеральные) и их цветом. Визуально отчетливо выделяются диагностические горизонты почв отдела альфегумусовые – ВНН (подбуры) и Е (подзолы), указывающие на основные процессы почвообразования – альфегумусовый и подзолистый. Определены региональные морфолого-генетические особенности почв и закономерности формирования диагностических горизонтов в пространстве: развитие альфегумусового горизонта является специфичным для суровых условий тундры при выположенном рельефе, а в криволесье наиболее благоприятные условия для формирования подзолистого горизонта. Простые профили (моногогенетические) развиваются в характерных высотных ландшафтах – горной тундре и криволесье. Полигенез почв встречается в переходных экотонах тундра-криволесье (еловое мелколесье). Диагностировано семь типов и шесть подтипов почв отдела альфегумусовые.

Заключение. Закономерности распространения альфегумусовых почв в ландшафтах водораздельной части хребта определяются пространственной вариабельностью поверхностных седиментов, рельефом и растительностью. Высота распространения ландшафтов различается на склонах разных экспозиций. Соответственно, изменение состава почвенного покрова водораздельной части низких гор происходит в зависимости и от экспозиции склонов. Установлена тенденция развития подтипов альфегумусовых почв: в более влажных условиях под мощным органогенным напочвенным покровом формируются подтипы иллювиально-гумусовые, а в менее увлажненных условиях – подтипы иллювиально-железистые. Почвенный покров в пределах водораздельного пространства низких гор представлен разными типами почв отдела альфегумусовые, которые рекомендуем отнести к зональным почвам: в горной тундре – подбуры, криволесье – подзолы, переходной зоне тундра-криволесье – дерново-подбуры, дерново-подзолы.

Ключевые слова: альфегумусовые почвы; диагностические горизонты; классификация почв; тундра; криволесье; переходные экотоны; ландшафты; информационно-логический анализ.

Цитирование: Самофалова И.А. Распространение альфегумусовых почв в пределах водораздельного пространства низких гор на Среднем Урале (на примере хребта Басеги) // Почвы и окружающая среда. 2025. Том 8. № 2. e294. DOI: [10.31251/pos.v8i2.294](https://doi.org/10.31251/pos.v8i2.294)

ВВЕДЕНИЕ

В современных условиях в мировом почвоведении наблюдается интерес к географии, генезису и классификации почв, в связи с новыми международными проектами Глобальной почвенной карты (GlobalSoilmap.net) и Всеобщей классификации почв (Universal soil classification) (Старцев и др., 2017;

Broll, Keplin, 2005; Sanchez et al., 2009). Это требует обновления знаний о почвах и почвенном покрове многих регионов, в том числе малоизученных в почвенном отношении.

Почвенный покров гор достаточно неоднороден, условия почвообразования отличаются большим разнообразием в пределах небольшой территории, в сравнении с равнинными (Владыченский, 1998; Бадмаев и др., 2011; Карпачевский, 2012; Ковалева, 2012; Самофалова, 2017, 2018, 2020а; Старцев и др., 2017; Самофалова и др., 2020). Исследования почвенного покрова горных территорий носят локальный характер, в связи с их труднодоступностью, 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 этой связи, почвы, формирующиеся в условиях тундровой зоны и криволесья, представляют интерес с точки зрения их уникальности, а также почвообразования, которое осложняется пестротой пород, постоянным проявлением и смыва, и накопления мелкозема, обломочного материала, а также вовлечением свежих не выветрелых горных пород в почвообразование, интенсивным проявлением латерального и внутрисочвенного стока (Владыченский, 1998; Карпачевский, 2012; Ковалева, 2012; Самофалова, 2017; Старцев и др., 2017; Самофалова, 2018, 2020а, 2020б, 2021; Samofalova, 2021). Почвы находятся в стадии не только формирования (первичное почвообразование), но и в стадии разрушения (постоянного «омолаживания»).

В тундровой и таёжной зонах, наиболее распространены альфегумусовые почвы (Таргульян, 1971; Воробьева, 2010), представленные разными типами подзолов и подбуров (Полевой определитель..., 2008; Воробьева, 2010). Термин «альфегумусовая» почва введен для почв, входящих в генерацию кислых гумусовых почв и характеризующихся профилем с гумусово-иллювиальным железисто-алюминиевым срединным горизонтом, верхним органомным или гумусово-аккумулятивным горизонтом с гуматно-фульватным типом гумуса и бескарбонатной сиааллитной почвообразующей породой (Глазовская, 1972). Почвы отдела *альфегумусовые* формируются на щебнистых продуктах выветривания метаморфических или магматических пород, которые обеспечивают свободный внутрисочвенный дренаж. Характер мерзлоты влияет на развитие процессов в почвах. «Сухая» мерзлота не содержит льда (или почти не содержит) и характерна для щебнистых грунтов и скелетных почв, в которых содержания скелета (> 1 мм) очень высокое, а содержание мелкозёма (<1 мм) низкое. После заморозания воды значительная часть пор занята воздухом. Почвы при этом хорошо аэрируются и в них не развиваются процессы оглеения и криотурбации. «Сухая» мерзлота влияет на развитие почв отдела *альфегумусовые*.

Для низких гор Среднего Урала альфегумусовые почвы ранее не выделяли.

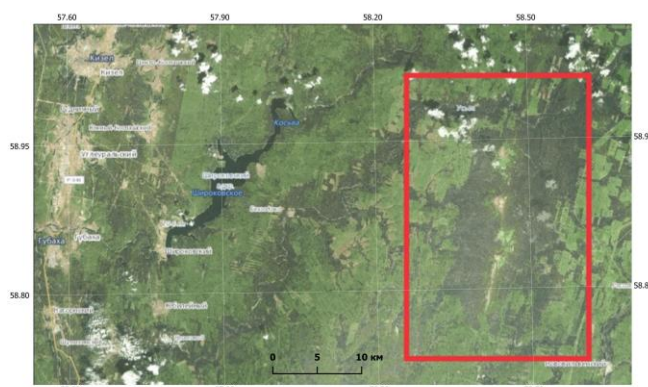
Цель исследования – изучить закономерности распространения альфегумусовых почв водораздельного пространства низких гор (горной тундры и гольцовых ландшафтов, криволесья) на Среднем Урале (в пределах Пермского края).

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

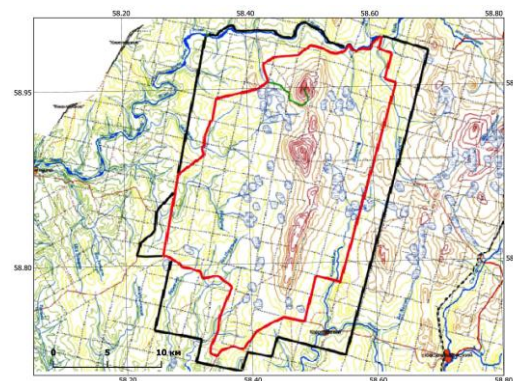
Горные почвы занимают около 12 % площади Пермского края. Средний Урал расположен к югу от 58° с.ш. до 55,5° с.ш. и представляет собой наиболее выровненную часть Уральских гор. Исследования почв проводили в пределах ненарушенной части Среднего Урала – хребта Басеги, который включён в состав «Государственного заповедника «Басеги» и расположен в восточной части Пермского края, на западном склоне Уральской горной страны (рис. 1). Координаты: 58°45'-59°00' с.ш., 58°15'-58°38' в.д. Общая площадь заповедной территории составляет 37957 га, в т.ч. охранный зона – 21345 га, лесная – 36 тыс. га, нелесная (луга, горные тундры и пр.) – около 2 тыс. га. Хребет находится в междуречье рек Усьвы и Вильвы (Климат и гидрология..., 2016). Территория удалена от промышленных центров на 60-80 км.

Для выделения водораздельного пространства определена бассейновая территориальная структура элементов литоводосборных бассейнов (ЛВБ) по методике Т.А. Трифионовой (Трифенова, 1999; 2005). Выделены элементы структуры бассейнов: речные русла, внутренняя долина, склоновые поверхности водосбора, водосборные воронки, водораздельная часть, представленная фандами (нижняя часть водораздела) и соединяющими их дугами (верхняя часть водораздела) с соответствующим им почвенным покровом (Самофалова, 2020а, 2020б, 2023). Исследованиями автора ранее установлено, что местоположение субальпийского пояса соответствует элементу ЛВБ – фандам; местоположение горно-тундрового пояса соответствуют элементу ЛВБ – дуга водораздела

(Самофалова, 2017, 2019, 2020б, 2023; Самофалова и др., 2020). Таким образом, высотные ландшафты горной тундры, криволесья и переходные экотоны между ними (на высоте более 700 м н.у.м.) соотносятся с водораздельным пространством хребта Басеги.



