

ОБЩЕСТВО ПОЧВОВЕДОВ ИМ. В.В. ДОКУЧАЕВА

Федеральное государственное бюджетное учреждение науки
Федеральный исследовательский центр
«Коми научный центр
Уральского отделения Российской академии наук»
Институт биологии Коми научного центра
Уральского отделения Российской академии наук

**ПУТЕВОДИТЕЛЬ
НАУЧНЫХ ПОЧВЕННЫХ ЭКСКУРСИЙ**

VIII съезд Общества почвоведов
им. В.В. Докучаева и Школа молодых ученых
по морфологии и классификации почв
«Почвы – стратегический ресурс России»

(Сыктывкар – Воркута – Киров, 10–17 августа 2022 г.)



Москва – Сыктывкар
2022

УДК 631.4:001.891.55(036)

ББК 40.3л8

П 90

Путеводитель научных почвенных экскурсий : VIII съезд Общества почвоведов им. В.В. Докучаева и Школа молодых ученых по морфологии и классификации почв «Почвы – стратегический ресурс России» (Сыктывкар – Воркута – Киров, 10–17 августа 2022 г.) / под ред. Е.М. Лаптевой, А.А. Дымова, Д.А. Каверина. – Москва – Сыктывкар : ИБ ФИЦ Коми НЦ УрО РАН, 2022. – 241 с.

В путеводителе представлены материалы о почвах, послуживших демонстрационными объектами научных почвенных экскурсий, проведенных в рамках VIII съезда Общества почвоведов им. В.В. Докучаева. Содержание выстроено в хронологической последовательности осуществления полевых выездов во время работы съезда и в послесъездовский период. В первых трех главах изложена детальная характеристика объектов, демонстрация которых выполнена в рамках однодневных научных почвенных экскурсий 12 августа 2022 г., последние две главы – в рамках многодневных экскурсионных выездов, осуществленных в МО ГО «Воркута» для демонстрации почв южной тундры (14–17 августа 2022 г.) и по маршруту «Сыктывкар – Летка – Киров» (14–16 августа 2022 г.) с показом автоморфных почв средней и южной тайги.

Приведенный в путеводителе материал информативен как для участников почвенной экскурсии, так и для широкого круга исследователей, занимающихся проблемами генезиса, географии и экологии почв.

Под редакцией

к.б.н. Е.М. Лаптевой, д.б.н. А.А. Дымова,
д.геогр.н. Д.А. Каверина

ISBN 978-5-6046344-5-5

DOI:10.31140/book-2022-04

© ИБ ФИЦ Коми НЦ УрО РАН, 2022

Организаторы VIII съезда Общества почвоведов им. В.В. Докучаева



Общество почвоведов им. В.В. Докучаева
 Правительство Республики Коми
 Федеральный исследовательский центр «Коми научный центр
 Уральского отделения Российской академии наук»
 Институт биологии Коми научного центра Уральского отделения
 Российской академии наук
 Сыктывкарский государственный университет им. Питирима Сорокина

Партнеры и спонсоры VIII съезда Общества почвоведов им. В.В. Докучаева



ПРЕДИСЛОВИЕ

Почвы и почвенный покров – важнейшие слагаемые в структуре природных ресурсов. В отличие от растительного и животного мира, почвенные (земельные) ресурсы относятся к категории невозпроизводимых. Уничтожение почвенного покрова вследствие как природных, так и техногенных факторов приводит к резкому снижению биоразнообразия природных экосистем и зачастую полному разрушению (уничтожению) их основных компонентов – растительных сообществ, животных и микроорганизмов, а также почв.

В Республике Коми почвы и почвенный покров имеют в первую очередь лесохозяйственное значение. Они являются основой устойчивого функционирования таежных хвойных лесов. Использование почв региона в сельскохозяйственном производстве ограничено суровыми природно-климатическими условиями. Тем не менее почвы и почвенный покров республики испытывают весьма существенный антропогенный (техногенный) пресс, связанный с промышленными рубками леса, добычей минерально-сырьевых ресурсов, развитием инфраструктуры газо- и нефтедобывающих предприятий. Освоение в XX–XXI вв. природных ресурсов республики обусловило нарушение условий функционирования и активную трансформацию всех компонентов природных экосистем, в том числе и почв. В настоящее время целинные, ненарушенные антропо-(техно)генезом почвы – это большая редкость, они сохранены в границах имеющих в регионе особо охраняемых природных территорий, на долю которых приходится около 13% площади республики. На остальной территории почвы и почвенный покров в той или иной степени

нарушены деятельностью человека.

В рамках научных почвенных экскурсий, запланированных в программе VIII съезда Общества почвоведов им. В.В. Докучаева, участникам предложены к ознакомлению автоморфные подзолистые почвы средней и южной тайги, включая уникальные почвы со вторым гумусовым горизонтом, сформированные на покровных бескарбонатных, реже карбонатных суглинках, а также их агро- и постагрогенные аналоги. Особое внимание при организации научной почвенной экскурсионной программы уделено почвам таежных лесов, подвергшихся рубкам и пожарам, а также почвам техногенно нарушенных ландшафтов, где в настоящее время идут начальные стадии процессов первичного почвообразования. Рассмотрены особенности формирования почв на уникальных геологических образованиях – морских отложениях юрского периода и четвертичных отложениях, их перекрывающих. Учитывая значимый интерес к почвам Севера, одна из экскурсий посвящена почвам южных тундр и их изменению на постагрогенном этапе функционирования сельскохозяйственных угодий в тундровой зоне.

*Заведующая отделом почвоведения
Института биологии Коми научного центра
Уральского отделения Российской академии наук,
доцент, кандидат биологических наук Е.М. Лаптева*

ОДНОДНЕВНЫЕ НАУЧНЫЕ ПОЧВЕННЫЕ ЭКСКУРСИИ

Маршрут №1

ПОЧВЫ ОХРАНЯЕМОГО ПРИРОДНОГО ЛАНДШАФТА РЕСПУБЛИКАНСКОГО ЗНАЧЕНИЯ «КАРГОРТСКИЙ» И ЕГО ОКРЕСТНОСТЕЙ¹

Программа экскурсии

- 9:00 Начало экскурсии. Отъезд на автобусе от здания ИБ ФИЦ Коми НЦ Уро РАН (г. Сыктывкар, ул. Коммунистическая, д. 28)
- 10:30 – 11:30 Демонстрационный объект №1. Охраняемый природный ландшафт республиканского значения «Каргортский»
- 11:30 – 13:00 Демонстрационный объект №2. Серогумусовая (дерновая) постагрогенная почва
- 13:00 – 14:00 Обед (Финно-угорский этнопарк)
- 10:20 – 16:00 Демонстрационный объект №3. Почва на глинистых морских отложениях юрского периода
- 16:00 – 18:00 Культурная программа. Знакомство с достопримечательностями старинного с. Ыб и объектами Финно-угорского этнопарка.
- 18:00–19:00 Ужин (Финно-угорский этнопарк)
- 19:00–20:30 Завершение экскурсии. Возвращение автобуса к зданию ИБ ФИЦ Коми НЦ Уро РАН (г. Сыктывкар, ул. Коммунистическая д.28).

¹ Авторы: к.б.н. Е.М. Лаптева, к.б.н. Ю.В. Холопов, к.б.н. И.А. Лиханова, к.г.-м.н. П.А. Безносков, к.г.-м.н. Ю.С. Симакова, Е.М. Перминова.

В рамках маршрута № 1 участникам экскурсии будет предоставлена возможность посетить охраняемый природный ландшафт республиканского значения «Каргорский», ознакомиться с историей его образования, его уникальными геологическими памятниками природы. На особо охраняемой природной территории (ООПТ) будут продемонстрированы почвы, сформированные на четвертичных отложениях, перекрывающих отложения среднего и верхнего отделов юрской системы (рис. 1). Кроме того, участники экскурсии смогут ознакомиться с почвами, развитыми на глинистых морских отложениях юрского периода. Разрезы таких почв заложены в 3.7 км к северо-западу от ООПТ «Каргорский», на склоне водораздельного увала.

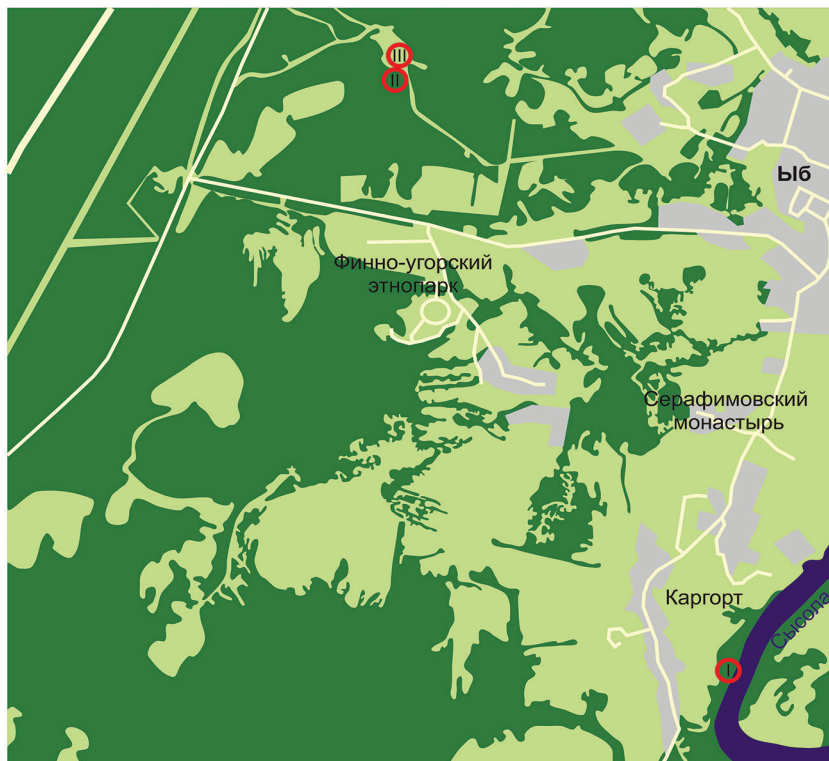


Рис. 1. Схема расположения демонстрационных объектов: I – ООПТ «Каргорский», почва на суглинистых четвертичных отложениях; II, III – почвы на глинистых морских отложениях юрского периода.

