

## ГЕНЕЗИС И ГЕОГРАФИЯ ПОЧВ

УДК 631.48

### ПОЧВЫ ГОРНОГО ХРЕБТА РАЙ-ИЗ (ПОЛЯРНЫЙ УРАЛ)

© 2023 г. Е. В. Жангуров<sup>а</sup>, \*, М. А. Королёв<sup>а</sup>, Ю. А. Дубровский<sup>а</sup>, Е. В. Шамрикова<sup>а</sup>

<sup>а</sup>Институт биологии Коми научного центра УрО РАН,  
ул. Коммунистическая, 28, Сыктывкар, 167982 Россия

\*e-mail: zhan.e@mail.ru

Поступила в редакцию 11.10.2022 г.

После доработки 08.12.2022 г.

Принята к публикации 09.12.2022 г.

На основе профильно-генетического подхода проведена диагностика и определено классификационное положение ранее малоизученных почв лиственничных редколесий, горных тундр и пояса холодных гольцовых пустынь Полярного Урала, сформированных в различных геоморфологических условиях. Дана морфологическая, физико-химическая и химическая характеристика исследуемых профилей почв, сформированных на породах основного и ультраосновного составов. Выявлено, что основной фон почвенного покрова под лиственничниками составляют подбуры оподзоленные и иллювиально-гумусовые. Обе почвы по WRB-2015 являются Entic Podzol (Skeletal). Показано, что в условиях горных тундр сформированы глееземы перегнойные окисленно-глеевые или Reductaquic Gleysol (Thixotropic) и серогумусовые почвы или Skeletic Phaeozem. В экстремальных условиях почвообразования пояса холодных гольцовых пустынь (900–1033 м над ур. м.) локальные площади занимают различные подтипы глееземов, Reductaquic Gleysol и Turbic Gleysol (Abruptic). Установлено, что поверхностное, преимущественно напочвенное поступление растительного опада, медленная его минерализация обуславливают формирование грубогумусовых верхних горизонтов с широким молекулярным отношением C/N.

**Ключевые слова:** высотная поясность, диагностические горизонты, *Larix sibirica*, почвообразующие породы, криолитозона

**DOI:** 10.31857/S0032180X22601256, **EDN:** HOOWZG

#### ВВЕДЕНИЕ

Специфические сочетания факторов и быстрые пространственные смены их параметров, по сравнению с равнинными ландшафтами, становятся наиболее значимыми для почвообразования в горных областях. Пестрота почвенного покрова зависит от абсолютной высоты хребтов, солярной и ветровой экспозиции склонов, температурных инверсий, химико-минералогического состава почвообразующих пород и характера растительного покрова [3, 10, 32]. Состав и химическая активность веществ, образующихся в результате минерализации и гумификации растительного опада и активно мигрирующих по почвенному профилю, в значительной степени определяют морфологические и генетические особенности почв. В этой связи сопряженное изучение ландшафтно-экологических условий почвообразования и особенностей генезиса почв во взаимосвязи с характером изменения растительного покрова является актуальной проблемой географии почв.

Интересным объектом в этом отношении является Собь-Елецкая долина Полярного Урала, отличающаяся богатым петрографическим и хи-

мическим составом горных пород (ультраосновные, основные, кислые и карбонатные), что обеспечивает широкое разнообразие почв. Наличие многочисленных горных массивов определяет формирование высотной поясности, а минералого-петрографическое разнообразие слагающих горных пород в значительной степени влияет на растительность [22].

Несмотря на длительную историю исследований почв горной ландшафтной зоны Полярного Урала [1, 2, 11, 17, 20, 29, 34, 36, 44, 45], вопросы генезиса, диагностики и классификации этих почв, высотно-поясной дифференциации почвенного покрова и роли пестроты минералогического состава почвообразующих пород до сих пор остаются слабоизученными. Распределение почв на территории исследования в значительной мере определяется как характером рельефа, который представлен преимущественно среднегорными массивами с отметками высот от 700 до 1500 м над ур. м., так и спецификой высотной поясности растительного покрова [5]. Литературные данные пространственного размещения типов и подтипов почв в системе высотного градиента от подножия до вершины склона горных хребтов Полярного Ура-

ла являются единичными [1, 11]. К настоящему времени наименее исследованными на Полярном Урале являются почвы, формирующиеся на продуктах выветривания горных пород основного и ультраосновного состава [20, 41].

Актуальность исследований подобных объектов определяется не только региональной значимостью, но и необходимостью решения ряда фундаментальных задач с учетом современных наработок субстантивно-генетической классификации почв России. Особенности почвообразования и выветривания на элювии массивнокристаллических пород основного состава в условиях гумидного полярно-бореального климата в настоящее время хорошо изучены [8, 12, 18, 28, 29]. Показано, что направление почвообразования на кристаллических породах обусловлено составом пород и степенью их устойчивости к процессам выветривания минеральной матрицы, обогащенной слоистыми силикатами [7, 18, 19, 41]. Учитывая широкое географическое распространение магматических пород основного состава в различных биоклиматических и литолого-геоморфологических условиях формирующиеся на них почвы имеют как полноразвитые, так и маломощные профили, относящиеся к отделам альфегумусовых (подбуры), структурно-метаморфических (буроземы) и слаборазвитых (петроземы). При этом в ряде случаев многие из этих почв хроматически дифференцированы по подзолисту типу. Как отмечает Лесовая с соавт. [19, с. 407] для решения “вопросов генезиса, географии и классификации почв на плотных породах необходимо накопление и последующее обобщение конкретных данных по этим почвам в различных регионах и на различных по составу плотных породах”.

Учитывая труднодоступность и фрагментарность почвенно-географических исследований Полярного Урала, в настоящее время представляется необходимым более детальное изучение почвенного покрова этого региона, в том числе методом катенарного подхода, чему не уделялось достаточного внимания в предшествующие годы.

Цель работы – на основании сравнительного исследования морфологических и физико-химических свойств установить генетические особенности почв, формирующихся на массивнокристаллических породах основного состава, в системе высотной поясности Полярного Урала.

## ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ

Район исследований находится на Полярном Урале в пределах природного парка “Полярно-Уральский” (Ямало-Ненецкий автономный округ) и охватывает разные участки склона хребта Рай-

Из (рис. 1). Климат континентальный, среднегодовая температура по данным метеостанции “Рай-Из” (870 м над ур. м.) составляет – 8,2°C, среднегодовое количество осадков 700–1000 мм, средняя продолжительность безморозного периода 49 сут [6]. Согласно геокриологическому районированию, для этой зоны характерна островная мерзлота [23]. Мощность многолетнемерзлых пород определяется высотной поясностью, геолого-гидрологическими и различными локальными факторами (крутизной и экспозицией склонов). На абсолютных отметках 150 и 700 м над ур. м. мощность мерзлой толщи составляет 90 и 400 м соответственно. В верхних частях выположенных склонов широко развиты криогеннопятнистые формы микрорельефа, солифлюкционные террасы, выпучивание щебнистого и гравийно-дресвяного материала из рыхлых отложений. Горные хребты имеют сглаженную форму и относятся преимущественно к гольцовому среднегорному типу рельефа с абсолютными отметками 800–1000 м, отдельные высоты достигают 1300 м. Почвообразующие породы на исследуемом профиле представлены мелкоземисто-щебнистыми продуктами выветривания серпентинизированных дунитов и базальтов с примесью переотложенного кислого аллохтонного ледникового материала.

Согласно схеме почвенно-географического районирования, территория исследования относится к гольцово-тундровому типу поясности Полярно-Уральской горной почвенной провинции [21, 32]. Преобладающими типами почв в структуре вертикальной поясности являются тундровые подбуры (нижний пояс), которые сменяются с высотой горными примитивными почвами и каменистыми россыпями (пояс гольцов). На горных склонах выражены следующие пояса растительности: подгольцовый 200–300 м над ур. м., горно-тундровый 300–800(900) м над ур. м., гольцов > 800/900 м над ур. м. [9].

Подгольцовый пояс занимает нижние части склонов до высоты 200–300 м над ур. м. и в основном представлен лиственничными редколесьями из *Larix sibirica*. В качестве небольшой примеси в древостоях нижней части пояса встречается ель сибирская (*Picea obovata*). Выше 300 м над ур. м. распространены горные тундры, которые на Полярном Урале расположены ниже по сравнению с Приполярным и Северным Уралом и другими горными сооружениями северной Евразии [10]. Кроме того, здесь по хребтам широко распространены каменистые россыпи и скалы с очень разреженной растительностью, что объясняется суровым климатом региона, отличающимся в вегетационный период большой влажностью и низким количеством тепла [34]. В горных тундрах вследствие контрастности экологических условий, особенно в низкогорной части, почвенный по-