А) космоснимок территории исследования
(<https://mt1.google.com/vt/lyrs=y&x={x}&y={y}&z={z}>)



Б) топооснова и границы заповедника
(www.openstreetmap.org
полученные при помощи модуля osminfo QGIS)

Рисунок 1. Местоположение хребта Басеги.

Для региона характерен типичный континентальный бореальный климат с резкими колебаниями температур (Климат и гидрография..., 2016). Среднегодовая температура составляет $-1,0^{\circ}$ – $1,4^{\circ}$, средняя температура июля $+13,3^{\circ}$, средняя температура января $-17,9^{\circ}$. Среднегодовое количество осадков составляет около 800 мм, из них примерно 60% приходится на теплый период года. На западных склонах осадков выпадает на 25–130 мм больше, чем на восточных склонах. Снежный покров держится около 180 дней, его средняя глубина на западных склонах составляет 115–120 см и на 30 см меньше на восточных; на вершинах гор – до 50–70 см. Безморозный период длится в среднем 70–80 дней.

Поверхностные отложения хребта Басеги представлены метаморфическими породами: хлоритовыми, хлорито-серицитами и слюдястыми сланцами, кварцитами.

Хребет входит в зону редко-островного, островного и массивно-островного распространения многолетнемерзлых пород со средними годовыми температурами от $+3$ до -1°C и мощностью мерзлой толщи от 0 до 100 м. Для Среднего Урала характерно прерывистое промерзание до 3–5 м. Криогенные склоновые процессы протекают в деятельном слое за счёт его периодического протаивания и промерзания. При промерзании дисперсных пород на склонах развиваются процессы пучения и вымораживания каменных включений.

В условиях сурового климата основными рельефообразующими факторами являются процессы морозного выветривания и солифлюкции, которые формируют своеобразный «гольцовый» рельеф. На плоских вершинах гольцов и на гольцовых террасах развиты различные формы микрорельефа (курумы – каменные моря или реки с участками мелкозема на склонах различной крутизны, пятнистые и бугристые тундры). Их образование связывает комплекс различных процессов: физическое выветривание коренных пород, выпучивание камней, криогенная дисерпция, подповерхностный смыв, соскальзывание и сползание. В зоне островной мерзлоты массивы современных мерзлых пород (сезонно-мерзлые, кратковременно мерзлые) сохраняются в льдистых торфяных и суглинистых породах, лесных массивах с большим эффектом затенения, на склонах северных и восточных экспозиций.

Гольцовый рельеф является зональным для горных хребтов с суровым континентальным климатом. Отчетливо выражена асимметрия хребта: западный склон более крутой, чем восточный (Горчаковский, 1975). Пространственно-временное проявление эрозионно-аккумулятивных процессов, условия формирования жидкого и твердого стоков в бассейнах рек, дренирующих хребет Басеги, существенно отличаются для склонов разной экспозиции (Самофалова, 2020б, 2023; Самофалова и др., 2020). Ландшафтный рисунок и морфометрические характеристики бассейнов рек указывают на различную интенсивность процессов разрушения горного массива в западной и восточной частях хребта, что напрямую зависит от гидротермических условий склонов.

Горно-тундровый (гольцовый) пояс занимает небольшие территории, находящиеся в безлесных пространствах, и представляет собой узкую полосу, проходящую по высоким отметкам хребта, нагорным террасам верхних уступов. Физико-географические и климатические условия на высоте более 800 м над уровнем моря обуславливают формирование тундровой растительности и холодных гольцовых ландшафтов (Самофалова, 2017, 2018, 2020б). На Басегах встречаются каменистые, кустарничковые, лишайниковые, травяно-моховые, травянисто-кустарничковые тундры (Баландин, Ладыгин, 2002). Характерными особенностями тундровой растительности является преобладание многолетних цветковых растений, мхов, лишайников, микроярусность, комплексность и мозаичность в ее распределении. Почвообразование в горной тундре происходит в условиях сурового климата, наличия сильных ветров, отсутствия снежного покрова и резких колебаний температур.

Ниже гольцов и горной тундры расположен субальпийский (подгольцовый) пояс, состоящий из подпооясов: криволесье (елово-березовое с различным наземным покровом), луговые поляны (высокотравные), парковое редколесье (елово-пихтовые леса с примесью рябины сибирской, березы пушистой) (Горчаковский, 1975). В нижней части субальпийского пояса парковые леса (высота деревьев 8–10 м) с высотой постепенно переходят в криволесье, где стволы искривлены от основания до вершины, высота деревьев 4–8 м. На верхней границе криволесья деревья представлены карликовыми (берёза извилистая, ель сибирская, пихта сибирская, единично встречается кедр) и стланиковыми (ель, пихта, можжевельник) формами, высотой не более 1 метра. В травяно-кустарничковом ярусе доминируют кустарнички – черника, лерхенфельдия извилистая, голубика и водяника. Выше роль трав усиливается, луговые поляны расширяются, а у верхней границы леса появляется подпояс субальпийских лугов. Горные луга расположены на тех же высотах, что и криволесье, часто перемежаясь с ним, образуя мозаику. Основные площади лугов сосредоточены на восточных склонах и в межгорных седловинах, обычно небольшими массивами. Луговые сообщества поднимаются вверх почти до каменистых россыпей. На западном склоне небольшие пятна лугов вкраплены в редколесья и криволесья. Обязательное условие появления лугов – наличие пологих, значительной протяженности склонов, покрытых мелкоземом, приуроченных к высоте верхней части криволесья или к верхней границе тундры. Луговая полоса по склонам с чисто субальпийскими лугами очень мала – от нескольких десятков до 100–200 м (Овеснов, 1952; Горчаковский, 1975; Баландин, Ладыгин, 2002). Высотные ландшафты не имеют резко выраженных границ и взаимно проникают друг в друга, причем на склонах разных экспозиций высота проникновения различается.

Верхняя граница древесной растительности, считающейся важнейшим ботанико-географическим и индикаторным рубежом в горах, на склонах хребта Басеги проходит на разной высоте в зависимости от экспозиции склонов (Овеснов, 1952; Горчаковский, 1975). В связи с этим, комплекс локальных экологических условий на склонах разных экспозиций будет различаться. Леса произрастают только до определённой высоты и широты, что оказывает влияние и на почвенный покров (Горчаковский, 1975). Сложный переход между различными классами экосистем – лесным и безлесным – создает особое усложнение природы вследствие проникновения сюда фрагментов лесных и безлесных пространств. В силу промежуточного положения предтундровые и субальпийские леса (криволесье) и редколесья отличаются повышенным разнообразием жизни и, как следствие, пестротой почвенного покрова.

В пределах водораздельного пространства в горно-тундровом (гольцовом) и субальпийском (подгольцовом) поясе почвенные разрезы заложены на склонах (740–840 м) различных экспозиций и на выровненных платообразных участках (нагорные террасы или поверхности выравнивания 820–940 м н.у.м.). Схема заложения почвенных разрезов представлена в таблице 1.

Использовали сравнительно-географический, профильный, морфологический методы исследования. Определение почв осуществляли по общепринятым в почвоведении методам макроморфологического описания. Диагностику почв проводили по наличию соответствующего диагностического горизонта согласно классификации почв России (Полевой определитель..., 2008). Морфологическое описание почв проведено в поле, с корректировкой в камеральных условиях. Окраску горизонтов почв определяли по стандартной цветовой шкале (Андропова, 1992).

Показатели высотной организации почв рассчитаны по методике В.С. Крыщенко (Крыщенко, Самохин, 2008), на основе которой абсолютные несравнимые характеристики почвенно-топографических рядов дополнены относительными сравнимыми показателями: Δh – амплитуда распространения почв по высоте ($\Delta h = h_v - h_n$ где, h_v – верхний уровень залегания почв, h_n – нижний уровень залегания почв), м; KB – коэффициент высотной организации почв ($KB = h_v / h_n$), м; ah – плотность заполнения типом почв единицы высоты ($ah = KB * 1000 / \Delta h$).