В завершении для участников экскурсии запланировано посещение одного из старейших населенных пунктов Республики Коми – села Ыб (Иб) и знакомство с его достопримечательностями. Село Ыб находится на левом берегу р. Сысола, оно раскинулось почти на 15 км вдоль реки на семи холмах (рис. 2). Отсюда и название села, поскольку в переводе с коми «ыб» – возвышенность.



Рис. 2. Село Ыб – кандидат на членство в Ассоциацию самых красивых деревень и городков России (Фото В. Мальцева).

Ыб – одно из древнейших селений Республики Коми. Первые упоминания о нем датируются 1586 годом (Историческое..., 2007). Жители села занимались охотой на птиц и пушных зверей, а также земледелием и животноводством, обрабатывая в течение нескольких веков земли на приречных увалах.

Основными достопримечательностями села являются часовни, действующая церковь Вознесения Господня, женский монастырь, геологические и археологические памятники. К последним относятся Чудское городище и Шойнаягский могильник, где по сей день находят кости реликтовых животных. Из природных чудес – Можжевеловое озеро, а также 15 святых источников, чьи лечебные воды на протяжении многих веков лечат от различных болезней.

Демонстрационный объект № 1

ОХРАНЯЕМЫЙ ПРИРОДНЫЙ ЛАНДШАФТ РЕСПУБЛИКАНСКОГО ЗНАЧЕНИЯ «КАРГОРТСКИЙ»

Охраняемый природный ландшафт республиканского значения «Каргортский» образован с целью сохранения природного ландшафта, включающего естественный разрез юрских отложений на левом берегу р. Сысолы и прилегающей территории (рис. 1). ООПТ создан в 2021 г. Площадь охраняемого природного ландшафта – 7,39 га. Находится на территории д. Каргорт (Республика Коми, Сыктывдинский район, с. Ыб). Основной объект охраны – обнажение «Каргорт», являющееся наиболее богатым местонахождением остатков юрских морских позвоночных на территории Республики Коми (рис. 3).

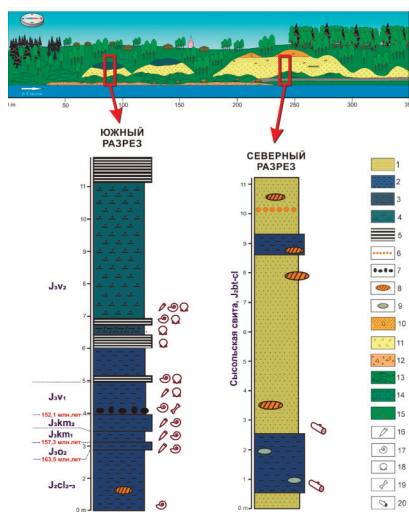


Рис. 3. Геологический разрез юрских отложений в д. Каргорт: 1 – песок; 2 – глина; 3 – глина известковистая; 4 – глина керогеновая; 5 – горючий сланец; 6 – гравий и галька; 7 – фосфоритовые конкреции; 8 – сидеритовые конкреции; 9 – пиритовые конкреции; 10 – четвертичные отложения; 11 – осыпь; 12 – бечевник (аллювиальные отложения); 13 – мелкая растительность (кусты); 14 – заболоченный луг; 15 – тропинки; 16 – белемниты; 17 – аммониты; 18 – двусторонки; 19 – остатки позвоночных; 20 – углефицированные остатки растений (по: Безносков, 2017).

В окрестностях с. Ыб под четвертичными отложениями залегают отложения среднего и верхнего отделов юрской системы. В бассейне р. Сысола юрские породы залегают горизонтальными пластами. Их обнажение на берегу р. Сысола в д. Каргорт – наиболее представительно (рис. 3). Толща пород, слагающая обнажение, содержит слои горючих сланцев, кварцевых стекольных песков, сидеритовые (железные руды), фосфоритовые и пиритовые конкреции, палеонтологические объекты, в том числе остатки динозавров. В обилии встречаются ростры белемнитов, которые участники экскурсии смогут собрать на берегу р. Сысола.

Демонстрационный объект № 2

СЕРОГУМУСОВАЯ (ДЕРНОВАЯ) ПОСТАГРОГЕННАЯ ПОЧВА

Юрские отложения в окрестностях с. Ыб перекрыты сверху четвертичными отложениями суглинистого гранулометрического состава. Учитывая историю с. Ыб, на территории охраняемого природного ландшафта «Каргортский» и прилегающих к нему территориях почвы, сформировавшиеся здесь находились в режиме сельскохозяйственного использования в качестве пахотных угодий в течение длительного периода. В настоящее время в границах рассматриваемого ООПТ и на прилегающей к ней территории почвы выведены из агрорежима, формируются под травянистыми луговыми сообществами, сложившимися в процессе постагrogenной трансформации пахотных угодий.

Растительный покров участка представлен разнотравно-ежовыми сообществами (рис. 4). В составе травостоя доминирует *Dactylis glomerata*, зафиксированы *Agrostis gigantea*, *A. tenuis*, *Elytrigia repens*, *Phleum pratense*, *Poa pratensis* и др. В микропонижениях появляются *Alopecurus pratensis*, *Deschampsia cespitosa*, *Phalaris arundinacea* и др. Среди лугового разнотравья отмечены: *Achillea millefolium*, *Alchemilla* sp., *Centaurea phrygia*, *Galium mollugo*, *Geranium pratense*, *Lathyrus pratensis*, *Stellaria graminea*, *Veronica chamaedrys* и др. Местами обильны сорные виды: *Cirsium setosum*, *Galeopsis speciosa*, *Urtica dioica* и др., а также нитрофильные опушечные: *Aegopodium podagraria* и *Anthriscus sylvestris*. III травостоя – 95–100%. Моховой ярус не развит (III до 5%), отмечены мхи рода *Brachythecium*.

Характеристика почвы дана на примере разреза Р-6-2019, заложенного на высоком берегу р. Сысола. Координаты: 61°14'57.7" с.ш., 50°34'12.3" в.д., высота 109 м над ур. м.



Рис. 4. Разнотравно-ежовый луг (слева) и профиль серогумусовой (дерновой) постагрогенной почвы (справа) на высоком берегу р. Сысола.

Морфологическое строение профиля

- | | |
|---|--|
| <p>A_{Yrz}
0–4 см</p> | <p>Дернина плотная, минеральная масса-темно-серая с бурым оттенком (7.5YR2/2), комковато-порошистая, обильно переплетена корнями растений, крупные корневища, обилие дождевых червей, на поверхности зеленые мхи, опад, ветошь.</p> |
| <p>A_{Yra}
4–20 см</p> | <p>Суглинок опесчаненный, темно-серый с бурым оттенком (7.5YR4/2), в нижней части более светлый (7.5YR3/1), мелкокомковато-порошистый, структурирован, пористый, рыхлый, обилие корней и почвенных беспозвоночных, ходов дождевых червей, включения гальки, свежий, переход постепенный.</p> |
| <p>A_{Ypa}
20–28 (25) см</p> | <p>Суглинок опесчаненный, неоднороден по цвету: от светло-бурого (7.5YR3/1) до желтовато-бурого (10YR5/4), за счет припахивания фрагментов нижней толщи, комковатый, агрегаты более крупные, чем выше, уплотнен, пористый, ходы дождевых червей, свежий, включения окатанной гальки, корни, переход резкий по цвету, граница неровная.</p> |

В 25(28)–50 см	Суглинок опесчаненный, светло-бурый (10YR4/4) книзу (10YR5/4), в нижней части выражены зоны рыжевато-бурого оттенка; структура неяснокомковатая, в верхней части мелкокомковатая, особенно в зонах распространения корней, пористый, свежий, обилие растительных остатков, переход резкий по гранулометрическому составу.
I слой 50–60(63) см	Тяжелосуглинистый, бурый (7.5YR4/3) с пятнами охристого цвета (7.5YR5/6), особенно по трещинам, хорошо структурирован, структура многопорядковая, агрегаты кубические в нижней части переходящие в столбчатые, плотный, пористый, влажноват, черные растительные остатки, переход резкий по гранулометрическому составу.
II слой 60(63)–70 см	Супесь, бурая (7.5YR4/6), неоднородного цвета: с зонами ожелезнения светло-охристого цвета (7.5YR5/6), слабооструктурен, неясно комковатый, рыхлый, обилие мелкой гальки.
III слой 70–82 см	Суглинок, неоднородного цвета: от бурого (7.5YR4/6) до светло-бурого (7.5YR4/6-5/6), плитчатый, пористый, влажный, корни единичные.
IV слой 82–102 см	Суглинок опесчаненный, бурый (7.5YR4/4), неоднородный по цвету с ржавовато-бурыми и сизоватыми пятнами (реакция на α-дипиридил отрицательна), обилие гальки, мелкие белесые включения (реакция на 10% HCl отрицательна), комковатый (плитчатый?), пористый, ходы червей, корни единичные
V слой 102–150 см	Легкий суглинок, бурый с красноватым оттенком (5YR4/4), единично ржаво-охристые пятна, по ходам корней темное прокрашивание, неяснокомковатый, пористый, пластичный, конкреционные включения разного размера сферической формы, диаметр конкреций от 4 до 10 и более см, внутренняя часть некоторых конкреций вскипает от HCl.