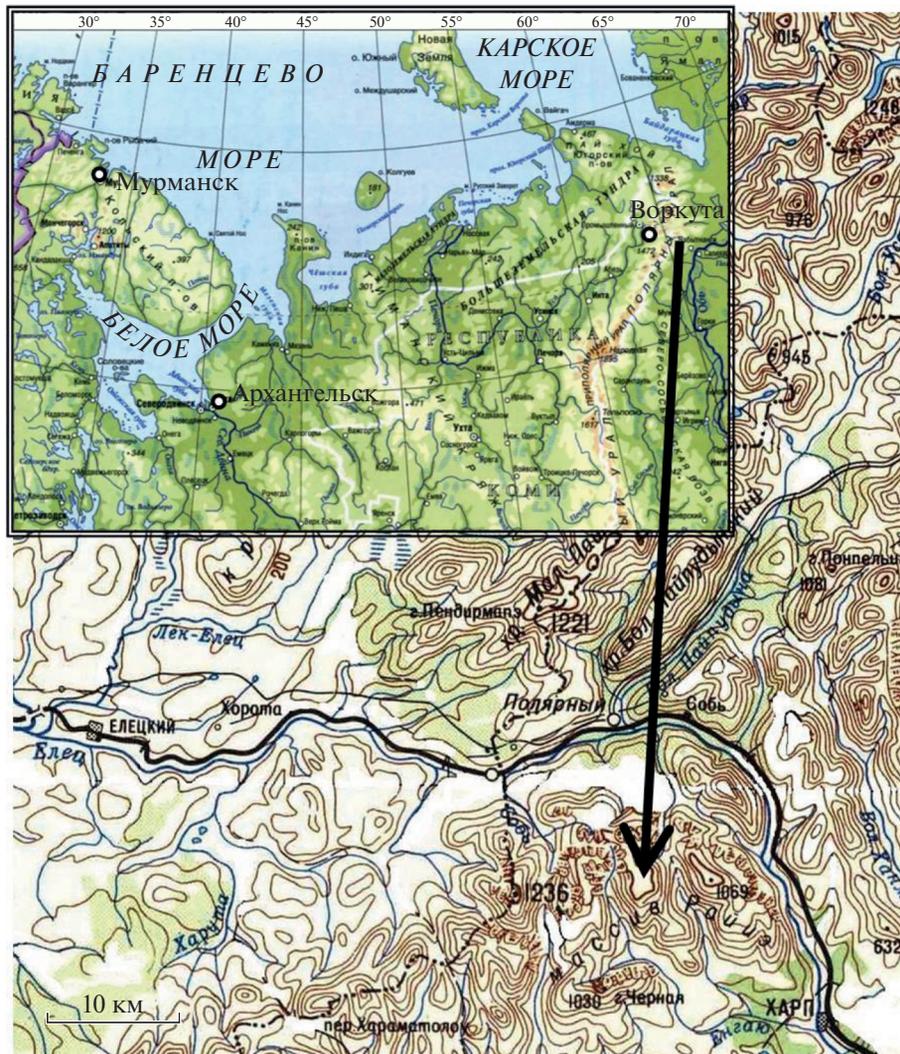


Рис. 1. Район исследований.

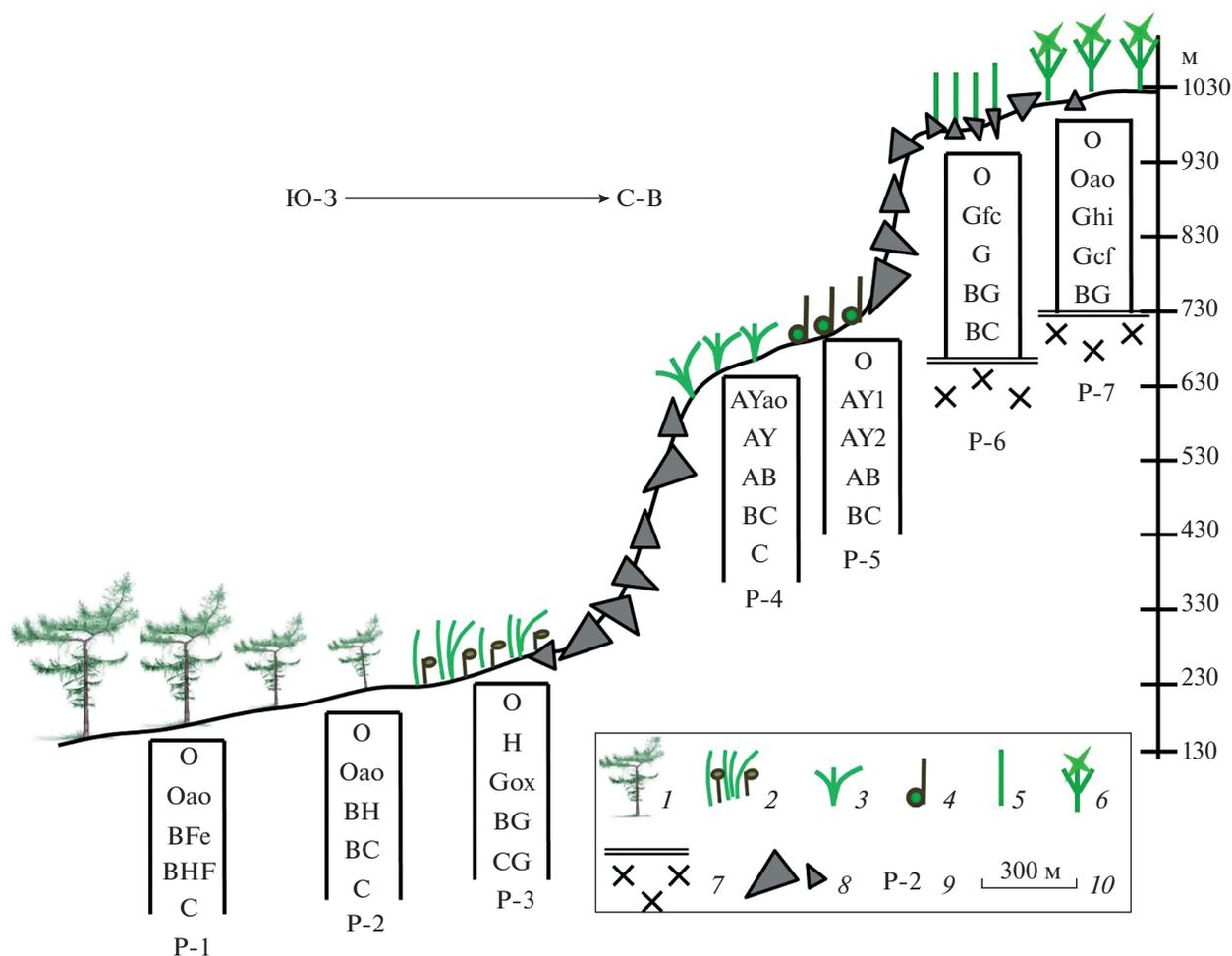
кров отличается большой комплексностью и неоднородностью, с мозаичной структурой растительного покрова. Для гольцового пояса (выше 800–900 м над ур. м.), представляющего собой обширные поля каменных россыпей и скалистых останцов, характерно полное отсутствие сомкнутых растительных группировок [9].

Полевые исследования проводили методом заложения почвенно-геоморфологического профиля (катены) протяженностью около 1.5 км (рис. 2). В качестве непосредственных объектов исследования выбрали 7 ключевых участков от ареала лиственничных редколесий подгольцового пояса (разрез 1, 151 м над ур. м.) до верхней платообразной части хребта Рай-Из (разрез 7, 1033 м над ур. м.). Классификация и диагностика почв дана согласно Полевому определителю почв России [25]. Описания растительности выполняли с применением стандартных для геоботаники ме-

тодик [16]. Индексы цвета почвенных горизонтов определяли по шкале Манселла [42].

Физико-химические свойства почв определяли в экоаналитической лаборатории, а также в отделе почвоведения Института биологии Коми НЦ УрО РАН. Количество общего углерода ( $C_{\text{общ}}$ ) и азота ( $N_{\text{общ}}$ ) в почвах измеряли методом газовой хроматографии на CHNS-O-элементном анализаторе EA 1110 (Carlo Erba, Италия). Относительные погрешности измерения общего углерода  $\pm \delta = 3.5, 10, 15$  и  $23\%$  при содержании  $C_{\text{общ}}$  30.0–100.0, 5.0–30.0, 2.0–5.0, 0.1–2.0% соответственно; общего азота  $\pm \delta = 11, 20$  и  $29\%$  при содержании  $N_{\text{общ}}$  0.600–5.00, 0.0400–0.60, 0.0100–0.040% соответственно<sup>1</sup>. В образцах с  $pH_{H_2O} > 6.5$  объемно-мет-

<sup>1</sup> Методика выполнения измерений содержания углерода и азота в твердых объектах методом газовой хроматографии, № 88-17641-94-2009 (ФР.1.31.2014.17663), с изменением № 1 от 16.01.2014. Сыктывкар, 2009. 12 с.



**Рис. 2.** Профили почв в катене на склоне хребта Рай-Из: 1 – лиственничные редколесья, 2 – кустарничково-зеленомошная тундра, 3 – злаково-осоковый луг, 4 – дриадовая тундра, 5 – осоково-лишайниковая тундра, 6 – осоково-зеленомошная тундра, 7 – подстиление плитой, 8 – каменистые россыпи, 9 – № почвенного разреза, 10 – горизонтальный масштаб.

рическим методом с помощью кальциметра Eijkelkamp (SA07, США-Нидерланды) [ISO 10693]<sup>2</sup> определяли содержание карбонатов. Абсолютная погрешность в пересчете на карбонат кальция составляет  $\pm\Delta = \pm 2.1$  г/кг. Выявленное отсутствие карбонатов во всех объектах позволяет считать измеренный общий углерод почв углеродом органических соединений ( $C_{орг}$ ).

Обменные формы  $Ca^{2+}$  и  $Mg^{2+}$  экстрагировали из почв раствором хлорида аммония,  $c(NH_4Cl) = 1$  моль/дм<sup>3</sup>. Количество аморфных и слабоокристаллизованных соединений  $Fe^{3+}$  и  $Al^{3+}$  определяли методом Тамма, свободных форм  $Fe^{3+}$  – методом Мера–Джексона [30]. Содержание катионов в растворе хлорида аммония и реактиве Тамма измеряли методом атомно-эмиссион-

ной спектрометрии с индуктивно связанной плазмой Spectro Ciros Spectro Arcos. Относительная погрешность измерения содержания ионов кальция и магния составляет  $\pm\delta = 30\%$ , ионов алюминия и железа(III) – 28%. Содержание ионов железа в вытяжке Мера–Джексона исследовали фотометрически.