Таблица 1

Схема заложения почвенных разрезов на водораздельном пространстве хребта Басеги

Структурные элементы водораздельной части литоводосборных бассейнов	Высотный ландшафт	Западная экспозиция		Восточная экспозиция	
		высота, м н.у.м.	номер разреза, (м н.у.м.)	высота, м н.у.м.	номер разреза, (м н.у.м.)
Дуги	Гольцы	> 820	18, (930), 102 (836)	> 920	117 (932), 116 (931), 136 (927), 135 (925)
	Тундра		101 (826)		
Фанды	Переходная зона тундра-криволесье	820–761	134 (811), 7-20 (804), 4-20 (790)	920–840	143 (913), 142 (905), 138 (871), 137 (875), 103 (854), 140 (841)
	Криволесье	760–740	6-20 (760), 31 (755), 118 (751), 120 (745), 56 (743)	840–820	106 (835), 105 (826), 139 (823)

Использован информационно-логический анализ (ИЛА). Первая попытка применения ИЛА к выявлению связей структуры почвенного покрова с главнейшими типами растительности лесостепи была сделана В.М. Фридландом и Е.К. Дайнеко (1969). Применение информационно-логического анализа наиболее перспективно для многофакторных явлений (Пузаченко и др., 1970; Дайнеко, Нешатаев, 1973; Сорочкин, 1977; Пивоварова, 2006; Самофалова, 2017; Ещенко и др., 2018; Пивоварова и др., 2018, 2025; Самофалова, 2020а, 2020б, 2023).

В основу метода ИЛА положены представление об измеряемости информации, которая передается изучаемому явлению от факторов, и оценка силы связи между признаками путем сравнения априорной вероятности (всей выборки) с условными вероятностями (каждого из факторов). С помощью информационно-логического анализа определяется степень связи между явлением и фактором следующими показателями: общая информативность T (бит) и коэффициент эффективности передачи информации от фактора к явлению K (при $K > 0,13$ связь является достоверной). При анализе связей с помощью информационных показателей учитывали следующие характеристики: высотные ландшафты (горная тундра, криволесье, переходная зона тундра-криволесье), типы альфегумусовых почв (дифференциация почвенного покрова на уровне типа проведена по классификации почв России), диагностические горизонты, окраска горизонтов. Для определения степени зависимости проведено ранжирование характеристик и составлены таблицы абсолютной встречаемости сочетаний, а затем рассчитана матрица оценок вероятности сочетаний разных состояний по отношению условной вероятности для каждого ранга явления по каждому рангу фактора. Для каждого центрального образа (таксона) рассчитаны специфичные (наиболее вероятные) состояния признаков (генетически обусловленных свойств почв). Также по величине коэффициента определён таксономический вес диагностических горизонтов альфегумусовых почв для высотных ландшафтов водораздельного пространства.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ И ОБСУЖДЕНИЕ

Профили альфегумусовых почв состоят из отчетливо выраженных и хорошо различимых органогенных и минеральных горизонтов различной мощности (рис. 2). Для почв водораздельного пространства (дуги, фанды) характерно накопление мертвых корней и, соответственно, грубого гумуса, что обусловлено низкими темпами разложения органического материала. Основная часть корневой массы растений сосредоточена в поверхностном рыхлом слое. Мощные торфяные горизонты здесь не образуются. В связи с этим, выделяются различные поверхностные органогенные горизонты: подстильно-торфяной, перегнойно-торфяной, перегнойный, грубогумусированный. Органогенные горизонты различной мощности (от 3 до 15 см) присутствуют практически во всех почвах. Часто в профилях под поверхностным органогенным горизонтом залегает еще один органогенный горизонт, отличающийся степенью разложения и мощностью в более узком диапазоне (2–7 см).

Минеральные горизонты представлены альфегумусовым, подзолистым и гумусовым. Альфегумусовый горизонт в подбурх мощностью от 17 до 30 см, составляя в среднем 24 см. В исследуемых подзолах мощности диагностических горизонтов (E , BHF) меньше, примерно 8–9 см. Гумусовый горизонт в суровых условиях горной тундры и криволесья формируется не всегда, обычно небольшой мощности (в среднем около 13 см) и является диагностическим для выделения дерново-подбуров и дерново-подзолов.



Дерново-подбур иллювиально-железистый, 930 м (р. 18)



Торфяно-подбур глеевый иллювиально-железистый, 913 м (р. 143)



Дерново-подбур иллювиально-гумусово-железистый, 905 м (р. 142)



Подбур иллювиально-железистый оподзоленный, 875 м (р. 137)



Дерново-подбур иллювиально-железистый, 841 м (р. 140)



Дерново-подзол иллювиально-железистый, 836 м (р. 102)



Подзол иллювиально-железистый, 755 м (р. 31)



Подзол грубогумусированный, 751 м (р. 118)



Сухоторфяно-подзол, 745 м (р. 120)

Рисунок 2. Профили почв отдела альфегумусовые. Фото И.А. Самофаловой.

Определена теснота связи между природой горизонтов (органогенные, минеральные) и их окраской. Цветовая характеристика горизонтов разделена на группы: бурые, охристо-бурые, бурые с сероватым оттенком, бурые с темно-черными и бурые с красноватыми оттенками (в некоторых горизонтах присутствуют красноватые оттенки, которые связывают с промерзанием профиля).

В органогенных горизонтах преобладают темно-серые, буровато-черные, черные, черно-серые, темно-бурые цвета (табл. 2). Информационно-логический анализ показал, что для органогенных горизонтов наиболее вероятным является наличие буровато-черных оттенков, характерных для торфообразования, гумусообразования, разложения растительных остатков. Очень темно-красновато-серые, красновато-бурые, красновато-серые цвета преобладают большей частью в гумусовых и иллювиально-гумусово-железистых горизонтах. Красноватый оттенок в горных почвах связан с промерзанием профиля.

Таблица 2

Информационная связь между диагностическими горизонтами типов почв и их окраской
(κ – отношение условной вероятности для каждого ранга явления к каждому рангу фактора)

Горизонты	Окраска горизонтов					
	Бурый	Буровато-серый, светло-бурый	Темно серый, буровато-черный, черный, черно-серый, темно-бурый	Охристо-бурый, темно-охристо-бурый	Очень темно красновато-серый, красновато-бурый, красновато-серый	Светло-серый
Органогенные, органоминеральные (О, АО)	0	0	2,864*	0	0	0
Гумусовые (АУ)	0	1,235	1,349	0,336	1,851	0
Подзолистые (Е)	1,314	0	0,358	0	0	7,886
Иллювиально-гумусовые (ВН)	1,726	1,726	1,432	0	0,875	0
Иллювиально-железистые (BF)	0	0,955	0,521	4,168	0	0
Альфегумусовые (ВНF)	3,003	1,503	0,204	0,818	1,875	0

$T=0,979$; $K=0,395$.

Примечание.

* – достоверная информационная связь между окраской и диагностическим горизонтом; T – количество информации, поступающей от фактора к явлению, бит; K – коэффициент эффективности передачи информации от фактора b к явлению a .

В горизонте *Е* наиболее вероятна окраска светло-серого цвета. Альфегумусовые горизонты различаются по преобладающей наиболее вероятной окраске. Так, в иллювиально-гумусовом *ВН* преобладает буровато-серый, светло-бурый, а также бурый цвет; а в иллювиально-железистом *BF* – выражена окраска охристо-бурых, темно-охристо-бурых цветов. Альфегумусовый горизонт (*ВНF*) без разделения на подгоризонты отличается преобладанием бурой окраски. Итак, для минеральных горизонтов почв наиболее характерно преобладание охристо-бурой окраски, что указывает на преобладающее развитие альфегумусового процесса. Наиболее информативными по окраске являются подзолистый и иллювиально-железистый горизонты. В большей степени варьирует окраска гумусовых и альфегумусовых горизонтов. Связь между диагностическими горизонтами и их окраской характеризуется высокой общей информативностью ($T=0,979$ бит) и имеет высокий коэффициент ($K=0,395$) эффективности передачи информации.

Определен таксономический вес диагностических горизонтов альфегумусовых почв для высотных ландшафтов водораздельного пространства и выявлены закономерности формирования диагностических горизонтов альфегумусовых почв в пространстве (табл. 3).