Согласно морфологическому описанию, почва может быть диагностирована как серогумусовая постагрогенная на неоднородных по гранулометрическому составу суглинистых отложениях.

Почва сформирована на неоднородных по гранулометрическому составу суглинистых отложениях (табл. 1). Верхняя часть профиля преимущественно среднесуглинистая с преобладанием фракций крупной пыли, присутствием фракций песка разной размерности. Нижняя часть профиля (с глубины 30 см представляет собой сочетание слоев легко и среднего суглинка, единично – тяжелого. По всему профилю встречается окатанная галька. Валовый химический состав (табл. 2) отражает неоднородность гранулометрического состава выделенных слоев.

В нижней части профиля представлены крупные конкреционные образования, валовой химический состав которых характеризуется

высоким содержанием железа (35–39%) при незначительном содержании алюминия (0.6–0.9%), фосфора (0.2–0.7%), марганца (0.7–1.6%). Внутренняя часть конкреций дифференцирована и морфологически, и по химическому составу. От поверхности конкреций (темно-бурая, плотная, скорлупообразная, слоистая поверхность) к ее центральной части (палевая, однородная, рыхлая) возрастает содержание кальция (от 0.5 до 4.1%), магния (от 0.3 до 3.3%) и углерода органических соединений (от 0.3 до 1.5%).

Морфологическое строение верхней части профиля отражает постагрогенный этап ее преобразования после длительного периода использования этого участка в качестве пахотного угодья – четко выражен бывший пахотный горизонт темно-серого цвета, комковатой структуры со следами припахивания минеральной части нижних слоев. Под влиянием развития луговой растительности на современном этапе формируется четко выраженная дернина в верхней части бывшего пахотного горизонта.

Верхняя часть профиля среднекислая, нижняя – слабокислая (табл. 3). В верхней части серогумусового горизонта наблюдается выщелачивание обменных катионов ($V_s = 71-76\%$). Нижняя часть профиля характеризуется повышенным содержанием обменных катионов и, соответственно, насыщена основаниями ($V_s = 91-94\%$). Несмотря на формирование почвы в современный период под влиянием дернового процесса, содержание углерода органических соединений невелико ($C_{орг} = 1.0-1.3\%$). Только в дернине, благодаря аккумуляции органического вещества, поступающего с опадом трав, наблюдается более высокое содержание углерода органических соединений. Почвенное органическое вещество рассматриваемой почвы, в отличие от подзолистых почв водоразделов обогащено азотом. По величине соотношения $C_{орг}/N$ (4.7–7.9) рассматриваемая почва попадает в категорию почв со средней обеспеченностью почвенного органического вещества азотом (Орлов, 1992), что нетипично для почв таежной зоны (Забоева, 1975; Елькина, 2008).

Данные профильного распределения оксалато- и дитиониторастворимых форм соединений железа, а также расчет таких показателей, как коэффициент Швертмана и критерий Бодегома (табл. 4), свидетельствует о формировании почвы в благоприятных условиях окислительно-восстановительного режима.

В фазовом составе глинистой фракции преобладают минералы иллит-сметкитовой группы и каолинит (табл. 5). Значительное содержание кварца и полевых шпатов (табл. 5) соотносятся

с присутствием в гранулометрическом составе значительной доли фракций мелкого и крупного песка (табл. 1).

Таблица 1
Гранулометрический состав серогумусовой (дерновой) постагрогенной почвы, разрез Р-6-19

Горизонт	Глубина, см	W*, %	Потеря при обработке HCl, %	Содержание фракции, %; размер фракции, мм						
				1-0.25	0.25-0.05	0.05-0.01	0.01-0.005	0.005-0.001	< 0.001	сумма частиц < 0.01
A _{Yrz}	0–4	5.05	2.53	22	21	30	6	5	16	28
A _{Ypa}	4–10	2.08	1.40	19	22	26	5	12	16	33
A _{Ypa}	10–20	2.30	1.43	18	22	26	4	13	17	34
A _{Ypa}	20–25(28)	2.59	1.28	13	31	29	0	9	19	27
B	25(28)–40	2.71	1.28	2	52	17	3	7	19	29
B	40–50	3.32	1.15	3	52	14	2	6	23	31
I сл.	50–60(63)	5.26	1.48	1	17	35	1	11	35	47
II сл.	60–70	1.79	0.84	22	47	11	3	1	16	20
III сл.	70–82	2.70	1.35	1	33	35	2	6	24	31
IV сл.	82–92	2.61	1.19	12	26	25	4	8	25	37
V сл.	102–119	2.94	1.21	6	34	34	0	3	22	25
V сл.	119–135	3.15	1.44	1	22	48	1	3	25	28
V сл.	135–150	3.03	1.37	0	25	48	1	3	23	27

Примечание. Здесь и далее: *W – гигроскопическая влажность

Таблица 2

Валовой² химический состав серогумусовой (дерновой) постагроенной почвы, разрез Р-6-19

Горизонт	Глубина, см	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	MnO	MgO	CaO	Na ₂ O	K ₂ O	P ₂ O ₅	TiO ₂	Молекулярные отношения		
		% *											SiO ₂ / Fe ₂ O ₃	SiO ₂ / Al ₂ O ₃
AYtz	0-4	73.7	12.4	4.4	0.1	1.1	3.5	1.0	2.5	0.8	0.5	44.7	10.1	8.2
AУpa	4-10	74.2	14.0	4.8	0.1	1.1	1.3	1.0	2.6	0.4	0.6	41.1	9.0	7.4
AУpa	10-20	74.3	13.8	5.0	0.2	1.0	1.3	1.0	2.5	0.4	0.6	39.4	9.1	7.4
AУpa	20-25(28)	73.9	14.2	4.9	0.1	1.0	1.3	1.0	2.6	0.3	0.6	40.0	8.8	7.2
В	25(28)-40	72.7	15.5	4.8	0.1	1.1	1.1	1.0	2.9	0.2	0.6	40.2	8.0	6.7
В	40-50	70.7	16.7	5.4	0.1	1.2	1.2	0.9	2.9	0.2	0.6	34.7	7.2	6.0
I сл.	50-60(63)	69.2	17.7	5.9	0.1	1.4	1.3	0.9	2.7	0.2	0.7	31.3	6.6	5.5
II сл.	60-70	78.5	11.7	4.5	0.1	0.9	1.0	0.8	1.9	0.2	0.4	46.4	11.5	9.2
III сл.	70-82	72.2	15.9	4.6	0.1	1.2	1.4	1.1	2.6	0.2	0.6	41.6	7.7	6.5
IV сл.	82-92	70.2	16.6	6.3	0.1	1.1	1.1	0.9	2.9	0.3	0.6	29.7	7.2	5.8
V сл	102-119	75.1	14.0	4.1	0.1	1.2	1.4	1.0	2.3	0.2	0.6	48.8	9.1	7.7
V сл	119-135	73.9	14.5	4.2	0.1	1.3	1.6	1.1	2.4	0.2	0.6	46.7	8.6	7.3
V сл	135-150	74.2	14.4	4.1	0.1	1.3	1.5	1.2	2.4	0.2	0.6	48.4	8.8	7.4

Примечание. Здесь и далее: * расчет выполнен на прокаленную навеску почвы.

² Анализ выполнен на рентгенофлуоресцентном спектрометре XRF-1800 (Shimadzu) в Институте геологии ФИЦ Коми НЦ УрО РАН.

Таблица 3

**Кисотно-основные свойства и содержание обменных катионов
в серогумусовой (дерновой) постагрогенной почве, разрез Р-6-19**

Горизонт	Глубина, см	рН		Нг*	Обменная кислотность			Обменные катионы		V _s **, %
		H ₂ O	KCl		H	Al	H+Al	Ca ²⁺	Mg ²⁺	
АУгз	0–4	6.6	6.39	2.46	0.12	0.13	0.25	25.76	5.19	92.6
АУра	4–10	6.59	4.64	4.14	0.03	0.13	0.17	9.04	1.29	71.4
АУра	10–20	5.96	4.71	3.33	0.03	0.05	0.08	9.69	1.08	76.4
АУра	20–25(28)	6.13	4.79	2.31	0.02	0.03	0.05	9.45	1.06	82.0
В	25(28)–40	6.41	4.85	1.26	0.03	0.02	0.05	9.78	1.40	89.9
В	40–50	6.55	4.83	1.31	0.03	0.02	0.05	11.52	1.63	90.9
I сл.	50–60(63)	6.74	4.76	1.53	0.05	0.00	0.05	18.90	2.32	93.3
II сл.	60–70	6.64	5.01	0.83	0.02	0.00	0.02	7.95	0.87	91.4
III сл.	70–82	6.79	4.83	1.20	0.02	0.03	0.05	13.63	1.27	92.5
IV сл.	82–92	6.84	5.1	1.18	0.02	0.00	0.02	13.33	1.17	92.5
V сл	102–119	7.00	5.00	0.80	0.03	0.00	0.03	11.44	1.12	94.0
V сл	119–135	7.11	5.08	0.87	0.02	0.00	0.02	12.71	1.26	94.1
V сл	135–150	7.08	5.05	0.93	0.02	0.00	0.02	11.46	1.23	93.2

Примечание. Здесь и далее: *Нг гидролитическая кислотность;
**V_s – степень насыщенности основаниями (по гидролитической кислотности).