В работе использовали принятый в отечественном почвоведении понятийно-терминологический аппарат. Авторы отдают отчет в относительной условности использования термина “обменный магний”. Вероятно, в  $NH_4Cl$ -вытяжку переходят не только собственно обменные формы элемента, но и продукты растворения магнийсодержащих минералов. Таким образом, данный термин используется не столько в соответствии с его истинным значением, сколько в соответствии с методом его количественного определения. О наличии подобных методических проблем,

<sup>2</sup> ISO 10693:1995. Soil quality – Determination of carbonate content – Volumetric method. 1995. P. 9.

возникающих при исследовании почв на ультраосновных породах, и необходимости специальных исследований указано ранее [20].

Значений рН почв измеряли на универсальном иономере Анион-4100 (Россия), относительная погрешность измерения  $\pm 0.1$  ед. рН. Гранулометрический состав почв исследовали методом Качинского с диспергацией и кипячением в присутствии NaOH, валового состава – рентгенофлуоресцентным методом (VRA-33). Идентификацию пород проводили с помощью петрографического изучения шлифов.

## РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Исследуемые почвы макрокаты приурочены к разным элементам мезорельефа и относятся к гольцово-тундровому типу высотной поясности. В растительных сообществах в местах заложения разрезов выявлено 68 видов сосудистых растений, 11 видов мхов и 15 видов лишайников. Согласно литературным данным, в локальных флорах на ультраосновных массивах данного района число видов сосудистых растений уменьшается до 99–130 видов по сравнению с локальной флорой, приуроченной к кислым породам, где насчитывается 190 видов [37]. Данная закономерность подтверждается на исследуемых участках, где относительно низкое флористическое разнообразие сообществ связано с наличием основных и ультраосновных пород. Кроме того, формированию сомкнутого растительного покрова препятствуют периодический снос каменного материала и активизация формирования криогенных форм микрорельефа в виде пятен-медальонов.

В результате высокой щебнистости с закономерным увеличением содержания скелетно-грубообломочной фракции с глубиной и провальной фильтрационной способности мерзлота в почвах отсутствует.

**Пояс лиственничных лесов и редколесий.** Лесная растительность в районе исследований занимает предгорную и низкогорную зону, а также межгорные депрессии (150–200 м над ур. м.). Лесные сообщества образованы *Larix sibirica*, *Picea obovata*, *Betula pubescens*. Формируясь в экстремальных климатических условиях, древостои характеризуются невысокой (до 0.4–0.5) сомкнутостью крон, небольшими значениями таксационных показателей (высота и диаметр стволов), упрощенной вертикальной структурой (1–2 древесных полога).

Разрез 1 заложен в нижней части пологого склона северо-восточной экспозиции хребта Рай-Из (табл. 1). Координаты: 66°57'18.8" N, 65°37'02.1" E. Растительное сообщество – лиственничник ерниково-голубично-воронично-зеленомошный (*Montano-Laricetum betuloso nanae-*

*vaccinoso uliginosi-empetroso hermaphroditi-hylociosum*, табл. 1).

Строение профиля: O(0–5 см)–Oao(5–7 см)–VFe(7–10 см)–VHF(10–20 см)–BC(20–40 см). Почвы отчетливо дифференцированы на генетические горизонты и диагностируются по наличию признаков оподзоливания в виде осветленных линз (2–3 см) оподзоленного горизонта e (окраска по Манселлу 5YR 7/1) с содержанием щебня до 30%. Залегающий ниже горизонт VHF имеет желтовато-бурую окраску (10 YR 4/4–5/4) и отличается увеличением содержания мелкой дресвы и щебня, при резком преобладании хорошо окатанной гальки с размерами 3–4 см. На нижней поверхности плитчатых обломков пород присутствуют тонкие Al–Fe-гумусовые пленки (10R 3/3). С 20 см скелетно-грубообломочная фракция резко преобладает (80%), содержание мелкозема крайне незначительно. Почва: подбур оподзоленный иллювиально-гумусово-железистый [25] или Entic Podzol (Skeletal) по [40].

Разрез 2 заложен на пологом склоне северо-восточной экспозиции хребта Рай-Из на верхнем пределе распространения древесных пород. Растительное сообщество лиственничное редколесье ерниково-кустарничково-кладониевое (*Montano-Laricetum betuloso nanae-fruticulosum-cladinosum*).

Строение профиля: O(0–5 см)–Oao(5–8 см)–VH(8–20 см)–BC(20–30)–C(30–50 см). Органогенные горизонты состоят из слоев растительных остатков разной степени разложения, в нижней части – грубогумусированный материал (смесь различных по степени разложения органических остатков с минеральными компонентами). Горизонт VH имеет коричневатую-кофейную (10YR 3/3) окраску, густо пронизан корнями кустарничков. Включения уплощенной формы плиток пород, которые часто поставлены “на ребро”, на нижней стороне горизонтально ориентированных плиток имеются размытые темные аллохтонные гумусово-железистые пленки (20–30% от площади поверхности отдельно взятой породы), под щебнем обычно пустоты. В нижележащих горизонтах (BC–C) происходит постепенное увеличение содержания дресвы (легко крошится в руках) и щебня (50–70% от площади горизонта), на нижней поверхности которых диагностируются аналогичные тонкие пленки с размытыми границами. Почва: подбур иллювиально-гумусовый [25] или Entic Podzol (Skeletal) по [40].

Физико-химические свойства сравниваемых подбуров отражают характерные свойства: кислую и слабокислую реакцию среды (разрез 1) с переходом в нижних горизонтах в нейтральную (разрез 2), что связано с различиями почвообразующих пород. Наличие кислого аллохтонного ледникового материала в разрезе 1 (включения хорошо окатанной гальки) приводит к выражен-

Таблица 1. Характеристика объектов исследований

№ разреза, почва	Положение в рельефе, абсолютная высота, м над ур. м.	Растительная ассоциация	ОПП, доминанты травяно-кустарничкового яруса	ОПП, доминанты мохово-лишайникового яруса
Р-1, подбур оподзоленный иллювиально-железистый	Нижняя часть полого склона, 151	Лиственничник ерничково-голубично-зеленомошный	40%, <i>Vaccinium uliginosum</i> , <i>Vaccinium vitis-idaea</i> , <i>Empetrum nigrum</i>	90%, <i>Pleurozium schreberi</i> , <i>Hylocomium splendens</i>
Р-2, подбур иллювиально-тумусовый	Нижняя часть склона С-В экспозиции, 222	Лиственничное редколесье ерничково-кустарничково-кладониевое	60%, <i>Vaccinium uliginosum</i> , <i>Betula nana</i> , <i>Ledum decumbens</i> , <i>Dryas octopetala</i>	70–80%, <i>Cladonia mitis</i> , <i>Cladonia rangiferina</i> , <i>Cetraria islandica</i> , <i>Stereocaulon paschale</i>
Р-3, глеезем перегнойный окисленно-глеевый	Нижняя часть склона С-В экспозиции, 248	Кустарничково-дриадовая тундра	30%, <i>Dryas octopetala</i> , <i>Oxycoropsis sordida</i> , <i>Vaccinium uliginosum</i> , <i>Ledum decumbens</i>	60%, <i>Racomitrium microcarpon</i> , <i>Polytrichum piliferum</i> , <i>Thamnia verticillaris</i>
Р-4, серогумусовая типичная	Средняя часть склона С-В экспозиции, 625	Осоково-зеленомошная тундра	60%, <i>Carex arctisibirica</i> , <i>Carex atrofusca</i> , <i>Calamagrostis lapponica</i> , <i>Eriophorum vaginatum</i>	60%, <i>Rhytidium rugosum</i> , <i>Dicranum flexicaule</i> , <i>Aulacomnium palustre</i> , <i>Racomitrium microcarpon</i>
Р-5, серогумусовая криостратифицированная	Средняя часть склона С-В экспозиции, 652	Дриадовая тундра	40%, <i>Dryas octopetala</i> , <i>Bistorta major</i> , <i>Salix arctica</i> , <i>Poa alpina</i>	40%, <i>Racomitrium microcarpon</i> , <i>Aulacomnium palustre</i> , <i>Rhytidium rugosum</i>
Р-6, глеезем криогенно-ожеженный	Верхняя часть пологого склона, 938	Осоково-лишайниковая тундра	20–30%, <i>Carex arctisibirica</i> , <i>Poa alpina</i> , <i>Silene acaulis</i>	40–50%, <i>Cladonia rangiferina</i> , <i>Cladonia arbuscula</i> , <i>Racomitrium microcarpon</i> , <i>Cetraria islandica</i>
Р-7, глеезем криогенно-ожеженный криогурбированный	Плато на вершине хребта Рай-Из, 1033	Осоково-зеленомошная тундра	60–70%, <i>Carex arctisibirica</i> , <i>Bistorta major</i> , <i>Rumex lapponica</i> , <i>Poa alpina</i> , <i>Silene acaulis</i>	80%, <i>Racomitrium microcarpon</i> , <i>Aulacomnium palustre</i> , <i>Polytrichum strictum</i>

Примечание. Р – разрез, ОПП – общее проективное покрытие.