Общая информативность выявленной связи высокая (0,916 бит). Результаты информационно-логического анализа доказывают, что развитие альфегумусового горизонта является специфичным для суровых условий тундры (водораздельное пространство дуги) при выполюженном рельефе и меньшем количестве осадков. В криволинейном на крутых склонах (водораздельное пространство фанды) при промывном водном режиме и активном боковом внутрпочвенном стоке создаются наиболее благоприятные условия для формирования, в первую очередь, подзолистого горизонта, а затем – различных органогенных и органо-минеральных горизонтов с некоторой оторфованностью.

Таблица 3

Таксономический вес диагностических горизонтов альфегумусовых почв
для высотных ландшафтов водораздельного пространства (n=61)

Высотный ландшафт	Горизонты	P(a _j)	H (a/b)	J(a/b)	T=0,916 K=0,421
Тундра	BHF>H>E>AY>AO,T>G	0,197	2,625	0,126	
Криволесье	E>H>AO>AY	0,098	1,928	0,832	

Примечание.

P(a_j) – условная вероятность явления; H (a/b) – неопределенность явления *a* для каждого состояния *b*; J(a/b) – информация об явлении *a*, содержащаяся в рангах фактора *b*; T – количество информации, поступающей от фактора к явлению, бит; K – коэффициент эффективности передачи информации от фактора *b* к явлению *a*.

Образование почв в пределах водораздельного пространства происходит при обильном промывании профиля осадками до плотной породы, что приводит к значительному выносу оснований. Каждый горизонт в альфегумусовых почвах является геохимическим барьером (сорбционным, физико-химическим, биологическим и др.), выполняющим определенные функции в формировании и развитии профиля; при этом они генетически связаны между собой. Основными элементарными процессами почвообразования являются: аккумуляция и разложение растительных остатков, торфообразование, гумусообразование, кислотный гидролиз минеральных компонентов, выщелачивание, элювирование. Эти процессы выделяются на уровне генетических переходных признаков: *ao*, *h*, *f*, *ap*, *g*, которые указывают на налагающиеся горизонтообразующие процессы: образование грубого гумуса, перегнойности, ожелезнения, глееватости в микропонижениях.

Итак, в почвах отдела *альфегумусовые* визуально отчетливо выделяются диагностические горизонты *BHF* (*подбуры*) и *E* (*подзолы*), являющиеся результатом основных процессов почвообразования – альфегумусового и подзолистого; наличие горизонта *AY* диагностирует дерновый процесс. В тундре на водораздельной части хребта (выположенные участки и древние поверхности выравнивания) под мохово-кустарничковой растительностью развит альфегумусовый процесс; соответственно, в почвенном покрове преобладают *подбуры*. Изменение в составе тундровой растительности (появление мелколиственных пород в сочетании с развитием травяно-кустарничкового яруса) приводит к замене свойственного *подбурам* органогенного горизонта с заторможенными процессами гумификации серогумусовым (дерновым) горизонтом и, соответственно, формированию *дерново-подбура*. Окраска минеральных горизонтов имеет красноватые оттенки согласно цветовой шкале, что указывает на наличие мерзлоты в профиле почв. В березово-еловом криволесье на крутых склонах при явно промывном водном режиме с хорошо развитым боковым внутрипочвенным стоком проявляются подзолистый и альфегумусовый процессы. Здесь почвенный покров представлен *подзлами*. В переходных экотонах альфегумусовый и подзолистый процессы сочетаются с дерновым, создавая условия для развития *дерново-подзолов*. Таким образом, альфегумусовые почвы можно отнести к зональным почвам водораздельного пространства низких гор: в горной тундре специфичным является формирование подбуров, а в криволесье – подзолов.

Полученные данные подтверждают мнение о том, что зональность альфегумусовых почв определяется климатогенным фактором: почвы типичны для гумидного климата бореальной таежной зоны и больших высот со значительным количеством выпадающих осадков (Алябина, Неданчук, 2014; Sanborn et al., 2011; Kabala et al., 2012; Freyeroва, Sefrنا, 2014).

Определены региональные морфолого-генетические особенности почв отдела альфегумусовые: темная окраска горизонтов, много грубых растительных остатков; наличие органогенных горизонтов; мощности органогенных горизонтов больше, чем минеральных гумусовых; органогенный поверхностный горизонт состоит как минимум из 2 слоев, различающихся разной степенью разложенности; наличие в окраске горизонтов красноватого оттенка, что диагностирует промерзание и наличие мерзлоты при отсутствии морфологических признаков оглеения, то есть глубину промерзания профиля; профиль рыхлый, мягкий, слаборазвитый (30–50 см). Информационно-логический анализ зависимости между мощностью профиля и типом почв показал тесную связь с высокой общей информативностью (T=1,26 бит) и высоким коэффициентом передачи каналов связи (K=0,63). Подбуры формируют профиль в основном мощностью 35–42 см, а для подзолов, формирующихся на крутых склонах, мощность профиля чаще всего составляет около 27–30 см.

Различное сочетание и степень проявления горизонтообразующих и элементарных почвенных процессов на склонах западной и восточной экспозиций с учетом высоты местности и мезо-, микрорельефа обуславливает разнообразие типов и подтипов альфегумусовых почв (табл. 4). Почвенный покров достаточно пестрый для таких небольших ареалов тундр и криволесья среди каменистых россыпей и останцев. По классификации почв России (Полевой определитель..., 2008) исследуемые почвы относятся к постлитогенному почвообразованию. Диагностировано 7 типов почв отдела альфегумусовые и 6 подтипов.

Таблица 4

Систематика почв отдела альфегумусовые на водораздельном пространстве хребта Басеги

Тип	Подтипы (только в типах почв отдела альфегумусовые)	Подтипы
Подзолы, Подбуры, Дерново-подзолы, Сухоторфяно-подзолы, Дерново-подбуры, Торфяно-подбуры глеевые, Сухоторфяно-подбуры	Иллювиально-гумусовый Иллювиально-железистый Иллювиально-гумусово-железистый	Грубогумусированный Перегойный Оподзоленный

Установлена тенденция развития подтипов альфегумусовых почв: в более влажных условиях под мощным органометным напочвенным покровом формируется подтип иллювиально-гумусовые; в менее увлажненных условиях – подтип иллювиально-железистые. Полученные данные подтверждают существующее мнение, что формирование подтипа альфегумусовых почв зависит от степени увлажненности территории (Караваева и др., 1992; Алябина, Неданчук, 2014).

Разнообразие почв с учетом экспозиции склонов и их классификационное положение представлено в таблице 5. Для склона западной экспозиции характерно большее разнообразие альфегумусовых почв, в криволесье развиваются подзолы. Выше в переходной зоне и в горной тундре почвенный покров большей частью представлен подбурами и дерново-подбурами. Топографический ряд почв представлен типами (сверху вниз): дерново-подбур, дерново-подзол → подбур, дерново-подбур → подзол, сухоторфяно-подзол.

Таблица 5

Классификационное положение и распространение почв в пределах водораздельного пространства

Высотный ландшафт	Западная экспозиция			Восточная экспозиция		
	Разрез, (н.у.м., м)	Формула профиля	Название	Разрез, (н.у.м., м)	Формула профиля	Название
Гольцы Тундра	18, (930), 102 (836), 101 (826)	O-AYao-BF-R ao-AY-E-BF-R O-ao-E-BHF-R	ДПБ ДПЗ ПЗ	117 (932), 116 (931), 136 (927), 135 (925)	O-BHe-BHF-BF-CR O-BF- R O-BHe-BHF-BF-CR O-ao-BF-R	ПБ ПБ ПБ ПБ
Переходная зона тундра- криволесье	134 (811), 7-20 (804), 4-20 (790)	O-Oao-BHF-R O-BH-BHF-C O-AY-BHF-BF-C	ПБ ПБ ДПБ	143 (913), 142 (905), 137 (875), 138 (871), 103 (854), 140 (841)	O-T-BHe-BHg-G-R O-AY-BH-BHF-R O-BFe-BFh-R O- h-BH-[BHF]'-[BF]'-[BF]"- [BFh]" O-ao-E-BHF-R O-ay-Bh-BF-BFC-R	ТПБгл ДПБ ПБ ПБ ПЗ ДПБ
Криволесье	6-20 (760), 31 (755), 118 (751), 120 (745), 56 (743)	O-E-BH-C O-ao-E-BF-R Oao-E-BH-BF O-TJ-E1-E2-BF-R O-ao-E-BF-R	ПЗ ПЗ ПЗ СТПЗ ПЗ	106 (835), 105 (826), 139 (823)	O-BF- R O-TJ -BH-BF-C O-T-BHF-BHG-G-R	ПБ СТПБ ТПБгл

Примечание.