Таблица 4

Некоторые физико-химические свойства серогумусовой (дерновой) постарогенной почвы, разрез Р-6-19

Горизонт	Глубина, см	Сорг ¹	С ²	N ²	C/N	C _{орг} /N	Подвижные формы		Al ₂ O _{3ox}	Fe ₂ O _{3ox}	Fe ₂ O _{3d}	K _Ш ³	K _Б ⁴
							P ₂ O ₅	K ₂ O					
							смоль/кг						
АУгз	0–4	7.29	8.5	0.70	188	10.4	188	509	0.18	0.12	0.48	0.25	0.01
АУра	4–10	1.33	1.8	0.17	104	7.9	104	153	0.26	0.62	1.80	0.34	0.08
АУра	10–20	1.07	1.5	0.141	111	7.6	111	87	0.26	0.59	2.13	0.28	0.07
АУра	20–25(28)	0.95	1.26	0.121	55	7.8	55	81	0.21	0.51	1.85	0.27	0.06
В	25(28)–40	0.30	0.44	0.046	81	6.4	81	86	0.16	0.35	1.78	0.20	0.03
В	40–50	0.25	0.39	0.043	58	5.9	58	91	0.19	0.44	2.01	0.22	0.04
I сл.	50–60(63)	0.26	0.41	0.046	57	5.6	57	132	0.23	0.34	1.87	0.18	0.02
II сл.	60–70	0.15	0.27	0.031	81	4.7	81	85	0.14	0.33	1.63	0.21	0.03
III сл.	70–82	0.15	0.25	0.030	162	5.0	162	129	0.20	0.25	1.24	0.20	0.02
IV сл.	82–92	0.19	0.35	0.034	56	5.5	56	127	0.20	0.47	2.45	0.19	0.03
V сл	102–119	0.11	0.18	0.028	266	4.0	266	119	0.18	0.19	0.79	0.24	0.02
V сл	119–135	0.12	0.19	0.031	327	4.0	327	111	0.19	0.23	0.86	0.27	0.03
V сл	135–150	0.12	0.18	0.030	350	4.0	350	109	0.18	0.23	0.78	0.29	0.03

Примечание. Здесь и далее: ¹Сорг – содержание углерода органических соединений определено методом Тюрина со спектрофотометрическим окончанием; ²С, N – содержание углерода и азота в образцах почв определено газохроматографическим методом на CNH-O анализаторе; ³K_Ш – коэффициент Швертмана (отношение Fe_{ox}/Fe_d); ⁴K_Б – критерий Бодегома (Fe(II) биол = 0.19 · Fe_{ox} - 0.028 · (Fe_d - Fe_{ox})).

Таблица 5

**Качественный фазовый состав глинистой фракции³
серогумусовой (дерновой) постагрогенной почвы, разрез Р-6-19**

Горизонт	Глубина, см	Глинистые минералы					Прочие минералы		
		Смектит	Хлорит	Иллит	Каолинит	Иллит/ смектит	Кварц	Полевой шпат	Цеолит (гли- но-иттилолит)
АУра	4–10	++	+	+	++	+++	+++	++	–
АУра	10–20	+	+	+	++	+++	+++	++	–
АУра	20–25(28)	+	+	+	++	+++	+++	++	–
В	25(28)–40	+	+	+	++	+++	+++	++	–
І сл.	50–60(63)	++	+	+	++	+++	+++	++	–
ІІ сл.	60–70	+	?	+	++	+++	+++	++	–
ІV сл	82–92	+	?	+	++	+++	+++	++	–
VІІ сл	119–135	++	+	+	++	+++	+++	++	–

Примечание. прочерк – минерал отсутствует; ? – минерал присутствует в незначительном количестве либо определен недостоверно; + – минерал присутствует в небольшом количестве; ++ – минерал присутствует в большем количестве; +++ – минерал присутствует в значительном количестве.

³ Анализ выполнен в лаборатории минералогии Института геологии ФИЦ Коми НЦ УрО РАН.

Демонстрационный объект №3

ПОЧВА НА ГЛИНИСТЫХ МОРСКИХ ОТЛОЖЕНИЯХ ЮРСКОГО ПЕРИОДА

На западном склоне приречного холма, в 3.7 км от разреза Р-6-2019 и в 2 км от долины р. Сысолы выделен участок с выходом на дневную поверхность специфического цвета глин юрского периода. Растительный покров этого участка представлен высокотравным луговым сообществом в окружении еловых, березово-еловых и березовых травяных лесов (рис. 5). По опушкам лесных массивов распространены заросли малины. В разнотравно-ежовых сообществах, приуроченных к выходам морских глин, помимо доминирующего вида *Dactylis glomerata*, также отмечены: *Agrostis gigantea*, *Elytrigia repens*, *Phleum pratense*, *Poa pratensis* и др. Среди разнотравья наиболее обильны: *Centaurea phrygia*, *Galium mollugo*, *Lathyrus pratensis*, *Stellaria graminea*, *Veronica chamaedrys* и др. Характерно внедрение значительного количества нитрофильных видов: *Aegopodium podagraria*, *Anthriscus sylvestris*, *Chamaenerion angustifolium*, *Urtica dioica* и др. III травяного яруса – 95–100%. Моховой ярус (ПП до 10%) подавлен хорошо развитым травостоем, на ветоши отмечены мхи рода *Brachythecium*.

Сообщества с доминированием *Chamaenerion angustifolium*, *Filipendula ulmaria* и *Rubus idaeus* характеризуются высокими (140–170 см) и плотными пологами. В связи с отмеченным, в фитоценозах малообильны луговые виды, но обычны в вегетативном состоянии. III травостоя – 100%. Моховой покров не развит.

Характеристика почвы дана на примере разреза Р-4-2019, заложенного в верхней части склона (рис. 5). Координаты: 61°16'44.4" с.ш., 50°32'05.5" в.д., высота 122 м над ур. м.

Морфологическое строение профиля

AUrz 0–5 см	Дернина, минеральная масса темно-серого, близкого к черному цвета (10YR1.7/1–2/1), структурирован, мелкокомковатый, местами зернистый, агрегаты округлые, рыхлый, пронизан корнями и корневищами, обилие беспозвоночных – дождевые черви, моллюски, многоножки, свежий. На поверхности почвы обилие ветоши, зеленых мхов. Переход постепенный.
----------------	--

AU 5–12(18) см	Глина; неоднородный по цвету: основной фон темно-коричневый близкий к черному (5YR3/1), есть пятна более светлого (стального) оттенка (2.5YR 3/2); плотноват, мелко- и среднекомковатый, агрегаты от 1–2 мм до 5–6 мм, встречаются агрегаты с ровными острыми гранями, но больше округлые; пронизан корнями, на корнях скопления агрегатов; пористый, обилие ходов дождевых червей, обилие слаборазложившихся растительных остатков, встречаются углистые частицы, галька. Переход заметный по цвету. Граница неровная.
Q1 12(18)–33 см	Глина; цвет специфический со «стальными» тонами окраски (2.5Y3/2), плотный, агрегирован, агрегаты мелкие (диаметром до 1–1.5 мм) неправильной формы, пористый, корни, много слаборазложившихся растительных остатков (корни) черного цвета; ходы дождевых червей заполнены черной мажущей массой; влажноват; переход постепенный по структуре.
Q2 33–57 см	Глина; аналогичен вышележащему по цвету (2.5Y3/2), уплотнен, агрегирован, агрегаты угловатые диаметром до 2 мм; к низу увеличивается диаметр агрегатов; пористый, по порам слаборазложившиеся остатки корневой; влажный; по порам сочится вода;
Q3 57–77 см	Глина; цвет однородный, серый со стальным оттенком (2.5Y4/1), хорошо агрегирован, агрегаты крупные, угловатые; пористый; сырой; корни; переход резкий по цвету и структуре.
QCg 77–109 см	Глина; цвет неоднородный, основной фон сизо-серый стальной (7.5Y3/1) с охристыми, бурными крупными пятнами (5YR4/6–4/8); структура икряная, твoroжистая, агрегаты средних размеров диаметром 2–3 мм, к низу тонкоплитчатый за счет латерального стока ожелезненных грунтовых вод; корни единично. Переход заметный по структуре и составу включений.
QG 109–117 см	Глина; цвет неоднородный от сизо-серого (7.5GY4/1) до ржаво-охристого (5YR4/6) и черного за счет включения мелких сланцев; агрегирован, структура многопорядковая, плитчатая, плитки распадаются на мелкие агрегаты неправильной формы, угловатые; крупнопористый.
G 117–129 см	Глина; цвет сизо-серый (10Y4/1), ржаво-бурные зоны окисления (5YR4/6); плитчатый, липкий, пластичный, пористый. Включения сланцев темно-коричневого цвета (116–117 см). Вода сочится с глубины 110 см по трещинам. Корни единичные.

Рассматриваемая почва формируется в специфических условиях. С одной стороны, ее развитие связано с формированием на нетипичных почвообразующих породах, которыми служат выходы глинистых морских отложений. С другой стороны, на процессы почвообразования существенное влияние оказывает разгрузка почвенно-грунтовых вод, содержащих значительное количество соединений железа. О том, что почвообразующие породы являются морскими отложениями юрского периода, свидетельствуют дан-

ные изучения геологических особенностей района с. Ыб (Безносков, 2017) и присутствие в профиле почвы разреза Р-4-2019 сланцев с многочисленными отпечатками двусторок и аммонитов.



Рис. 5. Высокотравный луг (слева) и профиль почвы (справа) на юрских глинах.

Верхние горизонты почвы формируются под влиянием дернового процесса, определяющего их дифференциацию на дернину и темногомусовый горизонт. Срединная часть профиля формируется под влиянием гидрогенного метаморфизма, результатом которого является формирование квазиглеевого горизонта Q, характеризующегося специфической «стальной» окраской и творожистой, крупитчатой структурой с мелкими (до 1–2 мм) агрегатами неправильной, угловатой формы. Книзу профиля наблюдается увеличение размерности агрегатов.