ному процессу оподзоливания с дифференциацией валовых форм  $R_2O_3$  и оксалаторастворимых соединений железа по элювиально-иллювиальному типу (табл. 2, 3). В гранулометрическом составе подбуров преобладают песчаные и крупнопылеватая фракции (табл. 4), что наряду с высоким содержанием крупнозема (частиц  $>1$  мм) обеспечивает промывной тип водного режима и отсутствие морфохромологических признаков оглеения. Профильное распределение углерода и азота имеет регрессивно-аккумулятивный характер, что совпадает с литературными данными по аналогичным почвам горных редколесий из *Larix sibirica* Приполярного и Северного Урала [14, 26].

**Пояс горных тундр.** Горно-тундровые растительные сообщества занимают господствующее положение в растительном покрове в пределах высотного пояса (200–650 м над ур. м.). Вертикальная дифференциация растительного покрова в значительной степени определяется геоморфологическими (крутизна склона) и экспозиционными условиями. Согласно исследованиям различных авторов [9, 22], на склонах северной, северо-восточной экспозиций Полярного Урала наблюдается снижение границ высотных поясов растительности по сравнению с южной экспозицией.

Разрез 3 заложен в нижней части полого склона северо-восточной экспозиции хребта Рай-Из. Растительный покров – кустарничково-дриадовая тундра (*Fruticuleto-dryadosum*). Выше по склону – сплошной плащ крупноглыбистых осыпей (размеры глыб 0.5–1 м), который в нижней части распадается в виде языков-полос и спускается до подгольцового пояса лиственничных редколесий. На перегибе склона (от пологого участка до начала крутого склона с крутизной  $45^\circ$ – $50^\circ$ ) в условиях ветровой тени крупных глыб ( $>1.5$ – $2$  м) скапливается толща снега, талые воды которого вплоть до конца июля увлажняют поверхность почвы. На дневной поверхности в месте заложения разреза (наряду с переотложенным каменным материалом в виде узких “языков”) присутствуют крупные плиты и отдельные глыбы пород, что в совокупности со слабым уклоном общей поверхности ( $3^\circ$ – $4^\circ$ ) создает слабый сток. Между глыбами пород отчетливо выражен криогенно-пятнистый характер микрорельефа: пятна-медальоны с суглинистым мелкоземом занимают до 30–40% поверхности.

Строение профиля: O(0–2 см)–H(2–10/12 см)–G/Gox(10/12–25 см)–BG(25–55 см)–CG(55–70 см). Почва диагностируется по наличию маломощной подстилки O, темноокрашенного (10YR 3/1) мажущейся консистенции перегнойного горизонта H, который резко переходит в серию глеевых горизонтов разной степени выраженности: Gox, BG, CG. Горизонт Gox бесструктурный, влаж-

ный средний суглинок с сизо-голубой окраской(5Y5/1–5/2), где 30–40% вертикального среза занимают охристо-ржавые пятна (2.5YR 4/4) и тонкие полосы, локализованные в основном по ходам корней. Горизонт BG характеризуется сизовато-бурой (2.5Y 4/4) однородной окраской, более влажный, легкий суглинок, в нижней части тиксотропный (содержание щебня  $\sim 30\%$ ). На глубине 55–70 см увеличивается содержание щебня и крупных пород, сочится вода. Подстилающие породы – серпентинизированные дуниты, которые встречаются по всему профилю. Почва – глеезем перегнойный окисленно-глеевый [25] или Reductaquic Gleysol (Thixotropic) [40].

Значительная обводненность почв и недостаточная аэрация вызывают развитие восстановительных процессов и оглеение минеральной толщи. Физико-химические свойства отражают нейтральную реакцию среды по всему профилю с резко убывающим типом содержания органического вещества в минеральных горизонтах с отчетливой дифференциацией профильного распределения валовых форм  $R_2O_3$ , а также оксалато- и дитиониторастворимых форм соединений железа в горизонтах G–Gox. Распределение C и N по профилю имеет регрессивно-аккумулятивный характер с максимальным содержанием в органогенном и перегнойно-гумусовом горизонтах и с резким убыванием в минеральных. В гранулометрическом составе мелкозема преобладают крупнопылеватая и песчаные фракции, благодаря которым почвы при длительном характере увлажнения и низких температурах приобретают тиксотропные свойства в нижних горизонтах.

Разрез 4 заложен в средней части склона, имеющей крутизну  $4^\circ$ – $5^\circ$ . В растительном покрове осоково-зеленомошная тундра (*Caricetum hylocomiosum*). В геоморфологическом плане данный участок представляет собой нагорную террасу. На дневной поверхности встречаются полосы переотложенного каменного материала, имеющие размеры до 8–10 м в длину и до 1 м в ширину, которые в настоящее время зарастают мхами и сосудистыми растениями (*Carex arctisibirica*, *Carex atrofusca*, *Rhytidium rugosum*, *Dicranum flexicaule*). Микрорельеф не выражен.

Строение профиля: AYao,rz(0–3 см)–AY(3–20 см)–AB(20–40 см)–BC(40–55 см)–C(55–70 см). Под хорошо разложившейся одернованной подстилкой формируется серогумусовый горизонт AY темно-серой окраски (10YR 3/2–4/2) опесчаненный легкий суглинок, мелкокомковато-зернистая структура, обильно переплетен корнями трав. Сформированный ниже горизонт AB имеет серую окраску (10YR 6/2), опесчаненный средний суглинок, содержание дресвы и щебня 40%, слабовыраженная мелкокомковатая структура. Горизонты BC и C характеризуются зеленовато-

Таблица 2. Физико-химические свойства почв

Горизонт	Глубина, см	pH		Нг	Обменные катионы		V	C <sub>орг</sub>	N <sub>общ</sub>	C N	Fe <sub>2</sub> O <sub>3d</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3o</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3o</sub>
		KCl	H <sub>2</sub> O		Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>							
		смоль(экв)/кг					%						
Р-1. Подбур оподзоленный иллювиально-гумусово-железистый													
О	0–5	3.90	4.65	46.0	11.8	14.8	37	42.5	1.15	43.1	–	–	–
О <sub>ао</sub>	5–7	3.87	4.84	41.1	8.1	15.5	36	35.5	1.19	34.8	–	–	–
е	7–10	3.57	5.36	11.7	1.9	12.2	55	4.6	0.24	22.4	2.07	1.27	0.26
ВНF	10–20	4.70	6.00	3.5	0.5	2.6	48	1.8	0.13	16.2	1.30	1.79	0.25
BC	20–40	5.30	6.49	1.7	0.5	3.8	72	0.9	0.07	15.9	0.67	1.17	0.17
Р-2. Подбур иллювиально-гумусовый													
О	0–5	4.98	5.77	34	10.6	52.9	65	45.1	1.61	32.7	–	–	–
О <sub>ао</sub>	5–8	5.48	6.16	29	10.3	73	74	42.0	1.85	26.5	–	–	–
ВН	8–20	5.13	6.16	7.9	2.3	27.7	79	10.2	0.71	16.8	2.67	1.37	0.36
BC	20–30	–	6.67	–	1.3	11.6	81	4.2	0.31	15.8	1.57	1.03	0.20
С	30–50	–	6.85	–	0.8	8.6	81	1.6	0.11	17.0	1.53	0.79	0.15
Р-3. Глеезем переговойный окисленно-глебовый													
О	0–2	5.94	6.60	21.9	7.6	60.4	76	39.7	1.64	28.2	–	–	–
Н	2–10	6.00	6.89	4.7	2.7	40.3	90	17.8	1.25	16.6	–	–	–
G	10–25	–	6.93	–	0.5	14.3	92	0.82	0.08	11.8	0.69	0.64	0.12
G <sub>ох</sub>	10–25	–	7.07	–	0.5	13.8	87	0.92	0.07	14.9	3.70	2.23	0.10
BG	25–55	–	7.36	–	0.5	13.7	93	0.25	–	–	0.97	0.34	0.12
CG	55–70	–	7.31	–	0.5	14.4	94	0.23	–	–	1.06	0.29	0.12
Р-4. Серогумусовая грубогумусированная почва													
AY <sub>ао</sub>	0–3	6.49	6.50	26	18.5	46.8	72	36.5	1.86	22.9	–	–	–
AY	3–20	5.83	6.38	2.7	5	17	89	7.2	0.69	12.2	–	–	–
AB	20–40	5.80	6.46	3.3	4.9	17.3	87	9.1	0.82	12.8	0.89	0.79	0.25
BC	40–55	–	6.63	–	5.9	16.6	88	8.0	0.71	13.1	1.03	0.87	0.26
С	55–70	–	6.69	–	22.7	101	99	2.2	0.18	14.3	0.57	0.54	0.17
Мелкозем с дневной поверхности (3 м выше по склону от разреза 5)													
	0–5	6.56	7.11	0.5	2.2	1.2	87	0.19	0.07	13.9	–	–	–
Р-5. Серогумусовая почва													
О	0–2	5.49	5.81	21.9	18.8	28.1	68	35.6	1.2	34.6	–	–	–
AY <sub>1</sub>	2–8	5.94	6.41	2.8	6	12.5	87	5.8	0.44	15.4	0.74	0.60	0.14
AY <sub>2</sub>	8–20	5.93	6.44	1.9	2.2	7.4	83	2.6	0.21	15.2	0.79	0.69	0.15
AB	20–45	5.86	6.55	2.3	3.1	9	84	4.6	0.35	15.3	1.03	0.73	0.17
BC	45–70	–	6.78	–	1.5	4.3	82	0.5	0.05	10.2	0.46	0.39	0.10
Р-6. Глеезем криогенно-ожезненный													
О	0–2	4.23	5.01	28.0	0.5	1.7	7	38.9	0.35	129.7	–	–	–
G	2–10	5.01	6.05	1.9	0.6	10	85	0.66	0.04	18.3	1.00	0.54	0.09
G <sub>cf</sub>	2–10	5.31	6.55	2.2	0.8	9.6	82	1.07	0.07	18.1	6.52	5.01	0.09
G	10–25	5.00	5.97	2.2	0.6	9.8	82	0.85	0.07	14.2	1.97	1.32	0.11
BG	25–40	–	6.75	–	0.9	11.3	89	0.78	0.06	13.8	1.83	1.12	0.12
BC	40–50	–	6.78	–	0.8	9.6	90	0.83	0.06	14.2	1.67	0.77	0.11
С	50–60	–	6.89	–	0.6	7.4	88	0.66	0.05	13.1	1.19	0.64	0.10