ПЗ – подзол; ПБ – подбур; ДПЗ – дерново-подзол; ДПБ – дерново-подбур; СТПЗ – сухоторфяно-подзол; СТПБ – сухоторфяно-подбур; ТПБгл – торфяно-подбур глеевый; н.у.м. – высота над уровнем моря, м.

На склоне восточной экспозиции хребта альфегумусовые почвы представлены в основном подбурами, дерново-подбурами, торфяно-подбурами глеевыми. Таким образом, топографический ряд почв следующий: подбур → дерново-подбур, подбур оподзоленный, подзол → подбур, торфяно-подбур глеевый. Кроме того, на водораздельном пространстве диагностирован сложный профиль почвы (р. 138). Таким образом, в пределах исследуемых биоценозов водораздельного пространства

встречаются простые и сложные профили альфегумусовых почв. Простые профили (моногогенетические) развиваются в характерных высотных ландшафтах – в горной тундре и криволесье. Полигенез почв, вероятно, встречается в переходных экотонах тундра-криволесье (еловое мелколесье).

Определены показатели высотной организации преобладающих типов почв отдела альфегумусовые (табл. 6). Условия формирования типов почв различны в зависимости от экспозиции склонов, что отражает амплитуда распространения почв по высоте (Δh). Подзолы и подбуры на склоне западной экспозиции характеризуются наименьшей амплитудой распространения в пространстве по высоте (17 и 20 м, соответственно), а дерново-подбуры – наибольшей (140 м). На склоне восточной экспозиции большая амплитуда распространения, наоборот, отмечается для подбуров и торфяно-подбуров (90 и более м). Подзолы здесь характеризуются, так же как и на западном склоне, наименьшей амплитудой распространения и, возможно, носят локально-точечный характер.

Таблица 6

Показатели высотной организации почв отдела альфегумусовые

Тип почв	Западная экспозиция					Восточная экспозиция				
	высота н.у.м.,м	ландшафт	Δh	KB	ah	высота н.у.м.,м	ландшафт	Δh	KB	ah
Подзолы	743–760	КР	17	1,02	60,00	826–875	КР–Т	49	1,06	21,63
Подбуры	804–824	Т	20	1,02	51,00	826–932	КР, КР–Т, Т	106	1,13	10,66
Дерново-подбуры	790–930	КР–Т, Т	140	1,18	8,43	841–905	КР–Т	64	1,08	16,88
Торфяно-подбуры глеевые	–	–	–	–	–	823–913	КР, КР–Т	90	1,11	12,33

Примечания.

КР – криволесье; Т – тундра; КР–Т – переходный экотон криволесье-тундра; Δh – амплитуда распространения почв по высоте, м; KB – коэффициент высотной организации почв; ah – плотность заполнения типом почв единицы высоты.

Коэффициент высотной организации на склоне восточной экспозиции выше для подбуров и торфяно-подбуров, а на склоне западной экспозиции – для дерново-подбуров. Большое значение показателя ah указывает на более плотное заполнение типом почвы единицы высоты. Плотность заполнения типом почв единицы высоты максимальна у подзолов и подбуров на склоне западной экспозиции. Более «растянуты» на склоне по плотности заполнения единицы высоты – дерново-подбуры. Следовательно, на склоне западной экспозиции можно отметить более строгую приуроченность типов альфегумусовых почв к высотным ландшафтам на определенной высоте.

На склоне восточной экспозиции отмечается иная тенденция распространения почв. Во всех высотных ландшафтах диагностированы подбуры, которые все же в большей степени приурочены к гольцовым ландшафтам в горной тундре. Плотность заполнения типом единицы высоты здесь минимальная (10,66). В переходной зоне криволесье-тундра встречаются все выделенные типы почв, которые здесь перемешаны, мозаично проникая в ареалы друг друга. Только подзолы в переходном экотоне приурочены к определенной высоте, что демонстрирует показатель плотности заполнения типом почвы единицы высоты, наибольший для почв восточного склона. В криволесье под еловым мелколесьем с мохово-лишайниковым напочвенным покровом в микропонижениях, на плоских или вогнутых поверхностях с близким залеганием мерзлоты в профилях почв проявляются признаки слабой глееватости: сизоватая окраска, потечности гумуса, железистая цементация. Почвенный покров здесь представлен торфяно-подбурами глеевыми и подбурами. Плотность заполнения единицы высоты типом почв у торфяно-подбуров глеевых и дерново-подбуров несколько выше, чем у подбуров. Это указывает на некоторую приуроченность данных типов альфегумусовых почв к высотным условиям ниже границы горной тундры.

Таким образом, показатели высотной организации почв подтверждают предположение о том, что альфегумусовые почвы могут быть зональными для водораздельной части хребта, незатронутого процессами бассейнообразования.

Проведен информационно-логический анализ распространения альфегумусовых почв в пределах водораздельного пространства с учетом высотных ландшафтов (табл. 7). Результаты расчетов позволяют выделить наиболее вероятное (приоритетное) формирование почв в конкретных высотных ландшафтах. Так, в горной тундре наиболее вероятно образование подбуров.

Выстраивается ряд почв по максимальной вероятности (от большей к меньшей): подбуры > дерново-подбуры, дерново-подзолы >> подзолы. В переходной зоне тундра-криволесье наиболее вероятно развитие: дерново-подбуров, дерново-подзолов >> подбуров > торфяно-подбуров, торфяно-подзолов >> подзолов. В криволесье в большей степени создаются условия для наиболее вероятного формирования: подзолов > сухоторфяно-подзолов, торфяно-подбуров >> подбуров.

Таблица 7

Распространение альфегумусовых почв в водораздельном пространстве низких гор
(κ – отношение условной вероятности для каждого ранга явления к каждому рангу фактора)

Высотный ландшафт водораздельной части литоводосборных бассейнов	Типы почв			
	Подзолы	Подбуры	Дерново-подбуры, дерново-подзолы	Торфяно-подбуры, торфяно-подзолы
Тундра	0,521	1,667	1,042	–
Переходная зона (тундра-криволесье)	0,347	1,111	2,083	0,925
Криволесье	1,875*	0,500	–	1,667

T = 0,3647; K = 0,2348.

Примечание.

* – достоверная информационная связь; T – количество информации, поступающей от фактора к явлению, бит; K – коэффициент эффективности передачи информации от фактора *b* к явлению *a*.

Итак, оценка высотной организации почвенно-топографических рядов водораздельного пространства в условиях низких гор показала, что типы зональных почв отдела *альфегумусовые* имеют определенную связь с абсолютной высотой местности и приуроченность к определенным высотным ландшафтам. Меньшую протяженность по высоте занимают почвы в криволесье, развивающиеся в ограниченных геоморфологических и климатических условиях.

Почвы в пределах водораздельного пространства низких гор можно считать уникальными объектами, формирующимися в специфических экологических условиях, которые хранят в своих свойствах различную информацию и находятся одновременно и в стадии первичного почвообразования, и в стадии разрушения (постоянного «омолаживания»).

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Закономерности распространения альфегумусовых почв в ландшафтах водораздельной части хребта определяются пространственной вариабельностью поверхностных седиментов, рельефом и растительностью. Высота распространения ландшафтов различается на склонах разных экспозиций. Соответственно, изменение состава почвенного покрова водораздельной части низких гор происходит в зависимости и от экспозиции склонов. Установлена тенденция развития подтипов альфегумусовых почв: в более влажных условиях под мощным органогенным напочвенным покровом формируются подтипы иллювиально-гумусовые, в менее увлажненных условиях – подтипы иллювиально-железистые. Почвенный покров в пределах водораздельного пространства низких гор представлен разными типами почв отдела альфегумусовые, которые рекомендуем отнести к зональным почвам: в горной тундре – подбуры, криволесье – подзолы, переходной зоне тундра-криволесье – дерново-подбуры, дерново-подзолы.