Разгрузка железистых почвенно-грунтовых вод обуславливает протекание глеевых процессов в нижней части профиля с формированием зон окисления при освобождении порового пространства от воды и накоплением соединений железа, которое фиксируется визуалью по наличию охристых стяжений и железистой пропитки растительных остатков.

Особенностью гранулометрического состава почв является высокое содержание фракций физической глины и ила при практически полном отсутствии фракции мелкого песка и низком содержании фракции среднего и крупного песка. В зоне разгрузки почвенно-грунтовых вод наблюдается некоторое уменьшение доли частиц физической глины и относительное возрастание доли песчаных фракций, что может быть связано с выносом илистых частиц с латеральным стоком почвенно-грунтовых вод. Отложения в нижней части профиля характеризуются более высокими значениями потери при обработке HCl, что свидетельствует о присутствии здесь карбонатов кальция.

Данные валового состава подтверждают связь с химическим составом почвенно-грунтовых вод (табл. 7). На глубине 77–117 см (в зоне латерального стока почвенно-грунтовых вод) отмечено более высокое валовое содержание железа (Fe_2O_3 7.8–12.0%) по сравнению с вышележащей толщей профиля (5.2–5.8%). Специфика формирования юрских отложений в условиях морского осадконакопления нашла свое отражение в повышенном и относительно равномерном валовом содержании в профиле кальция и магния, по сравнению с покровными и/или моренными суглинками (Забоева, 1975; Атлас почв..., 2010).

Почва отличается очень высоким содержанием обменных катионов кальция и магния, насыщенностью основаниями, близкой к нейтральной и нейтральной реакцией среды нижней части профиля (табл. 8). Верхняя часть профиля по величине кислотности отражает зональные условия формирования – органогенные горизонты и подстилающие их квазиглеевые горизонты имеют среднекислую реакцию среды.

Для профильного распределения углерода и азота характерна их аккумуляция в темногумусовом горизонте и в нижних слоях профиля, где их содержание может быть связано как с особенностями состава морских отложений, так и с возможным дополнительным поступлением органических соединений с почвенно-грунтовыми водами (табл. 9). С грунтовым переувлажнением нижней части профиля почвы разреза Р-4-2019 также связано более высокое содержание оксалато-, дитиониторастворимых форм соединений железа и подвижных форм фосфора (табл. 9).

По минералогическому составу рассматриваемый разрез существенно отличается от почвы Р-6-2019 присутствием в составе минералов цеолита (клиноптилолита) и отсутствием в нижней ча-

сти профиля минералов группы смектита и хлорита (табл. 10).

Данные морфологического описания почвы, анализ условий ее формирования и особенностей химического состава позволяют отнести данный профиль к типу гумусово-квизиглеевых почв отдела: Гидрометаморфические почвы (?).

Таблица 6

Гранулометрический состав почвы на юрских глинах, разрез Р-4-19

Горизонт	Глубина, см	W*, %	Потеря при обработке НСІ, %	Содержание фракции, %; размер фракции, мм						
				1-0.25	0.25-0.05	0.05-0.01	0.01-0.005	0.005-0.001	< 0.001	сумма частиц < 0.01
AU _{rz}	0–5	6.93	4.05	20	0	24	11	22	22	55
AU	5–10	7.08	3.69	10	0	21	13	25	30	68
AU	10–12(18)	13.86	3.34	8	0	20	11	31	30	72
Q1	12(18)–23	7.54	2.84	0	0	13	15	33	38	86
Q1	23–33	11.45	3.64	0	0	14	13	32	40	85
Q2	33–43	8.75	3.29	1	0	14	14	30	41	85
Q2	43–57	8.49	3.22	1	0	13	12	31	43	86
Q3	57–77	7.59	3.72	0	0	16	10	32	42	84
QCg	77–81(85)	6.58	4.27	2	0	20	13	28	37	79
QCg	81(85)–92	7.74	6.26	5	0	18	15	30	31	76
QCg	92–101	7.02	5.45	4	0	19	14	30	33	77
QCg	101–109	8.06	5.94	5	0	18	13	28	35	76
QG	109–117	7.44	12.20	0	0	8	7	37	48	92
G	117–129	4.72	3.15	1	0	10	15	20	54	89

Таблица 7

Валовой химический состав почвы на юрских глинах, разрез Р-4-19

Гори- зонт	Глубина, см	SiO ₂	Fe ₂ O ₃	Al ₂ O ₃	MnO	MgO	CaO	Na ₂ O	K ₂ O	P ₂ O ₅	TiO ₂	Молекулярные отношения		
												SiO ₂ / Fe ₂ O ₃	SiO ₂ / Al ₂ O ₃	SiO ₂ / R ₂ O ₃
%														
AU1z	0-5	65.15	5.3	18.2	0.1	2.1	3.6	0.7	3.5	0.7	0.6	32.7	6.1	5.1
AU	5-10	65.67	5.2	18.9	0.1	2.1	2.9	0.7	3.4	0.5	0.6	33.8	5.9	5.0
AU	10-12(18)	65.57	5.3	18.9	0.1	2.1	2.8	0.7	3.4	0.6	0.6	33.1	5.9	5.1
Q1	12(18)-23	65.98	5.2	19.6	0.0	2.2	2.1	0.7	3.3	0.3	0.6	33.8	5.7	4.9
Q1	23-33	65.13	5.6	19.9	0.0	2.2	2.4	0.6	3.2	0.4	0.6	31.1	5.6	4.7
Q2	33-43	65.62	5.7	19.1	0.0	2.4	2.4	0.6	3.3	0.4	0.6	30.7	5.8	4.9
Q2	43-57	64.77	5.8	20.0	0.0	2.2	2.3	0.6	3.3	0.4	0.6	29.7	5.5	4.7
Q3	57-77	64.48	5.8	19.7	0.0	2.3	2.6	0.6	3.3	0.6	0.6	29.6	5.6	4.7
QCg	77-81(85)	62.34	8.6	18.5	0.1	2.4	2.7	0.7	3.4	0.7	0.5	19.3	5.7	4.4
QCg	81(85)-92	62.32	8.0	18.7	0.1	2.4	2.8	0.8	3.5	0.9	0.5	20.7	5.7	4.5
QCg	92-101	64.37	7.8	17.5	0.1	2.3	2.8	0.7	3.3	0.7	0.5	22.1	6.3	4.9
QCg	101-109	59.92	12.0	16.6	0.1	2.3	3.4	0.8	3.3	1.2	0.5	13.4	6.1	4.2
QG	109-117	59.61	7.7	17.8	0.2	2.2	7.3	0.6	3.3	0.7	0.5	20.7	5.7	4.5

Таблица 8

**Кислотно-основные свойства и содержание обменных катионов
в почве на юрских глинах, разрез Р-4-19**

Гори- зонг	Глубина, см	рН		Нг	Обменная кислотность смоль/кг				Обменные катионы		Vs, %
		H ₂ O	КСl		Н	Al	H+Al	Ca ²⁺	Mg ²⁺		
										0.08	
AUrz	0-5	6.11	5.21	6.53	0.10	0.08	0.18	0.18	25.82	4.46	82.3
AU	5-10	6.56	4.89	6.97	0.08	0.02	0.10	0.10	25.62	4.04	81.0
AU	10-12(18)	5.59	4.84	6.69	0.10	0.05	0.15	0.15	26.28	4.12	82.0
Q1	12(18)-23	5.90	4.67	4.23	0.07	0.05	0.12	0.12	25.80	3.90	87.5
Q1	23-33	5.95	4.82	3.48	0.07	0.00	0.07	0.07	26.91	3.93	89.9
Q2	33-43	6.10	4.90	3.13	0.05	0.02	0.07	0.07	28.49	4.16	91.3
Q2	43-57	6.36	5.16	2.46	0.05	0.00	0.05	0.05	26.68	3.76	92.5
Q3	57-77	6.41	5.32	2.35	0.03	0.00	0.03	0.03	27.78	3.78	93.1
QCg	77-81(85)	6.80	5.60	2.57	0.05	0.00	0.05	0.05	26.97	3.22	92.2
QCg	81(85)-92	6.86	5.66	2.80	0.03	0.00	0.03	0.03	27.06	2.89	91.5
QCg	92-101	7.04	5.78	2.07	0.03	0.00	0.03	0.03	27.27	2.84	93.6
QCg	101-109	7.14	6.02	1.98	0.03	0.00	0.03	0.03	27.46	2.50	93.8
QG	109-117	7.89	6.87	0.63	0.00	0.00	0.00	0.00	30.26	2.27	98.1
G	117-129	7.48	6.33	1.15	0.02	0.00	0.02	0.02	27.44	2.57	96.3