Таблица 2. Окончание

Горизонт	Глубина, см	pH		Нг	Обменные катионы		V	C <sub>орг</sub>	N <sub>общ</sub>	C/N	Fe <sub>2</sub> O <sub>3d</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3o</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3o</sub>
		KCl	H <sub>2</sub> O		Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>							
		смоль(экв)/кг										%	
P-7. Глеезем криогенно-ожеженный потечно-гумусовый криотурбированный													
O	0–2	6.49	6.52	26	4.3	54.2	69	21.1	1.25	19.7	–	–	–
Oao	2–5	6.40	6.67	9.0	1.5	31	78	5.5	0.57	11.3	–	–	–
Ghi	5–10	5.46	6.33	2.25	0.5	18.4	89	2.5	0.26	11.2	2.07	2.06	0.11
G	10–20	4.01	5.32	4.5	0.5	17.6	80	1.3	0.13	13.0	2.26	1.37	0.08
Gcf	10–20	–	–	–	–	–	–	0.98	0.08	13.0	7.32	3.72	0.09
BG	20–42	–	7.08	–	0.5	20.3	93	0.73	0.08	10.5	1.90	1.09	0.09
BG@	20–42	–	7.05	–	0.5	23.5	93	2.3	0.24	11.2	2.59	1.39	0.09

Примечание. Нг – гидролитическая кислотность, V – степень насыщенности основаниями, Fe<sub>2</sub>O<sub>3d</sub> – дитиониторастворимое железо, Fe<sub>2</sub>O<sub>3o</sub> – оксалаторастворимое железо, Al<sub>2</sub>O<sub>3o</sub> – оксалаторастворимый алюминий, прочерк – не определяли.

сизой окраской, влажный средний суглинок, содержание щебня и остроугольной дресвы 60–75%. Отличительная особенность рассматриваемой почвы – равномерное проникновение корней по всему профилю до глубины 50–55 см из-за включений пологонаклоненных уплощенной формы пород (“под острым углом”). Наличие зеленовато-сизой окраски почвенного мелкозема в значительной степени определяется “цветовой окраской” пород. Согласно [25], почвы диагностируются как серогумусовые типичные отдела органо-аккумулятивных почв или Skeletic Phaeozem [40].

Разрез 5 заложен в средней части склона крутизной 8°–10°. В 10 м выше по склону находятся крупноглыбистые россыпи (>2–3 м) серпентинитов с характерной темно-зеленой окраской, между ними на дневной поверхности в виде плаща залегает рыхлый мелкоземисто-щебнистый слой при полном отсутствии растительности. На месте заложения разреза в растительном покрове дриадовая тундра (*Dryadosum*). Около 15–20% от общей поверхности занимают глыбы и скопления щебня. Между ними отчетливо выражены мерзлотные сортированные полигоны в виде каменных колец размерами 40–60 см (занимают до 10% от общей площади), на поверхности щебень с размерами 3–10 см.

Строение профиля: O(0–2 см)–AY1(2–8 см)–AY2(8–20 см)–AB(20–45 см)–BC(45–70 см). Почвенный профиль имеет близкое морфологическое строение с разрезом 4 и, согласно [25], относится к серогумусовым типичным; Skeletic Phaeozem [40]. Отличительные особенности: наличие переотложенного опесчаненного легкосуглинистого материала (делювиальный нанос) на глубине 2–8 см и крупных глыб пород (40–50 см

и более) по всему профилю. При этом в верхней части профиля отчетливо выражена мерзлотная сортировка скелетно-грубообломочного материала: уплощенной формы плитняк пород поставлен “на ребро”, а на поверхности почвы выражены сортированные полигоны в виде каменных колец. Вышеуказанные признаки механических перемещений твердофазного материала под влиянием криогенных процессов позволяют выделить на уровне рода криосортированный подтип серогумусовых почв, что отмечается в работе Хитрова и Герасимовой [35] по предлагаемым изменениям в новой версии Классификации почв России.

В рассматриваемых почвах гумусово-аккумулятивный процесс является основным элементарным процессом почвообразования. Особенности поступления и трансформации органического вещества, процессы гумификации и миграции продуктов гумификации приводят к формированию относительно мощной толщи серогумусовых грубогумусированных (AYao, AY) и переходных горизонтов (AB). В поверхностных горизонтах (0–2 см) величина потерь при прокаливании составляет 65–67%, в его составе преобладают слабо- и среднеразложившиеся растительные остатки. Невысокая теплообеспеченность, значительная крутизна склонов и резкий сброс повышенных атмосферных осадков (в том числе в результате боковой миграции продуктов гумификации) отражают заторможенное преобразование органических остатков. Профильное распределение органического вещества в минеральной части имеет равномерно-аккумулятивный характер, C/N равно 12–15, что свидетельствует о низкой интенсивности биологического круговорота. Сравнительно-географический анализ литературных данных показывает, что рассматрива-

Таблица 3. Валовой состав почв

Горизонт	Глубина, см	ГВ	ППП	SiO <sub>2</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	CaO	MgO	K <sub>2</sub> O	TiO <sub>2</sub>	Na <sub>2</sub> O	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>
		%										
Р-1. Подбур оподзоленный иллювиально-гумусово-железистый												
е	7–10	2.61	7.19	64.41	10.60	7.60	4.27	12.11	0.33	0.51	0.06	0.11
ВНФ	10–20	1.08	5.34	62.11	10.82	8.09	4.59	12.56	0.62	0.71	0.20	0.13
Р-2. Подбур иллювиально-гумусовый												
ВН	8–20	2.21	16.21	57.05	12.42	12.31	3.91	10.53	1.64	1.44	0.22	0.48
ВС	20–30	1.61	11.27	57.45	11.37	10.98	4.56	13.33	0.95	1.14	0.07	0.16
С	30–50	1.24	6.84	61.47	10.07	10.35	3.68	12.36	0.99	1.02	0.03	0.03
Р-3. Глеезем перегнойный окисленно-глеевый												
G	10–25	2.26	3.92	71.66	6.73	10.85	1.15	6.88	1.77	0.89	0.02	0.05
Gox	10–25	2.44	3.77	68.46	9.25	9.51	1.17	9.09	1.61	0.84	0.02	0.05
BG	25–55	2.56	3.35	69.62	7.51	10.48	1.07	8.72	1.73	0.80	0.01	0.06
CG	55–70	2.34	3.45	57.08	12.45	12.25	3.81	10.57	1.45	1.41	0.22	0.38
Порода		Не опр.	3.89	49.43	11.61	4.79	2.68	29.00	0.27	0.45	0.01	0.15
Р-4. Серогумусовая типичная почва												
AY	3–20	3.15	19.06	54.55	12.56	10.74	7.56	12.46	0.37	1.38	0.01	0.30
AB	20–40	3.23	12.52	56.00	13.02	7.69	5.58	16.06	0.40	0.69	0.06	0.18
BC	40–55	2.77	9.54	55.11	11.61	5.60	3.25	23.11	0.32	0.51	0.06	0.10
Порода		Не опр.	8.18	49.36	12.25	4.65	2.41	29.58	0.26	0.38	0.01	0.12
Мелкозем с дневной поверхности (3 м выше по склону от разреза 5)												
	0–5	0.35	10.25	53.57	14.74	13.56	7.56	8.46	0.39	1.40	0.01	0.31
Р-5. Серогумусовая криосортированная почва												
AY1	2–8	2.82	18.04	54.02	12.79	5.30	4.90	21.71	0.40	0.54	0.15	0.19
AY2	8–20	1.88	11.23	55.41	12.60	4.60	3.28	23.11	0.33	0.51	0.06	0.11
AB	20–45	1.58	9.51	56.23	13.12	7.49	5.78	16.02	0.40	0.71	0.07	0.17
BC	45–70	0.60	6.57	56.80	14.38	8.88	6.19	12.31	0.36	0.92	0.02	0.14
Порода		Не опр.	6.26	45.51	9.88	2.06	0.80	40.39	0.04	0.18	0.00	0.06
Р-6. Глеезем криогенно-ожелезненный												
G	2–10	1.72	4.22	75.60	7.41	9.12	2.63	2.94	1.44	0.77	0.06	0.03
Gcf	2–10	1.77	4.36	56.78	8.07	29.32	1.81	2.38	1.03	0.51	0.02	0.08
G	10–25	2.08	4.46	68.84	7.19	17.68	1.97	2.09	1.42	0.72	0.01	0.08
BG	25–40	1.54	4.25	66.77	10.09	7.71	1.73	11.76	1.23	0.70	0.01	0.03
BC	40–50	1.39	5.32	65.58	10.58	7.51	1.68	12.46	1.21	0.71	0.05	0.09
С	50–60	1.16	4.92	60.45	11.17	10.38	3.48	12.56	0.99	1.02	0.03	0.09
Р-7. Глеезем криогенно-ожелезненный потечно-гумусовый криотурбированный												
G	10–20	4.47	6.32	69.56	9.49	8.10	1.65	9.05	1.33	0.72	0.01	0.09
Gcf	10–20	4.58	5.58	71.93	13.25	9.78	1.64	0.98	1.52	0.79	0.02	0.09
BG	20–42	2.67	4.90	66.74	10.07	7.73	1.73	11.76	1.23	0.70	0.01	0.03
BG@	20–42	4.05	6.82	65.78	10.50	7.49	1.68	12.48	1.22	0.71	0.05	0.09

Примечание. ППП – потеря при прокаливании, ГВ – гигроскопическая влага.