ЛИТЕРАТУРА

- Алябина И.О., Неданчук И.М. Оценка связи распространения почвенных горизонтов с климатическими параметрами // Почвоведение. 2014. № 10. С. 1165–1176. <https://doi.org/10.7868/S0032180X14080012>
- Андропова М.И. Стандартная цветовая шкала для полевого определения и кодирования окраски почв. Москва: РосНИИземпроект, 1992.
- Бадмаев Н.Б., Нимаева О.Д., Нанзатов Т.З., Шахматов М.Ю. О пространственной организации почвенного покрова мерзлотной лесостепи Забайкалья // Вестник Бурятского государственного университета. Биология. География. 2011. № 4. С. 197–200.
- Баландин С.В., Ладыгин И.В. Флора и растительность хребта Басеги: (Средний Урал). Пермь: Издательство Инта экологии растений и животных УрО РАН, 2002. 190 с.
- Владыченский А.С. Особенности горного почвообразования. Москва: Наука, 1998. 190 с.
- Воробьева Г.А. Почва как летопись природных событий Прибайкалья: проблемы эволюции и классификации почв. Иркутск: Издательство ИГУ, 2010. 205 с.

- Глазовская М.А. Почвы мира: основные семейства и типы почв. Москва: Издательство МГУ, 1972. Т. 1. 234 с.
- Горчаковский П.Л. Растительный мир высокогорного Урала. Москва: Наука, 1975. С. 13–67.
- Дайнеко Е.К., Нешатаев Ю.Н. Анализ структуры почвенного и растительного покровов Казацкой степи Центрально-черноземного заповедника им. В.В. Алехина // Структура почвенного покрова и методы ее изучения. Москва: Издательство Почвенного института им. В.В. Докучаева, 1973. С. 170–188.
- Дайнеко Е.К., Фридланд В.М. Опыт применения информационно-логического анализа для выяснения взаимосвязей между факторами почвообразования и некоторыми морфологическими свойствами почв // Структура почвенного покрова, почвенные комбинации, их классификация и методы изучения. Москва: Наука, 1969. С. 56–57.
- Ещенко С.И., Мягкий П.А., Татаринцев В.Л., Татаринцев Л.М. Моделирование мелиоративного состояния пахотных земель по данным гранулометрического состава // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. 2018. № 8. С. 59–64.
- Караваева Н.А., Таргульян В.О., Черкинский А.Е., Целищева Л.К., Грачева Р.Г., Марголина Н.Я., Ильичев Б.А., Горячкин С.В., Александровский А.Л., Хитров Н.Б., Замотаев И.В., Панкова Е.И., Айдаров И.П., Ромашкевич А.И., Черняховский А.Г., Бирин А.Г., Гоголев А.И., Розанов А.Б. Элементарные почвообразовательные процессы: опыт концептуального анализа, характеристика, систематика. Москва: Наука, 1992. 186 с.
- Карпачевский Л.О. Почвообразование в горах Сихотэ-Алиня. Москва: ГЕОС, 2012. 138 с.
- Климат и гидрография заповедника «Басеги». [Электронный ресурс]: официальный сайт заповедника «Басеги». URL: <http://www.basegi.ru/o-zapovednike/prirodnye-isloviya/klimati-gidrografiya> (дата обращения 06.02.2016).
- Ковалева Н.О. Горные почвы как архив палеоэкологической информации // Почвы в биосфере и жизни человека. Москва: ФГБОУ ВПО МГУЛ, 2012. С. 135–182.
- Крыщенко В.С., Самохин А.П. Матричная закономерность в топографии почв. Ростов-на-Дону: Издательство ЮФУ, 2008. 320 с.
- Овеснов А.М. Горные луга западного Урала. Пермь: Молотовгиз, 1952. 130 с.
- Пивоварова Е.Г. Решение вопросов пространственной и временной вариации агрохимических свойств почв с помощью информационно-логического анализа // Агрохимия. 2006. № 8. С. 77–84.
- Пивоварова Е.Г., Кононцева Е.В., Хлуденцов Ж.Г., Попова Е.С. Система агрохимических показателей в региональной классификации почв Алтайского края // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. 2018. № 8. С. 40–47.
- Пивоварова Е.Г., Макарычев С.В., Гейке И.В. Математические модели эталонов почв борных ложбин древнего стока Алтайского края // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. 2025. № 2 (244). С. 22–28. <https://doi.org/10.53083/1996-4277-2025-244-2-22-28>
- Полевой определитель почв России. Москва: Почвенный институт им. В.В. Докучаева, 2008. 182 с.
- Пузаченко Ю.Т., Карпачевский Л.О., Взнуздаев Н.А. Возможности применения информационно-логического анализа при изучении почвы на примере ее влажности // Закономерности пространственного варьирования свойств почв и информационно-статистические методы их изучения. Москва: Наука, 1970. С. 121–130.
- Самофалова И.А. Информационно-логический анализ дифференциации почвенного покрова высотных геосистем на Среднем Урале // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. 2017. № 11 (157). С. 105–114.
- Самофалова И.А. Почвенное разнообразие тундровых и гольцовых ландшафтов в заповеднике «Басеги» // Географический вестник. 2018. № 1. С. 16–28. <https://press.psu.ru/index.php/geogr/article/view/1329>
- Самофалова И.А. Индикационная связь между генетическими признаками почв и высотными ландшафтами на Среднем Урале (хребет Басеги) // Российский журнал прикладной экологии. 2019. № 2 (18). С. 42–48. <https://rjae.ru/index.php/rjae/article/view/82>
- Самофалова И.А. Геомоделирование почвенного покрова на основе обобщенного пространственного анализа территории заповедника "Басеги" (Средний Урал) // ИнтерКарто. ИнтерГИС. 2020а. Том 26. № 4. С. 131–146. <https://doi.org/10.35595/2414-9179-2020-4-26-131-146>
- Самофалова И.А. Использование бассейнового подхода для изучения дифференциации растительного и почвенного покровов (хребет Басеги, Средний Урал) // География и природные ресурсы. 2020б. № 1. С. 175–184. [https://doi.org/10.21782/GIPR0206-1619-2020-1\(175-184\)](https://doi.org/10.21782/GIPR0206-1619-2020-1(175-184))

Самофалова И.А. Почва как компонент охраняемых ландшафтов в системе ООПТ (на примере ФГБУ "Государственный заповедник "Басеги") // Агрохимический вестник. 2021. № 1. С. 19–27. <https://doi.org/10.24412/1029-2551-2021-1-004>

Самофалова И.А. Пространственно-структурная организация почвенного покрова западного макросклона Среднего Урала. Автореферат диссертации ... д-р биол. наук. Пермь, 2023. 34 с.

Самофалова И.А., Трифонова Т.А., Шутов П.С. Почвенно-ландшафтное районирование территории заповедника «Басеги» на основе данных дистанционного зондирования земли // Цифровая география: материалы Всероссийской научно-практической конференции с международным участием (Пермь, 16–18 сентября 2020 г.) / С.В. Пьянков (отв. ред.), С.А. Бузмаков, Н.А. Калинин, Н.Н. Назаров, С.В. Копытов. Пермь: Пермский государственный научно-исследовательский университет, 2020. Том 1. С. 158–162.

Соколов И.А. Пространственно-временная организация педосферы и ее эволюционно-экологическая обусловленность // Почвоведение. 1993. № 7. С. 12–22.

Сорочкин В.М. О применении информационно-логического метода в почвенных исследованиях // Почвоведение. 1977. № 9. С. 131–139.

Старцев В.В., Жангуров Е.В., Дымов А.А. Характеристика почв высотных поясов хребта Яптыкнырд (Приполярный Урал) // Вестник Томского государственного университета. Биология. 2017. № 38. С. 6–27. <https://doi.org/10.17223/19988591/38/1>

Таргульян В.О. Почвообразование и выветривание в холодных гумидных областях. Москва: Наука, 1971. 268 с.

Трифопова Т.А. Формирование почвенного покрова гор: геосистемный аспект // Почвоведение. 1999. № 2. С. 174–181.

Трифопова Т.А. Развитие бассейнового подхода в почвенных и экологических исследованиях // Почвоведение. № 9. 2005. С. 1054–1061.

Broll G., Keplin B. Mountain ecosystems: studies in treeline ecology. Berlin; Heidelberg: Springer, 2005. 354 p.