Таблица 9

Некоторые физико-химические свойства
почвы на юрских глинах, разрез Р-4-19

Горизонт	Глубина, см	C _{орг}	C	N	C/N	C _{орг} /N	Подвижные формы			Al ₂ O _{3ox}	Fe ₂ O _{3ox}	Fe ₂ O _{3d}	K _{III}	K _B			
							P ₂ O ₅	K ₂ O	K ₂ O						%		
															мг/кг		
AUtz	0-5	8.93	10.8	0.89	12.1	10.0	80	826	0.27	0.52	1.06	0.50	0.08				
AU	5-10	6.14	7.7	0.66	11.7	9.3	53	833	0.30	0.58	1.16	0.50	0.09				
AU	10-12(18)	5.89	7.6	0.66	11.5	8.9	80	228	0.28	0.53	1.09	0.48	0.08				
Q1	12(18)-23	1.37	2.0	0.144	13.9	9.5	45	195	0.27	0.49	1.21	0.40	0.07				
Q1	23-33	1.08	1.7	0.114	14.9	9.5	509	134	0.23	0.57	1.28	0.44	0.09				
Q2	33-43	0.87	1.3	0.100	13.0	8.7	346	214	0.21	0.42	1.09	0.38	0.06				
Q2	43-57	0.79	1.24	0.092	13.5	8.6	374	209	0.20	0.43	1.23	0.35	0.06				
Q3	57-77	0.84	1.3	0.092	14.1	9.1	1128	236	0.21	0.55	1.20	0.46	0.09				
QCg	77-81(85)	1.58	2.3	0.121	19.0	13.1	1161	285	0.23	1.94	3.11	0.62	0.34				
QCg	81(85)-92	2.90	3.8	0.17	22.4	17.0	558	235	0.22	2.72	2.97	0.91	0.51				
QCg	92-101	1.35	2.0	0.107	18.7	12.6	1045	300	0.21	2.04	3.05	0.67	0.36				
QCg	101-109	2.79	3.6	0.146	24.7	19.1	2326	263	0.19	2.73	6.13	0.45	0.42				
QG	109-117	0.56	1.7	0.067	25.4	8.3	552	248	0.11	1.26	2.63	0.48	0.20				
G	117-129	0.76	1.18	0.090	13.1	8.4	826	403	0.17	0.19	0.31	0.59	0.03				

Таблица 10

**Качественный фазовый состав глинистой фракции
почвы на юрских глинах, разрез Р-4-19**

Горизонт	Глубина, см	Глинистые минералы					Прочие минералы		
		Смектит	Хлорит	Иллит	Каолинит	Иллит/ смектит	Кварц	Полевой шпат	Цеолит (клинто-птитолит)
AUrz	5-10	++	+	+	++	+++	+++	+	++
AU	10-12(18)	++	?	+	++	+++	+++	+	++
Q1	12(18)-23	++	+	+	++	+++	+++	+	++
Q2	33-43	++	?	+	++	+++	+++	+	++
Q2	43-57	++	?	+	++	+++	+++	+	++
Q3	57-77	++	?	+	++	+++	+++	+	++
QCg	81(85)-92	-	-	+	+	+++	+++	+	++
QCg	101-109	-	-	+	++	+++	+++	+	++
G	117-129	++	-	+	++	+++	+++	+	++

Примечание. ? – минерал присутствует в незначительном количестве либо определен недостоверно; + – минерал присутствует в небольшом количестве; ++ – минерал присутствует в большем количестве; +++ – минерал присутствует в значительном количестве.

Литература к разделу

Атлас почв Республики Коми / И. В. Забоева, А. И. Таскаев, Г. В. Добровольский, В. А. Безносиков, Г. Я. Елькина, Д. А. Каверин, Е. Д. Лодыгин, Н. Г. Оберман, Е. М. Лаптева, Г. В. Русанова, Е. Д. Никитин, И. Б. Арчегова, Е. В. Жангуров, А. Н. Панюков, А. В. Пастухов, И. А. Лиханова, Г. А. Симонов, Г. Г. Мажитова, Г. М. Втюрин, В. Г. Казаков, В. В. Елсаков, Л. Н. Рыбин, В.

В. Мокиев, Б. М. Кондратенко ; ред. Г. В. Добровольский, А. И. Таскаев, И. В. Забоева. – Сыктывкар : ООО Коми республиканская типография, 2010. – 356 с.

Безносков, П. А. Охраняемый природный ландшафт «Каргоортский» как объект геологического наследия / П. А. Безносков // Природное геологическое наследие европейского Севера России : Материалы Всероссийской научной конференции (Сыктывкар, 17–18 октября 2017 г.). – Сыктывкар : Геопринт, 2017. – С. 20–24.

Забоева, И. В. Почвы и земельные ресурсы Коми АССР / И. В. Забоева. – Сыктывкар: Коми книжное издательство, 1975. – 344 с.

Елькина, Г.Я. Оптимизация минерального питания растений на подзолистых почвах / Г.Я. Елькина. – Екатеринбург : УрО РАН, 2008. – 276 с.

Историческое, культурное и природное геологическое наследие села Ыб / С.В. Льюров, С.И. Плоскова, Л.Р. Жданова, И.С. Астахова, И.О. Васкул, П.П. Юхтанов. – Сыктывкар : Геопринт, 2007. – 16 с.

Орлов, Д. С. Дополнительные показатели гумусного состояния почв и их генетических горизонтов / Д. С. Орлов, О. Н. Бирюкова, М. С. Розанова // Почвоведение, 2004. – №8. – С. 918–926.

Маршрут №2

ПЕРВИЧНОЕ ПОЧВООБРАЗОВАНИЕ НА КАРЬЕРАХ СТРОИТЕЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ¹

Программа экскурсии

9:00	Начало экскурсии. Отъезд на автобусе от здания ИБ ФИЦ Коми НЦ Уро РАН (г. Сыктывкар, ул. Коммунистическая, д. 28)
10:30 – 11:30	Демонстрационный объект №1. Карьер «Язель». Формирование почв на древнеаллювиальных отложениях
11:30 – 13:00	Демонстрационный объект №2. Карьер «Даса». Формирование почв на песчано-супесчаных флювиогляциальных отложениях
13:00 – 14:00	Обед (столовая с. Выльгорт)
14:00 – 16:00	Демонстрационный объект №3. Карьер «Важелью». Формирование почв на суглинистых моренных отложениях
16:00 – 18:00	Культурная программа. Знакомство с достопримечательностями старинного с. Ыб и объектами Финно-угорского этнопарка.
18:00–19:00	Ужин (Финно-угорский этнопарк)
19:00–20:30	Завершение экскурсии. Возвращение автобуса к зданию ИБ ФИЦ Коми НЦ Уро РАН (г. Сыктывкар, ул. Коммунистическая д.28).

¹ Авторы: к.б.н. И.А. Лиханова, к.б.н. Е.Г. Кузнецова, к.б.н. Ю.В. Холопов, к.б.н. С.В. Денева, к.б.н. Е.М. Лаптева. В сборе аналитического материала и его обработке принимали участие сотрудники ИБ ФИЦ Коми НЦ Уро РАН: О.А. Останина, Н.А. Васильева, Ю.И. Боброва, Т.В. Зоннова, А.П. Давыдова, Е.А. Туманова и сотрудники ИГ ФИЦ Коми НЦ Уро РАН: Б.А. Макеев (определение минералогического состава), С.Т. Неверов (определение элементного (валового) состава).

Программа экскурсии предусматривает ознакомление участников экскурсии со спецификой начального почвообразования на посттехногенных территориях в биоклиматических условиях средней тайги. Запланировано посещение трех карьеров по добыче полезных ископаемых (строительного песка) после их отработки. Для сравнения в качестве фоновых выбраны участки с ненарушенным почвенно-растительным покровом в окрестностях карьеров. Участникам экскурсии продемонстрированы особенности первичного почвообразования на субстратах разного гранулометрического состава – древнеаллювиальные пески (карьер «Язель»), флювиогляциальные пески и супеси (карьер «Даса»), моренные суглинки (карьер «Важелью») – в ходе искусственного (после биологической рекультивации) и естественного лесовосстановления (рис. 6). Все объекты расположены в окрестностях города Сыктывкар – на территории МО ГО² «Сыктывкар» (карьеры «Даса», «Важелью») и МО МР «Сыктывдинский» (карьер «Язель»).

Природные условия почвообразования

Согласно почвенно-географическому районированию (Подзолистые почвы..., 1981), рассматриваемая территория относится к Луза-Сысольскому округу подзолистых и болотно-подзолистых почв подзоны средней тайги. По ботанико-географическому районированию (Растительность ..., 1980), она приурочена к полосе среднетаежных лесов Кольско-Печорской подпровинции Североевропейской таежной провинции Евразийской таежной (хвойнолесной) области.

Климат района умеренно-континентальный, характеризуется длительной холодной зимой с устойчивым снежным покровом и коротким прохладным летом. Среднегодовая температура воздуха составляет +0.4 °С (Атлас..., 1997). Отрицательные температуры наблюдаются 190–205 дней в году. Средняя продолжительность вегетационного периода с температурой воздуха более +10 °С – 90–105 дней. Средняя температура самого теплого месяца (июль) +16.7 °С. Наиболее холодные зимние месяцы – январь (средняя температура –15.2 °С) и февраль (–13.9 °С). В течение зимы сохраняется устойчивый снежный покров, высота которого к концу марта на открытых местах в среднем 55 см, в лесу – 70 см. Годовая сумма осадков составляет 560 мм.

² МО ГО – муниципальное образование городской округ; МО МР – муниципальное образование муниципальный район.



Рис. 6. Общая схема научной экскурсии. Источник – Google Earth (Google 2021).

Территория представляет собой холмисто-увалистую моренную равнину с преобладанием абсолютных высот 140–160 м над ур. м. Гидросеть территории относится к бассейну р. Вычегда. Приречные склоны р. Вычегда – основного водотока района – рассечены ее многочисленными притоками.

Почвообразующие породы – преимущественно пылеватые покровные суглинки, подстилаемые моренными суглинками, а также двучленные отложения (пески и супеси, подстилаемые суглинками). В автоморфных условиях на суглинистых почвообразующих породах распространены подзолистые почвы, на песках – подзолы; в слабо дренированных позициях – торфяно-подзолисто-глеевые почвы и (торфяно)-подзолы глеевые. Ельники зеленомошные

являются коренным типом растительности на рассматриваемой территории. Однако, в связи с хозяйственной деятельностью, со второй половины XX века площади коренных хвойных лесов на значительной части территории Республики Коми существенно уменьшились.