Таблица 4. Гранулометрический состав почв

Горизонт	Глубина, см	Потеря от обработки НС1	Содержание крупнозема	Содержание (%) агрегатов размером, мм							Сумма частиц <0.01 мм
				1.0–0.25	0.25–0.05	0.05–0.01	0.01–0.005	0.005–0.001	<0.001		
Р-1. Подбур оподзоленный иллювиально-гумусово-железистый											
VFe	7–10	1.15	30	27	21	24	10	9	10	29	
VNF	10–20	0.39	50	71	13	5	3	3	6	11	
BC	20–40	0.48	80	83	8	2	1	3	3	7	
Р-2. Подбур иллювиально-гумусовый											
BC	20–30	0.88	50	49	10	17	7	11	6	24	
C	30–50	1.96	75	28	19	30	7	8	8	23	
Р-3. Глезем перегнойный окисленно-глебовый											
G	10–25	1.00	2	12	4	50	6	9	20	34	
Gox	10–25	0.88	2	15	8	45	7	11	15	33	
BG	25–55	0.76	30	13	8	49	4	5	20	29	
CG	55–70	0.92	65	14	8	48	4	5	21	30	
Р-4. Серогумусовая типичная почва											
AB	20–40	1.39	40	30	1	36	6	12	15	32	
BC	40–55	1.17	62	31	6	25	7	15	17	39	
C	55–70	0.31	74	41	14	16	5	14	10	29	
Р-5. Серогумусовая криосортированная почва											
AY1	2–8	0.77	5	42	10	18	5	13	11	30	
AY2	8–20	0.36	50	41	16	12	7	14	10	31	
AB	20–45	1.05	70	27	4	24	8	22	15	45	
BC	45–70	0.90	85	48	14	20	5	10	4	19	
Р-6. Глезем криогенно-ожелезненный											
G	2–10	0.44	0	15	7	58	2	6	13	21	
Gcf	2–10	1.65	0	18	11	49	4	7	11	21	
G	10–25	0.17	20	12	9	55	8	5	12	25	
BG	25–40	1.06	50	15	10	51	3	7	14	23	
BC	40–50	0.58	60	21	9	50	3	6	11	20	
C	50–60	0.41	75	26	15	41	5	5	9	18	
Р-7. Глезем криогенно-ожелезненный потечно-гумусовый криотурбированный											
Ghi	5–10	1.69	0	13	9	42	7	12	17	36	
Gcf	10–20	0.20	5	12	5	50	5	8	20	33	
BG	20–42	1.84	10	18	11	40	4	8	19	31	
BG@	20–42	0.67	10	17	7	37	9	9	21	39	

емые почвы могут формироваться на различных почвообразующих породах (магматических, метаморфических, в том числе карбонатных) и являются одним из самых высокогумусированных в условиях горно-лесного и горно-тундрового высотных поясов Полярного, Приполярного и Северного Урала [13–15, 26, 36].

**Гольцовый пояс.** Растительный покров гольцового пояса (900–1033 м над ур. м.) характеризуется отсутствием сомкнутых растительных группировок, которые представляют собой ранние стадии сингенетических сукцессий [17]. Основную площадь в этом поясе занимают каменистые россыпи – огромные поля нагромождений крупных глыб разных размеров, среди которых локально развиваются фрагменты фитоценозов горных тундр.

Разрез 6 заложен в верхней части полого склона. В 50 м от места заложения разреза (ниже по склону) крутой обрыв. Более 95% от общей поверхности занято глыбами перидотитов с размерами 0.5–2 м, представляющих собой скопление несортированного неокатанного материала с характерной буровато-охристой окраской поверхности. Накопление мелкозема происходит в небольших мезопонижениях на площади до 2–4 м<sup>2</sup> в результате переотложения продуктов выветривания, очевидно, привнесенных водно-ледниковыми потоками при горном оледенении. На данных участках в растительном покрове фрагментарно представлены осоково-лишайниковые сообщества (*Caricetum cladinusum*).

Строение профиля: O(0–2 см)–Gcf(2–10 см)–G(10–25 см)–BG(25–40 см)–BC(40–50 см)–C(50–60 см). Под маломощным слоем талломов лишайников формируются легкоуглинистые глеевые горизонты сизо-голубой окраски (5Y 4/1) G–BG. В нижней части глеевого горизонта отчетливо выражена ржаво-охристая (2.5YR 4/8) кайма мощностью 1–2 см (микрогоризонт cf). В средней части профиля включения обломков пород размерами 5–10 см (до 20% от площади горизонта), пленки выветривания на их поверхности отсутствуют. По ходам тонких корней и на контакте мелкозема с нижней поверхностью щебня ярко выражены ржаво-бурые пятна (5YR 4/6). С глубиной содержание обломков пород закономерно увеличивается (60–75%), с 60 см идет резкое (литологическое) подстиление массивной плиты, являющейся водоупором. Почва глеезем криогенно-ожеженный [25] или Reductaquic Gleysol [40].

Разрез 7 заложен на платообразной вершине хребта Рай-Из. Координаты 66°57'14.9" N, 65°29'34.2" E. На поверхности находятся среднеглыбовые россыпи перидотитов (>98% от всей площади поверхности) и скалы в виде останцов высотой до 5 м. Крупные глыбы перидотитов, а также щебень покрыты тонкой автохтонной пленкой (10R 5/8), которая легко царапается ножом, на

сколе внутренняя поверхность породы более темная. В теневой части скальных выходов вплоть до начала августа сохраняется снег мощностью 1–1.5 м, который интенсивно тает. Растительный покров фрагментарный, представлен осоково-зеленомощными сообществами (*Caricetum hylomiosum*).

Строение профиля: O(0–2 см)–Oao(2–5 см)–Ghi(5–10 см)–Gcf(10–20 см)–BG@(20–42 см). Органогенные горизонты представлены средне-разложившимся подстильно-торфянистым горизонтом O темно-серой окраски мощностью 4–5 см, в нижней части которой присутствует грубогумусированный материал, представляющий собой смесь различных по степени разложения органических остатков с минеральными компонентами. Горизонт Ghi (5–10 см) пропитан органическим веществом и имеет темную серовато-оливковую окраску (5Y 3/2), мелкозем среднесуглинистый, слабоуплотнен. Переход в нижележащий горизонт резкий, граница волнистая. Залегающий ниже среднесуглинистый влажный, очень плотный горизонт Gcf (10–20 см) характеризуется неоднородной окраской: на общем темно-сизом фоне (5Y 4/1) ярко-ржавые пятна (10R 3/6), в нижней части горизонта охристо-ржавого цвета (2.5 YR 4/6) сплошная кайма толщиной 1–1.5 см. Горизонт BG@ имеет оливково-серую окраску (5Y 4/2) и отличается наличием криотурбированного горизонта в виде S-образного изгиба интенсивно темно-серого (10YR 3/2) материала более тяжелого по гранулометрическому составу. Характерная особенность данного профиля практически полное отсутствие включений обломочного материала и резкое подстиление массивной плиты с 42 см. Почва: глеезем криогенно-ожеженный потечный-гумусовый криотурбированный [25], Turbic Gleysol (Abruptic) [40].

Общей особенностью гранулометрического состава сравниваемых глееземов (разрезы 6 и 7) является резкое преобладание крупнопылевой и песчаных фракций, составляющих 61–80% от суммы всех гранулометрических фракций. В условиях холодного гумидного климата и превышения количества осадков над величиной испарения, высокое содержание пылеватых частиц при затрудненном внутрипочвенном дренаже вызывает развитие восстановительных процессов и оглеения минеральной толщи почв [4, 31]. Значения pH водной вытяжки глеевых горизонтов слабокислые с постепенным переходом в нижних горизонтах в нейтральную. Выражена отчетливая дифференциация профиля по валовому содержанию железа, а также оксалато- и дитиониторастворимых форм этого элемента с минимумом в глеевых горизонтах и с максимумом в горизонтах с признаками криогенного ожежения (Gcf). Распределение C и N по профилю имеет регрессивно-аккумулятивный характер, почвенное органическое ве-

щество характеризуется низким обогащением азотом (величина отношения C/N составляет 11–18), что характерно для аналогичных глееземов Приполярного и Северного Урала [11, 26, 39] и других горных областей [4, 24, 27, 43]. В разрезе 8 в нижней части профиля выражены признаки криотурбаций в виде S-образного изгиба интенсивно темно-серого (10YR 3/2) материала, что сопровождается несколько повышенным содержанием органического вещества по сравнению с вышележащим горизонтом.

Сравнительный анализ литературных данных показывает о широком распространении глееземов в различных секторах Ямальского региона (в том числе в предгорных ландшафтах Полярного Урала) и отличающихся тиксотропностью, близким подстиланием мерзлотного экрана, проявлением различной степени интенсивности редоксиморфных признаков [1, 2, 38].