Freyerova K., Sefrna L. Soil organic carbon density and storage in podzols – a case study from Ralsko region (Czech Republic) // AUC Geographica. 2014. Vol. 49. No. 2. P. 65–72. <http://dx.doi.org/10.14712/23361980.2014.16>

Kabala C., Waroszewski J., Bogacz A., Labaz B. O specifice bielie gorskich on the specifics of podzols in mountain areas // Roczniki Gleboznawcze. Soil Science Annual. 2012. Vol. 63. No. 2. P. 55–64. (in Poland). <https://doi.org/10.2478/v10239-012-0018-z>

Samofalova I.A. Typical features of short-profile soils in the Middle Urals // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. The VIII Congress of the Dokuchaev Soil Science Society. IOP Publishing, 2021. Vol. 862. No. 1. P. 012009. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/862/1/012009>

Sanborn P., Lamontagne L., Hendershot W. Podzolic soils of Canada: Genesis, distribution, and classification // Canadian Journal of Soil Science. 2011. Vol. 91 (5). P. 843–880. <https://doi.org/10.4141/cjss10024>

Sanchez P.A., Ahamed S., Carré F., Hartemink A.E., Hempel J., Huising J., Lagacherie P., McBratney A.B., McKenzie N.J., de Mendonca-Santos M., Minasny B., Montanarella L., Okoth P., Palm C.A., Sachs J.D., Shepherd K.D., Vågen N-G., Vanlauwe B., Walsh V.G., Winowiecki L.A., Zhang G-L. Digital soil map of the World // Science. 2009. Vol 325. № 5941. P. 680–681. <https://doi.org/10.1126/science.117508>

Поступила в редакцию 17.01.2025

Принята 06.03.2025

Опубликована 25.05.2025

Сведения об авторе:

Самофалова Ираида Алексеевна – доктор биологических наук, доцент, профессор кафедры агрохимии и почвоведения ФГБОУ ВО «Пермский государственный аграрно-технологический университет имени академика Д.Н. Прянишникова» (г. Пермь, Россия); samofalovairaida@mail.ru

Автор прочитал и одобрил окончательный вариант рукописи.



Статья доступна по лицензии [Creative Commons Attribution 4.0 License](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/)

Distribution of Al-Fe-humus soils within the low mountains watershed area in the Middle Urals (using the Basegi ridge as an example)

© 2025 I. A. Samofalova 

Perm State Agro-Technological University named after academician D.N. Prianishnikov, Petropavlovskaya 23, Perm, Russia. E-mail: samofalovairaida@mail.ru

The aim of the study. To study the distribution patterns of Al-Fe-humus soils in the watershed area of the low mountains (mountain tundra and goltsy landscapes, crooked forests) in the Middle Urals (within the Perm region).

Location and time of the study. The research was conducted within the undisturbed part of the Middle Ural, i.e. the Basegi Ridge, which is included in the Basegi State Nature Reserve and is located in the eastern part of the Perm Territory, on the western slope of the Ural Mountains (58°45'-59°00' N, 58°15'-58°38' E) in the interfluvium of the Usva and Vilva Rivers. The territory is remote from industrial centers. The data obtained in 2009–2020 were used to characterize the soils.

Methods. Al-Fe-humus soils were the object of the study. Comparative-geographical, profile, macromorphological research methods, as well as information-logical analysis were used. Soil diagnostics was based on the presence of the corresponding diagnostic horizon according to the soil classification of Russia. Morphological description of soils was carried out in the field, with some adjustments in the office. Soil samples were selected based on genetic horizons, the color of which was determined using a standard color scale. Information-logical analysis was performed in the ALI program developed in the Altai State Agrarian University, Russia.

Results. The alphehumus soils profiles consisted of clearly expressed and well-distinguished organogenic and mineral horizons. Organogenic horizons of varying thickness (from 3 to 15 cm) were present in almost all types of soils. The strength of the relationship between the nature of the horizons (organogenic, mineral) and their color was determined. Diagnostic horizons of soils of the Al-Fe-humus section were visually clearly distinguished: BHF (Podburs), E (Podzols), indicating the main processes of soil formation: Al-Fe-humus, podzolic. Regional morphological and genetic features of soils and diagnostic horizons patterns formation in space were determined: development of the Al-Fe-humus horizon was specific to the harsh conditions of the flattened relief tundra; crooked forests had the most favorable conditions for the formation of the podzolic horizon. Simple profiles (monogenetic) develop in the typical high-altitude landscapes, i.e. in the mountain tundra and crooked forest. Soil polygenesis occurs in transitional ecotones of the tundra-crooked forest (e.g. spruce small forest). Seven types and sxi subtypes of soils of the Al-Fe-humus section were diagnosed.

Conclusions. The distribution patterns of Al-Fe-humus soils in the landscapes of the Basegi ridge watershed are determined by the spatial variability of surface sediments, relief, and vegetation. The altitude of the landscape distribution varied on differently exposed slopes. Accordingly, the change in the soil cover composition of the low mountains watershed occurs depending on the slope exposure. A tendency for the development of Al-Fe-humus soil subtypes was revealed: under the more humid conditions, illuvial-humus subtypes are formed under a thick organogenic ground cover, whereas under the less humid conditions, illuvial-ferruginous subtypes develop. The watershed soil cover in the low mountains is represented by different types of the Al-Fe-humus soils, which we recommend classifying as zonal soils, i.e. as Podburs in the mountain tundra, as Podzols in the crooked forests, and as Sod-Podburs and Sod-Podzols in the transition zone from the tundra to the crooked forest.

Keywords: Al-Fe-humus soils; diagnostic horizons; soil classification; tundra; crooked forest; transitional ecotones; landscapes; information-logical analysis.

How to cite: Samofalova I.A. Distribution of Al-Fe-humus soils within the watershed area of low mountains in the Middle Urals (using the Basegi ridge as an example). *The Journal of Soils and Environment*. 2025. 8(2). e294. DOI: [10.31251/pos.v8i2.294](https://doi.org/10.31251/pos.v8i2.294) (in Russian with English abstract).

REFERENCES

- Alyabina I.O., Nedanchuk I.M. Assessment of the relationships between the distribution of soil horizons and the climatic parameters. *Eurasian Soil Science*. 2014. Vol. 47. No. 10. P. 968–979. <https://doi.org/10.1134/S1064229314080018>
- Andronova M.I. Standard color scale for field determination and coding of soil color. Moscow: RosNIIZemproekt, 1992. (in Russian).
- Badmaev N.B., Nimaeva O.D., Nanzatov T.Z., Shakhmatov M.Yu. On spatial organization of soil cover of permafrost forest-steppe in Zabaikalye. *Bulletin of the Buryat State University. Biology. Geography*. 2011. No. 4. P. 197–200. (in Russian).