К разновозрастным террасам рек приурочены песчаные почвообразующие породы древнеаллювиального происхождения (Атлас..., 2010). Они характеризуются сортированностью и бедностью минералогического состава (преобладает кварц). Свойства песчаных пород (высокая водопроницаемость, низкая емкость поглощения, бедность элементами питания растений) во многом определяют особенности развития на них в таежной зоне почвенно-растительного покрова: формирование в автоморфных условиях подзолов под лишайниковыми и зеленомошными сосняками (Верхоланцева, 1962; Забоева, 1975).

Демонстрационный объект №1

КАРЬЕР «ЯЗЕЛЬ»

ФОРМИРОВАНИЕ ПОЧВ

НА ДРЕВНЕАЛЛЮВИАЛЬНЫХ ОТЛОЖЕНИЯХ

Карьер «Язель» расположен в пределах месторождения строительного песка «Коччоягское» площадью 500 га в 30 км на северо-запад от г. Сыктывкар, на левобережной части надпойменной (боровой) террасы р. Вычегда (абсолютная высота 80–100 м над ур. м). Месторождение разведано в 1965–1969 гг., разрабатывается с 70-х годов по настоящее время. На части карьера добыча песка в 2010–2015 гг. проведена до уровня почвенно-грунтовых вод, что вызвало обводнение большей части территории карьера, некоторые участки подверглись заболачиванию.

Площадь карьера 62 га. Поверхность днища карьера не выполнена, перепад высот составляет от 80 до 86 м над ур. м. (рис. 7). Песчаные породы имеют древнеаллювиальное происхождение. В качестве демонстрационной точки выбран нарушенный участок, характеризующийся автоморфными условиями и максимально длительным периодом восстановления (окончание эксплуатации – конец 70-х гг.).



Условные обозначения: ● – местоположение почвенного разреза.

Рис. 7. Рельеф карьера «Язель» и окружающей его территории. Сплошные горизонталы проведены через 2 м (Здесь и далее: карты-схемы составлены с использованием программ QGIS, Google Earth Pro, SAS. Планета; источник – картографическая база данных ArcticDEM <https://www.pgc.umn.edu/data/arcticdem/>).

На карьере «Язель» исследования были начаты в 2013 г. – в четвертом десятилетии сукцессионного процесса. В связи с отсутствием начальных данных по составу почвообразующих пород, в качестве исходных использованы результаты исследований субстрата днаща карьера «Язель-3», расположенного вблизи карьера «Язель», отработка которого была завершена в 2021 г., и соответственно этот карьер можно считать 0-моментом сукцессионного процесса. Карьеры «Язель» и «Язель-3» расположены в пределах одного место-

рождения, их субстрат идентичен по происхождению.

Распределение элементов биогенов достаточно равномерное в толще субстрата. Дифференциация по кислотности не выражена (табл. 11). Субстрат карьера по таким показателям, как значения рН, содержание гумуса, CaCO_3 , отсутствие токсичных солей, сумма фракций менее 0.01 мм, согласно ГОСТ 17.5.1.03-78³, пригоден для биологической рекультивации.

Техногенно-поверхностные образования (абралиты) днища карьера «Язель», выполняющие роль почвообразующей породы, как и почвообразующие породы фоновых почв под сосняками лишайниковыми, сформированы на песках рыхлых с преобладанием мелкопесчаной фракции (около 70–80%). Для абралитов карьера «Язель» характерны: кислая реакция среды, низкое содержание органического углерода (не более 0.1%) и азота (не более 0.01%).

Растительный покров фоновой территории в окрестностях карьера «Язель» типичен для боровых террас, представлен сосняком лишайниковым. Древостой формирует *Pinus sylvestris*, в напочвенном покрове преобладают кустистые лишайники *Cladonia arbuscula*, *C. rangiferina*, *C. stellaris* (табл. 12). Почва фонового участка – подзол иллювиально-железистый (Stagnic Albic Rustic Podzols (Arenic)). Строение профиля: O(0–2)–Epir(2–11)–BF(11–30)–B(30–52)–Bg(52–100)–BCg(100–115). Мощность органогенного горизонта 1.8 ± 0.3 см. Элювиальный горизонт Epir имеет грязно-серый цвет, в нем присутствуют мелкие угольки и черные примазки. Буровато-желтый горизонт BF постепенно переходит в желтовато-палевый B. Для нижней части профиля (глубина 52–100 см) характерны бледные охристые и сизые пятна (рис. 8). Окраска горизонтов по Манселлу: 2.5Y3/1–2.5Y5/2–2.5Y6/4–2.5Y6/4–2.5Y7/3–2.5Y6/3.

На территории карьера «Язель» в дренированных условиях за период около 50 лет сформировался молодой сосняк лишайниковый (рис. 9). Высота сосны 2–3 м при сомкнутости крон <0.1 и густоте 0.5–0.6 тыс. шт./га (табл. 12). В напочвенном покрове преобладает кустистый лишайник *Cladonia mitis*, характерны пятна накипного лишайника *Trapeliopsis granulosa*.

³ ГОСТ 17.5.1.03-78 Классификация вскрышных и вмещающих пород для биологической рекультивации земель. М.: Изд-во стандартов, 1978. 12 с.

Таблица 11
Некоторые физико-химические свойства почвообразующих пород (абралитов)

Глубина, см	рН _{н.о}	рН _{ксл}	С _{орг}	N	Обменные катионы		Подвижные формы		Al ₂ O _{3ox}	Fe ₂ O _{3ox}	Fe ₂ O _{3d}
					Ca ²⁺	Mg ²⁺	K ₂ O	P ₂ O ₅			
			г/кг	г/кг	смоль/кг		мг/кг		%		
Карьер «Язель-3»											
0-6(11)	6.22	4.84	*	*	0.89	0.28	26	67	0.05	0.03	0.13
6(11)-20	6.11	4.78	*	*	0.94	0.29	25	61	0.06	0.03	0.14
20-30	6.07	4.84	*	*	1.00	0.29	25	64	0.05	0.03	0.13
30-40	6.09	4.84	*	*	1.01	0.29	25	15	0.05	0.03	0.12
40-60	6.00	4.83	*	*	1.01	0.29	26	47	0.05	0.03	0.13
Карьер «Даса»											
0-20	7.98	-	2.1	0.21	-	-	68.5	211	-	-	-
20-30	7.99	-	2.0	0.19	-	-	96.4	271	-	-	-
Карьер «Важелью»											
0-10	7.74	7.22	3.4	0.26	-	-	94	97	0.11	0.23	0.67
10-20	7.73	7.37	3.5	0.27	-	-	70	95	0.09	0.20	0.53
20-30	7.82	7.44	3.1	0.23	-	-	83	107	0.10	0.21	0.56

Применение. Здесь и далее: * – измеряемое значение ниже предела обнаружения, прочерк – не определяли.

Таблица 12

**Некоторые характеристики растительных сообществ карьера «Язель»
и фонового участка**

Характеристика древостоя					Проективное покрытие яруса, %	
Состав	Сомкнутость крон	Густота, тыс. шт./га	Высота, м	Диаметр, см	Травяно-кустарничковый	Мохово-лишайниковый
Фоновый участок в окрестностях карьера						
10С	0.5	1.4	12	12	5	70
Участок на территории карьера						
10С	<0.1	0.55	2.7	4.9	1	80



Рис. 8. Растительное сообщество на фоновом участке (слева) в окрестностях карьера «Язель» и профиль подзола иллювиально-железистого (справа) под сосняком лишайниковым.



Рис. 9. Растительный покров на карьере «Язель» (слева) и профиль псаммозема гумусового оподзоленного глееватого (справа) под молодым сосняком лишайниковым.

Почву карьера представляет разрез Р-1-2013-Х (рис. 9). Координаты: $61^{\circ}57'36.51''$ с.ш., $50^{\circ}36'20.01''$ в.д., абсолютная высота 84 м над ур.м. Поверхность ровная. Формирующийся древесный ярус из сосны высотой до 3 м, не сомкнул. Травяно-кустарничковый ярус практически отсутствует. В напочвенном покрове преобладают раннесукцессионные лишайники.

Морфологическое строение профиля

- | | |
|-----------------|--|
| W1
0–0.2 см | Подстилка из полуразложившихся остатков лишайников, включения хвой сосны, отпада ветвей, слаборазложившаяся. Рыхлая. Окраска неоднородная (10YR5/1(5/2, 8/1)). Переход резкий. |
| W2
0.2–2 см | Песок мелкозернистый с хорошо выраженным темно-серым оттенком (10YR5/3) за счет окрашивания гумусом, свежий, мелкие корни. |
| We
2–10 см | Песок мелкозернистый, белесовато-бурый (10YR6/4), бесструктурный, свежий, единичные крупные корни диаметром до 1 см. |
| C''
10–40 см | Песок мелкозернистый, светло-бурый (10YR6/4), бесструктурный, слабоуплотнен, редкие тонкие корни, влажный, переход ясный по цвету, плотности. |

C^g Песок мелкозернистый неоднородный по цвету (10YR6/6): на светло-буром
40–70 см фоне ржавые пятна и стяжения, непрочно-комковатый, уплотнен, влажный.

Таким образом, на поверхности молодой почвы формируется маломощная слаборазложившаяся подстилка. Гумусово-слаборазвитый органо-минеральный горизонт W в верхней части темносерый за счет окрашивания гумусом, в нижней – белесоватый. Минеральная часть профиля дифференцирована слабо. На глубине 43–70 см субстрат более увлажнен по сравнению с верхней частью, и здесь четко выражены редкие ржавые пятна и стяжения. Почва: псаммозем гумусовый оподзоленный глееватый (Arenosols (Nechic, Stagnic)).