**Почвообразующие породы.** В почвах листовенных редколесий (разрезы 1 и 2) и горных тундр (разрезы 3–5) распределение обломков пород в почвенных горизонтах происходит с закономерным нарастанием (увеличение преобладающих размеров и общего количества обломков) с глубиной. В верхних и средних горизонтах вышеуказанных разрезов мелкий щебень и остроугольная дресва при незначительном надавливании легко крошится в руках, представляя собой в значительной степени материал, преобразованный в результате физической дезинтеграции и внутрипочвенного выветривания. Крупный остроугольный щебень и подстилающие глыбы пород представлены серпентинизированными дунитами и базальтами, которые встречаются в разных соотношениях во всех исследуемых разрезах. В разрезе 5 по валовому химическому составу порода соответствует ультраосновной (содержание  $\text{SiO}_2$  45.51%), остальные элементы в порядке убывания расположены следующим образом: MgO (40.39%),  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  (9.88%),  $\text{Al}_2\text{O}_3$  (2.06). Валовой химический состав пород в разрезах 3 и 4 отличается несколько повышенным содержанием оксида кремния (49.4%), что позволяет отнести их к породам основного состава. При изучении шлифов пород выявлено, что в них преобладают обломки основных и ультраосновных пород – серпентинизированных дунитов и базальтов, которые имеют нематобластовую и микропорфировую структуру. По оливину выражены замещения слоистыми силикатами: диагностированы серпентин и хлориты. В результате постмагматических изменений плагиоклазы подверглись интенсивной сосюритизации: в отдельных зернах отмечается замещение псевдоморфозами поликристаллических глинистых образований (иддингсит), а по серпентину развивается эпигенетический тремо-

лит-актинолит, который в результате метасоматоза замещается хлоритом.

Валовой химический состав мелкозема в исследуемых почвах резко отличается от пород увеличением содержания кремнезема и алюминия. Просмотр образцов крупных фракций почвенно-мелкозема (1.0–0.25 и 0.25–0.1 мм) под увеличением выявил, что кроме породообразующих минералов подстилающей породы с характерными для нее морфоструктурными особенностями в составе песчаных фракций присутствует кварц. Очевидно, что наличие кварца отражает примесь переотложенного аллохтонного (более кислого) ледникового материала морены. Наиболее ярко влияние аллохтонного материала выражено в верхних минеральных горизонтах глееземов (разрезы 6 и 7) с максимальным содержанием  $\text{SiO}_2$  (69–75%). Общим для всех изученных почв является увеличение значений  $\text{pH}_{\text{H}_2\text{O}}$  с глубиной. При широком колебании значений  $\text{pH}_{\text{H}_2\text{O}}$  (от 4.65 до 7.36) горизонты С всех профилей имеют нейтральную либо слабощелочную реакцию. Щелочность почвенного раствора (при экспериментально доказанном отсутствии в почвах карбонатов) связана с гидролизом гидрокарбоната магния.

Как показано Лесовой с соавт. [20] разрушение минералов на хребте Рай-Из, прежде всего оливина, обуславливает преобладание в почвенном поглощающем комплексе магния, что приводит к специфическому (без наличия легкорастворимых солей и карбонатов Ca и Mg) “магнезиальному ощелачиванию” профиля. Ионы магния, высвобождающиеся силикатов с высоким содержанием этого элемента, прежде всего оливина, обуславливают значения pH в нейтрально-щелочном диапазоне.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Впервые для горной территории Полярного Урала получены детальные морфолого-генетические характеристики почв на массивно-кристаллических породах основного состава в системе высотных поясов хребта Рай-Из. Установлены ландшафтно-экологические особенности почвенно-растительного покрова на верхнем пределе распространения листовенных редколесий (подбуры), горных тундр (глееземы, серогумусовые почвы) и пояса холодных гольцовых пустынь (глееземы). Суровые климатические условия (короткий вегетационный период, отрицательные значения среднегодовых температур воздуха, избыточное увлажнение) способствуют низкой интенсивности биологического круговорота и замедленной трансформации органического вещества поверхностных (подстильно-торфянистых) и гумусовых горизонтах. Специфика факторов и условий почвообразования (мозаичность растительно-

го покрова, гидротермический режим, различная мощность мелкоземисто-щебнистой толщи и др.) обуславливают в пределах катены разное проявление и сочетание элементарных почвообразовательных процессов: поверхностное накопление грубогумусовой подстилки, гумусонакопление, оглеение и криогенное ожелезнение, альфегумусовое илювирирование, дезинтеграция щебня/дресвы до стадии мелкозема.

Результаты исследований расширяют представление о высотно-поясном разнообразии почв листовенничных редколесий и горных тундр Полярного Урала, их генезисе и географии и могут служить основой для почвенного цифрового картографирования изученной территории с учетом использования новой версии Классификации и диагностики почв России (2004–2008). На основании полученных данных может быть составлен кадастр особо ценных почв Полярного Урала с дальнейшим включением в качестве основы региональной системы эталонных и редких почв Уральской горной страны в Красную книгу почв Российской Федерации.

#### ФИНАНСИРОВАНИЕ РАБОТЫ

Исследования выполнены в рамках бюджетной темы НИР “Криогенез как фактор формирования и эволюции почв арктических и бореальных экосистем европейского Северо-Востока в условиях современных антропогенных воздействий, глобальных и региональных климатических трендов” (№ 122040600023-8).

#### КОНФЛИКТ ИНТЕРЕСОВ

Авторы заявляют, что у них нет конфликта интересов.

#### ДОПОЛНИТЕЛЬНЫЕ МАТЕРИАЛЫ

Рис. 1. Почва: подбур оподзоленный илювиально-гумусово-железистый (разрез 1).

Рис. 2. Al–Fe-гумусовые пленки на нижней поверхности щебня (разрез 1).

Рис. 3. Лиственничник ерниково-голубично-зеленомошный (к разрезу 1).

Рис. 4. Почва: глеезем перегнойный окисленно-глеевый (разрез 3).

Рис. 5. Кустарничково-дриадовая тундра (ландшафт к разрезу 3).

Рис. 6. Кастиллея арктическая воркутинская (*Castilleja arctica* ssp. *vorkutensis*) — эндемик Урала. Вид занесен в Красную книгу Республики Коми и Красную книгу Российской Федерации со статусом (категорией охраны) 3.

Рис. 7. Почва серогумусовая (разрез 4).

Рис. 8. Осоково-зеленомошная тундра (ландшафт к разрезу 4).

Рис. 9. Почва: серогумусовая криосортированная (разрез 5).

Рис. 10. Дриадовая тундра (ландшафт к разрезу 5).

Рис. 11. Почва: глеезем криогенно-ожелезненный (разрез 6).

Рис. 12. Осоково-лишайниковые сообщества гольцового пояса (ландшафт к разрезу 6).

Рис. 13. Почва: глеезем криогенно-ожелезненный потечно-гумусовый криотурбированный (разрез 7).

Рис. 14. Платообразная вершина хребта Рай-Из (ландшафт к разрезу 7).

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Алексеев И.И., Абакумов Е.В., Томашунас В.М.* Катенарная дифференциация почв предгорий Полярного Урала на примере участка в районе р. Халыталбей (приток р. Шуच्या) // Самарская Лука: проблемы региональной и глобальной экологии. 2015. Т. 24. № 4. С. 146–149.
2. *Алексеев И.И., Абакумов Е.В.* Степень гумификации органического вещества почв южного Ямала и восточного макросклона Полярного Урала // Живые и биокосные системы. 2016. № 16. <http://www.jbks.ru/archive/issue-16/article-7>
3. *Ананко Т.В., Герасимова М.И., Конюшков Д.Е.* Почвы горных территорий в классификации почв России // Бюл. Почв. ин-та им. В.В. Докучаева. 2018. Вып. 92. С. 122–146. <https://doi.org/10.19047/0136-1694-2018-92-122-146>
4. *Ананко Т.В., Герасимова М.И., Конюшков Д.Е.* Арктические и тундровые почвы на новой цифровой почвенной карте России масштаба 1 : 2.5 млн // Бюл. Почв. ин-та им. В.В. Докучаева. 2020. Вып. 101. С. 46–75. <https://doi.org/10.19047/0136-1694-2020-101-46-75>
5. Атлас почв Республики Коми / Под ред. Добровольского Г.В. др. Сыктывкар, 2010. 356 с.
6. Атлас по климату и гидрологии Республики Коми. М.: Дрофа, 1997. 116 с.
7. *Белоусова Н.И., Седов С.Н., Пустовойтов К.Е.* Выветривание основных пород в почвах бореального климата // Почвоведение. 1994. № 3. С. 90–100.
8. *Васенева З.Г.* Особенности таежного почвообразования на основных породах Русской равнины (на примере южной Карелии). Автореф. дис. ... канд. биол. наук. М., 1990. 25 с.
9. *Горчаковский П.Л.* Растительный мир высокогорного Урала. М.: Наука, 1975. 283 с.
10. *Дёгтева С.В., Кулюгина Е.Е., Дубровский Ю.А., Новаковский А.Б.* Сравнительный анализ ценофлор горных тундр западного макросклона Северного и Приполярного Урала // Теоретическая и прикладная экология, 2014. № 1. С. 16–21. <https://doi.org/10.25750/1995-4301-2014-1-016-021>
11. *Дымов А.А., Жангуров Е.В.* Морфолого-генетические особенности почв кряжа Енганэпэ (Полярный Урал) // Почвоведение. 2011. № 5. С. 515–524.
12. *Жангуров Е.В., Лебедева М.П., Шишков В.А.* Минералого-микроморфологическая диагностика особенностей почвообразования северотаежных почв