- Balandin S.V., Ladygin I.V. Flora and vegetation of the Basegi ridge: (Middle Urals). Perm: Publishing house of the Institute of Plant and Animal Ecology of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences, 2002. 190 p. (in Russian).
- Vladychensky A.S. Features of mountain soil formation. Moscow: Nauka Publ., 1998. 190 p. (in Russian).
- Vorobyova G.A. Soil as a chronicle of natural events in the Baikal region: problems of soil evolution and classification. Irkutsk: Irkutsk State University Publishing House, 2010. 205 p. (in Russian).
- Glazovskaya M.A. Soils of the world: main families and types of soils. Moscow: Moscow State University Press, 1972. Vol. 1. 234 p. (in Russian).
- Gorchakovskiy P.L. Plant community of the highland Urals. Moscow: Nauka Publ., 1975. P. 13–67. (in Russian).
- Daineko E.K., Neshataev Yu.N. Analysis of the structure of the soil and vegetation covers of the Kazatskaya steppe of the Central Black Earth Reserve named after V.V. Alekhine. In book: The structure of the soil cover and methods of its study. Moscow: Publishing house of the Soil Institute named after V.V. Dokuchaev, 1973. P. 170–188. (in Russian).
- Daineko E.K., Fridland V.M. Experience of using information-logical analysis to clarify the relationships between soil formation factors and some morphological properties of soils. In book: Structure of soil cover, soil combinations, their classification and methods of study. Moscow: Nauka Publ., 1969. P. 56–57. (in Russian).
- Yeshchenko S.I., Myagkiy P.A., Tatarintsev V.L., Tatarintsev L.M. Simulation of meliorative condition of arable lands according to particle-size composition data. Bulletin of Altai State Agricultural University. 2018. No. 8. P. 59–64. (in Russian).
- Karavaeva N.A., Targulyan V.O., Cherkinskiy A.E., Tselischeva L.K., Gracheva R.G., Margolina N.Ya., Iljchev B.A., Goryachkin S.V., Aleksandrovskiy A.L., Khitrov N.B., Zamotaev I.V., Pankova E.I., Aidarov I.P., Romashkevich A.I., Chernyakhovskiy A.G., Birina A.G., Gogolev A.I., Rozanov A.B. Elementary soil-forming processes: approach to conceptual analysis, characteristics, systematics. Moscow: Nauka Publ., 1992. 186 p. (in Russian).
- Karpachevskiy L.O. Soil formation in the Sikhote-Alin Mountains. Moscow: GEOS, 2012. 138 p. (in Russian).
- Climate and hydrography of the Basegi reserve. [Electronic resource]: official website of the Basegi Nature Reserve. URL: <http://www.basegi.ru/o-zapovednike/prirodnye-isloviya/klimati-gidrografiya> (accessed on 06.02.2016). (in Russian).
- Kovaleva N.O. Mountain soils as an archive of paleoecological information. In book: Soils in the biosphere and human life. Moscow: FGBOU VPO MSU, 2012. P. 135–182. (in Russian).
- Kryshchenko V.S., Samokhin A.P. Matrix regularity in soil topography. Rostov-on-Don: Publishing house of Southern Federal University, 2008. 320 p. (in Russian).
- Ovesnov A.M. Mountain meadows of the Western Urals. Perm: Molotovgiz, 1952. 130 p. (in Russian).
- Pivovarov E.G. Studying the spatial and temporal variation of agrochemical soil properties using information-logical analysis. Agrokhimiya. 2006. No. 8. P. 77–84. (in Russian).
- Pivovarov Ye.G., Konontseva Ye.V., Khludentsov J.G., Popova Ye.S. The system of agrochemical indices in the regional soil classification of the Altai region. Bulletin of Altai State Agricultural University. 2018. No. 8. P. 40–47. (in Russian).
- Pivovarov E.G., Makarychev S.V., Gefke I.V. Mathematical models of soil reference standards of pine-forest hollows of ancient streamflows in the Altai region. Bulletin of Altai State Agricultural University. 2025. No. 2 (244). P. 22–28. (in Russian). <https://doi.org/10.53083/1996-4277-2025-244-2-22-28>
- Field guide to soils of Russia. Moscow: Dokuchaev Soil Science Institute, 2008. 182 p. (in Russian).
- Puzachenko Yu.T., Karpachevskiy L.O., Vznuzdayev N.A. Possibilities of using information-logical analysis in studying soil using its moisture content as an example. In book: Patterns of spatial variation of soil properties and information-statistical methods for studying them. Moscow: Nauka Publ., 1970. P. 121–130. (in Russian).
- Samofalova I.A. Information-logical analysis of soil cover differentiation of the altitude geosystems in the Middle Urals. Bulletin of Altai State Agricultural University. 2017. No. 11 (157). P. 105–114. (in Russian).
- Samofalova I.A. Soil diversity of tundra and goletz landscapes in the Basegi Reserve. Geographical Bulletin. 2018. Vol. 1. P. 16–28. (in Russian). <https://press.psu.ru/index.php/geogr/article/view/1329>
- Samofalova I.A. Indicative link between genetic signs of soil and high-altitude landscapes in the Middle Ural (Ridge Basegi). Russian Journal of Applied Ecology. 2019. No. 2 (18). P. 42–48. (in Russian). <https://rjae.ru/index.php/rjae/article/view/82>

- Samofalova I.A. Geomodeling of soil cover on the basis of generalized spatial analysis territories of the "Basegi" Reserve (Middle Ural). *InterCarto. InterGIS*. 2020a. Vol. 26. No. 4. P. 131–146. (in Russian). <https://doi.org/10.35595/2414-9179-2020-4-26-131-146>
- Samofalova I.A. Using the basin approach to study the differentiation of vegetation and soil cover (Basegi ridge, Middle Urals). *Geografia i prirodnye resursy*. 2020b. No. 1. P. 175–184. (in Russian). [https://doi.org/10.21782/GIPR0206-1619-2020-1\(175-184\)](https://doi.org/10.21782/GIPR0206-1619-2020-1(175-184))
- Samofalova I.A. Soil as a component of protected landscapes in the system of specially protected natural territories (on the example "Basegi" state reserve). *Agrochemical Herald*. 2021. No. 1. P. 19–27. (in Russian). <https://doi.org/10.24412/1029-2551-2021-1-004>
- Samofalova I.A. Spatial-structural organization of the soil cover of the western macroslope of the Middle Urals. Abstract of Dissertation ... Dr. of Biol. Sci. Perm, 2023. 34 p. (in Russian).
- Samofalova I., Trifonova T., Shutov P. Soil-landscape zoning territories of the Basegi reserve based on the earth remote sensing data. In book: *Digital Geography: Proceedings of the All-Russian Scientific and Practical Conference with International Participation (Perm, 16–18 September, 2020) / S.V. Pyankov (editor), S.A. Buzmakov, N.A. Kalinin, N.N. Nazarov, S.V. Kopytov*. Perm: Perm State Research University, 2020. Vol. 1. P. 158–162. (in Russian).
- Sokolov I.A. Spatio-temporal organization of the pedosphere and its evolutionary-ecological determinacy. *Pochvovedenie*. 1993. No. 7. P. 12–22. (in Russian).
- Sorochkin V.M. On the use of the information-logical method in soil studies. *Pochvovedenie*. 1977. No. 9. P. 131–139. (in Russian).
- Startsev V.V., Zhangurov E.V., Dymov A.A. Characteristics of soils in altitudinal belts of the Yaptiknyrd ridge (Subpolar Urals). *Tomsk State University Journal of Biology*. 2017. No. 38. P. 6–27. (in Russian). <https://doi.org/10.17223/19988591/38/1>
- Targulyan V.O. Soil formation and weathering in cold humid regions. Moscow: Nauka Publ., 1971. 268 p. (in Russian).
- Trifonova T.A. Formation of the soil mantle in mountains: the geosystem aspect. *Pochvovedenie*. 1999. No. 2. P. 174–181. (in Russian).
- Trifonova T.A. Development of a basin approach in pedological and ecological studies. *Eurasian Soil Science*. 2005. Vol. 38. No. 9. P. 931–937.
- Broll G., Keplin B. Mountain ecosystems: studies in treeline ecology. Berlin; Heidelberg: Springer, 2005. 354 p.
- Freyerova K., Sefrna L. Soil organic carbon density and storage in podzols – a case study from Ralsko region (Czech Republic). *AUC Geographica*. 2014. Vol. 49. No. 2. P. 65–72. <http://dx.doi.org/10.14712/23361980.2014.16>
- Kabala C., Waroszewski J., Bogacz A., Labaz B. O specifice bielie gorskich on the specifics of podzols in mountain areas. *Roczniki Gleboznawcze. Soil Science Annual*. 2012. Vol. 63. No. 2. P. 55–64. (in Poland). <https://doi.org/10.2478/v10239-012-0018-z>
- Samofalova I.A. Typical features of short-profile soils in the Middle Urals. IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. The VIII Congress of the Dokuchaev Soil Science Society. IOP Publishing, 2021. Vol. 862. No. 1. P. 012009. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/862/1/012009>
- Sanborn P., Lamontagne L., Hendershot W. Podzolic soils of Canada: Genesis, distribution, and classification. *Canadian Journal of Soil Science*. 2011. Vol. 91 (5). P. 843–880. <https://doi.org/10.4141/cjss10024>
- Sanchez P.A., Ahamed S., Carré F., Hartemink A.E., Hempel J., Huising J., Lagacherie P., McBratney A.B., McKenzie N.J., de Mendonca-Santos M., Minasny B., Montanarella L., Okoth P., Palm C.A., Sachs J.D., Shepherd K.D., Vågen N-G., Vanlauwe B., Walsh V.G., Winowiecki L.A., Zhang G-L. Digital soil map of the World. Science. 2009. Vol 325. № 5941. P. 680–681. <https://doi.org/10.1126/science.117508>

Received 17 January 2025

Accepted 06 March 2025

Published 25 May 2025

About the author:

Iraida A. Samofalova – Doctor of Biological Sciences, Associate Professor, Professor of the Department of Agrochemistry and Soil Science in the Perm State Agro-Technological University named after academician D.N. Prianishnikov (Perm, Russia); samofalovairaida@mail.ru

The author read and approved the final manuscript



The article is available under [Creative Commons Attribution 4.0 License](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/)