- на средне-основных породах Тимана // Почвоведение. 2018. № 11. С. 1372–1383.  
<https://doi.org/10.1134/S0032180X18110102>
13. *Жангуров Е.В., Дымов А.А., Дубровский Ю.А.* Морфолого-генетические особенности почв Северного Урала // Бюл. Почв. ин-та им. В.В. Докучаева. 2014. Вып. 75. С. 36–47.  
<https://doi.org/10.19047/0136-1694-2014-75-36-47>
  14. *Жангуров Е.В., Старцев В.В., Дубровский Ю.А., Дёгтева С.В., Дымов А.А.* Морфолого-генетические особенности почв горных листовидных лесов и редколесий Приполярного Урала // Почвоведение. 2019. № 12. С. 1415–1429.  
<https://doi.org/10.1134/S0032180X19120141>
  15. *Забоева И.В.* Почвы и земельные ресурсы Коми АССР. Сыктывкар: Коми книжное изд-во, 1975. 375 с.
  16. *Ипатов В.С., Мирин Д.М.* Описание фитоценоза. Методические рекомендации. СПб., 2008. 71 с.
  17. *Катаева М.Н.* Доступность растениям химических элементов в почвах горной тундры на породах различного состава (Полярный Урал) // Почвоведение. 2013. № 2. С. 177–186.  
<https://doi.org/10.7868/S0032180X1302007X>
  18. *Красильников П.В., Седов С.Н., Гракина Е.Р.* Разрушение эндогенных слоистых силикатов в почвах на элювии основных пород в Северной Карелии // Почвоведение. 1999. № 4. С. 468–475.
  19. *Лесовая С.Н., Горячкин С.В., Погожев Е.Ю., Полеховский Ю.С., Заварзин А.А., Заварзина А.Г.* Химико-минералогические свойства, генезис, проблемы классификации почв на плотных породах Северо-Запада России // Почвоведение. 2008. № 4. С. 406–420.
  20. *Лесовая С.Н., Горячкин С.В., Полеховский Ю.С.* Почвообразование и выветривание на ультраосновных породах горных тундр массива Рай-Из (Полярный Урал) // Почвоведение. 2012. № 1. С. 44–56.
  21. Национальный Атлас почв Российской Федерации. М.: Астрель, 2011. 632 с.
  22. *Нешатаева В.Ю., Нешатаев В.Ю.* Растительность Полярного Урала в верхнем течении реки Сось // Проблемы экологии растительных сообществ. СПб., 2005. С. 303–342.
  23. *Оберман Н.Г., Борозинец В.Е.* Урал // Геокриология СССР. Европейская территория СССР. М.: Недра, 1988. С. 301–324.
  24. *Переверзев В.Н.* Генетические особенности почв природных поясов Хибинских гор (Кольский полуостров) // Почвоведение. 2010. № 5. С. 548–557.
  25. Полевой определитель почв России. М.: Почв. ин-т им. В.В. Докучаева, 2008. 182 с.
  26. Почвы и почвенный покров Печоро-Ильчского заповедника (Северный Урал) / Под ред. Дёгтевой С.В., Лаптевой Е.М. Сыктывкар, 2013. 328 с.
  27. *Самофалова И.А.* Почвенное разнообразие тундровых и гольцовых ландшафтов в заповеднике “Басеги” // Географический вестник. 2018. № 1(44). С. 16–28.  
<https://doi.org/10.17072/2079-7877-2018-1-16-28>.
  28. *Соколов И.А., Градусов Б.П.* Почвообразование и выветривание на основных породах в условиях холдного гумидного климата // Почвоведение. 1978. № 2 С. 5–17.
  29. *Таргульян В.О.* Почвообразование и выветривание в холдных гумидных областях. М.: Наука, 1971. 268 с.
  30. Теория и практика химического анализа почв / Под ред. Воробьевой Л.А. М., 2006. 400 с.
  31. *Тонконогов В.Д.* Автоморфное почвообразование в тундровой и таежной зонах Восточно-Европейской и Западно-Сибирской равнин. М.: Почв. ин-т им. В.В. Докучаева, 2010. 304 с.
  32. *Урусевская И.С.* Типы поясности и почвенно-географическое районирование горных систем России // Почвоведение. 2007. № 11. С. 1285–1297.
  33. *Урусевская И.С.* Почвенные катены цокольно-денудационных равнин лесотундры и северной тайги Кольского полуострова // Почвоведение. 2017. № 7. С. 771–789.  
<https://doi.org/10.7868/S0032180X17070127>
  34. *Фирсова В.П., Дедков В.С.* Почвы высоких широт горного Урала. Свердловск: УНЦ АН СССР, 1983. 95 с.
  35. *Хитров Н.Б., Герасимова М.И.* Предлагаемые изменения в классификацию почв России: диагностические признаки и почвообразующие породы // Почвоведение. 2022. № 1. С. 3–14.  
<https://doi.org/10.31857/S0032180X22010087>
  36. *Шамирова Е.В., Жангуров Е.В., Кулюгина Е.Е., Королев М.А., Кубик О.С., Туманова Е.А.* Почвы и почвенный покров горно-тундровых ландшафтов Полярного Урала на карбонатных породах: разнообразие, классификация, распределение углерода и азота // Почвоведение. 2020. № 9. С. 1053–1070.  
<https://doi.org/10.31857/S0032180X20090154>
  37. *Юрцев Б.А., Алексеева-Попова Н.В., Катаева М.Н.* Видовое разнообразие локальных флор Полярного Урала в контрастных геохимических условиях. Мат. конф. “Биоразнообразие Европейского Севера”. Петрозаводск, 2001. С. 204–205.
  38. *Alekseev I., Abakumov E.* Soil organic carbon stocks and stability of organic matter in permafrost-affected soils of Yamal region, Russian Arctic // Geoderma Regional. 2022. V. 28.  
<https://doi.org/10.1016/j.geodrs.2021.e00454>
  39. *Dymov A.A., Zhangurov E.V., Hagedorn F.* Soil organic matter composition along altitudinal gradients in permafrost affected soils of the Subpolar Ural Mountains // Catena. 2015. V. 131. P. 140–148.  
<https://doi.org/10.1016/j.catena.2015.03.020>
  40. IUSS Working Group WRB. 2015. World Reference Base for Soil Resources 2014. International soil classification system for naming soils and creating legends for soil maps. World Soil Resources Reports № 106. FAO, Rome. 2014. 181 p.
  41. *Lessovaia S.N., Polekhovsky Y., Dultz S., Plötze M., Andreeva N., Filimonov A., Momotova O.* Soil development on basic and ultrabasic rocks in cold environments of Russia traced by mineralogical composition and pore space characteristics // Catena. 2016. V. 137. P. 596–604.  
<https://doi.org/10.1016/j.catena.2014.11.020>
  42. *Munsell A.* Munsell Soil Color Chart. Colmorgan Instruments. 1988. Baltimor. MD.

43. *Samofalova I.A., Rogova O.B., Luzyanina O.A.* Diagnostics of soils of different altitudinal vegetation belts in the Middle Urals according to group composition of iron compounds // *Geography and Natural Resources*. 2016. V. 1. P. 71–78. <https://doi.org/10.1134/S1875372816010108>
44. *Shamrikova E.V., Shevchenko O.G., Zhangurov E.V., Korolev M.A.* Antioxidant properties of soils and associated vegetation in the Polar Urals // *Catena*. 2022. V. 208. P. 105722. <https://doi.org/10.1016/j.catena.2021.105722>
45. *Shamrikova E.V., Yakovleva E.V., Gabov D.N., Zhangurov E.V., Korolev M.A., Zazovskaya E.P.* Polyarenes Distribution in the Soil-Plant System of Reindeer Pastures in the Polar Urals // *Agronomy*. 2022. № 12. P. 1–17. <https://doi.org/10.3390/agronomy12020372>

## Soil of the Ray-Iz Mountain Ridge (Polar Urals)

**E. V. Zhangurov<sup>1</sup>\*, M. A. Korolev<sup>1</sup>, Yu. A. Dubrovskiy<sup>1</sup>, and E. V. Shamrikova<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>*Institute of Biology, Komi Science Center, Ural Branch of the Russian Academy of Sciences, Syktyvkar, 167982 Russia*

*\*e-mail: zhan.e@mail.ru*

Based on the profile-genetic approach, we made the diagnosis and the classification position of previously little-studied soils of larch woodlands, mountain tundras and a belt of cold glacial deserts of the Polar Urals, formed in different landscape-geomorphological conditions. We studied morphological, physico-chemical and chemical characteristics of the soil profiles formed on rocks of basic and ultrabasic composition. We revealed that the main background of the soil cover under the larch forests are sub-burs (podzolic and illuvial-humus). Both soils are Entic Podzol (Skeletal) according to WRB-2015. In the mountain tundras, gleyzems of humus oxidized gley or Reductaquic Gleysol (Thixotropic) and gray-humus soils or Skeletic Phaeozem are formed. In the extreme soil formation conditions of the cold glacial desert belt (900–1033 m a.s.l.), different subtypes of gleyzems (Reductaquic Gleysol and Turbic Gleysol (Abruptic) occupy local areas. We also found that the surface, predominantly ground-depositional input of plant litter and its slow mineralisation resulted in coarse-humus and peaty upper horizons with a wide C/N molecular ratio.

*Keywords:* altitudinal zonality, diagnostic horizons, *Larix sibirica*, soil-forming rocks, soil classification, Polar Urals