Гранулометрический состав. Почва карьера по гранулометрическому составу близка к почве фонового участка (песчаный гранулометрический состав с преобладанием фракции мелкого песка). В фоновой почве дифференциация илистой фракции по профилю не отмечена, для нижней части профиля характерна неоднородность пород. В молодой почве отмечена тенденция к обеднению илистой фракцией подгоризонта We, имеющего явные признаки оподзоливания (белесоватость окраски). Накопление частиц ила в нижней части профиля может быть связано со сменой гранулометрического состава породы или же с их гидрогенным накоплением в нижней части профиля на границе верховодки (табл. 13).

Валовой состав. Дифференциация профиля фоновой почвы по валовому составу хорошо выражена, в верхних горизонтах отмечен элювиально-иллювиальный характер распределения валовых форм соединений Al и Fe (табл. 14). В подгоризонте We молодой почвы наблюдается некоторое уменьшение содержания Al и Fe на фоне увеличения Si, что, возможно, свидетельствует о начале подзолообразовательного процесса.

Физико-химические свойства. Молодая и фоновая почвы по всему профилю кислые (табл. 15). Наиболее кислыми в фоновой почве являются подстилка и подзолистый горизонт. Максимальная кислотность в почве карьера характерна для горизонта W. Если в фоновой почве хорошо выражена элювиально-иллювиальная миграция аморфных форм железа и алюминия, то в молодой почве данная закономерность не наблюдается. Содержание оксалаторастворимых соединений железа и алюминия в почве карьера значительно ниже,

чем в фоновой. Вследствие замедленности процессов разложения растительных остатков и малой мощности подстилок, последние являются слабым источником биогенных элементов. Содержание подвижных форм обменных катионов (Ca^{2+} , Mg^{2+}) и подвижных форм калия и фосфора – низкое как в фоновой, так и в молодой почвах (табл. 15).

Таблица 13
Гранулометрический анализ почвы карьера «Язель» и фоновой почв

Горизонт	Глубина, см	W, %	Потери от обработки HCl, %	Содержание фракции, %; размер фракции, мм						Сумма частиц, %
				1.0-0.25	0.25-0.05	0.05-0.01	0.01-0.005	0.005-0.001	<0.001	
Псаммозем гумусовый оподзоленный глееватый (Arenosols (Nechic, Stagnic))										
W	0.2–2	0.39	0.09	45.3	50.6	0.4	0.8	0.0	2.9	96.30
We	2–10	0.25	0.40	26.4	69.2	2.4	0.0	0.8	1.2	98.00
C''	10–25	0.23	0.15	28.9	67.0	0.4	0.4	1.6	1.8	96.24
C''	25–40	0.34	0.34	11.4	81.5	2.0	0.0	1.6	3.6	94.85
C''g	40–55	0.32	0.32	6.2	87.8	1.6	0.0	0.8	3.5	95.66
C''g	55–70	0.35	0.19	17.3	76.5	0.8	0.4	0.4	4.6	94.59
Фоновый участок. Подзол иллювиально-железистый (Stagnic Albic Rustic Podzols (Arenic))										
Epir	2–11	0.27	0.68	31.38	59.92	3.26	1.50	0.75	3.18	94.56
BHF	11–30	0.26	0.97	20.18	70.33	4.51	0.75	1.00	3.22	95.02
B	30–52	0.16	0.46	20.19	71.59	1.50	2.50	0.25	3.97	93.28
Bg	52–74	0.02	0.33	27.30	69.37	0.75	0.00	0.50	2.08	97.42
Bg	74–100	0.28	0.66	0.29	91.02	2.34	0.00	1.34	5.01	93.66
BCg	100–115	0.09	0.22	27.81	69.47	0.50	0.00	0.25	1.97	97.78
C	115–130	0.75	0.70	1.22	74.24	9.07	1.68	2.01	11.78	84.52

Содержание углерода и азота. В почвах карьера и фонового содержание $C_{\text{орг.}}$ и $N_{\text{общ}}$ снижается с глубиной, элювиально-иллювиальное распределение не отмечено (табл. 16). В почвах, формирующихся на карьере, это связано с их молодостью; в почве фонового сосняка лишайникового – с обогащением верхних горизонтов органическим углеродом в результате пожаров. Органо-минеральные горизонты почв отличаются слабой степенью разложения органического материала, о чем свидетельствует достаточно широкое отношение углерода к азоту. Вниз по профилю величина отношения $C_{\text{орг.}}/N_{\text{общ.}}$ уменьшается. В минеральных горизонтах фоновой почвы и почвы карьера содержание $\omega(C_{\text{орг.}})_{\text{H}_2\text{O}}$ и $\omega(C_{\text{неорг.}})_{\text{H}_2\text{O}}$ низкое.

К концу четвертого десятилетия самовосстановительной сукцессии в слое 0–20 см песчаной молодой почвы запасы органического углерода составляют 3.5 т/га, что в 6.5 раза ниже, чем в фоновой почве – подзоле иллювиально-железистом, где этот показатель равен 22.9 т/га. Скорость накопления $C_{\text{орг}}$ составила 0.06 т/га/год.

Кварцевый состав почвообразующей породы, дефицит влаги в период вегетации обуславливают сравнительно медленное формирование и низкую продуктивность растительных сообществ. С этими факторами связана и замедленность процессов почвообразования на древнеаллювиальных отложениях.

Таблица 14

Валовой химический состав почв карьера «Язель» и фонового участка

Горизонт, глубина, см	Содержание компонентов, %										
	SiO ₂	TiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	MnO	MgO	CaO	Na ₂ O	K ₂ O	P ₂ O ₅	SO ₃
Псаммозем гумусовый оподзоленный глееватый (Arenosols (Nechic, Stagnic))											
W, 0,2-2	87.2	0.16	7.14	0.91	0.03	0.66	0.76	0.64	2.05	0.23	0.14
We, 2-10	87.7	0.13	7.03	0.87	0.02	0.7	0.65	0.68	1.95	0.15	0.12
C', 10-25	87.3	0.11	7.33	0.85	0.03	0.78	0.68	0.67	2.07	0.11	0.11
C', 25-40	83.0	0.17	9.95	1.34	0.04	1.15	0.8	0.77	2.61	0.1	<0.1
C' g, 40-55	84.6	0.16	9.11	1.01	0.03	0.9	0.83	0.85	2.44	0.1	<0.1
C' g, 55-70	83.0	0.22	9.82	1.27	0.05	1.05	0.97	0.8	2.63	0.12	<0.1
Фоновый участок. Подзол иллювиально-железистый (Stagnic Albic Rustic Podzols (Arenic))											
Еp1r, 2-11	87.43	0.20	7.18	0.80	0.10	0.32	0.71	0.75	2.12	0.28	0.10
ВНF, 11-30	83.46	0.19	10.88	1.04	0.04	0.49	0.56	0.73	1.96	0.65	<0.1
В, 30-52	83.00	0.23	10.97	1.05	0.05	0.94	0.59	0.70	2.20	0.27	<0.1
Bg 52-74	88.02	0.09	7.66	0.62	0.01	0.62	0.47	0.64	1.76	0.12	<0.1
Bg, 74-100	80.99	0.21	11.89	1.16	0.01	1.05	0.70	0.89	2.97	0.14	<0.1
BCg, 100-115	87.37	0.13	8.05	0.70	0.01	0.80	0.49	0.62	1.73	0.12	<0.1
C, 115-130	74.23	0.37	16.21	2.46	0.04	1.88	0.80	0.77	3.09	0.15	<0.1

Таблица 15
Некоторые физико-химические свойства почв карьера «Язель» и фонового участка

Горизонт, глубина, см	рН _{Н2О}	рН _{КСl}	Нг	Обменные катионы				Подвижные формы		Al ₂ O ₃ _{бок}	Fe ₂ O ₃ _{бок}	Fe ₂ O _{3d}
				Ca ²⁺	Mg ²⁺	H ⁺	Al ³⁺	K ₂ O	P ₂ O ₅			
Псаммозем гумусовый оподзоленный глееватый (Arenosols (Nechic, Stagnic))												
W1, 0–0.2	4.23	4.08	39.38	1.72	0.31	3.33	2.00	645	97	–	–	–
W2, 0.2–2	4.78	3.92	1.31	1.45	0.39	–	–	42	34	0.05	0.04	0.09
We, 2–10	5.14	4.18	0.53	1.20	0.43	0.03	0.30	33	56	0.04	0.03	0.08
C ⁺ , 10–25	5.63	4.50	0.34	1.11	0.34	0.02	0.07	39	43	0.03	0.02	0.08
C ⁺ , 25–40	5.72	4.56	0.36	2.33	0.62	0.02	0.05	64	72	0.04	0.03	0.11
C ⁺ g, 40–55	5.83	4.53	0.34	2.04	0.53	0.02	0.07	42	88	0.04	0.04	0.10
C ⁺ g, 55–70	5.73	4.50	–	2.20	0.65	–	–	44	86	0.04	0.05	0.12
Фоновый участок. Подзол иллювиально-железистый (Stagnic Albic Rustic Podzols (Arenic))												
O, 0–2	4.40	3.81	16.7	8.16	1.35	1.83	2.00	654	88	–	–	–
Epr, 2–11	4.74	4.22	2.41	0.39	0.08	0.07	1.00	30	4	0.11	0.14	0.20
BHF, 11–30	4.99	4.83	1.28	0.19	0.09	0.02	0.23	18	153	0.31	0.18	0.28
B, 30–52	4.85	4.71	1.01	0.24	0.09	0.02	0.50	24	90	0.15	0.06	0.15
Bg, 52–74	5.15	4.79	0.70	0.24	0.08	0.02	0.33	15	52	0.10	0.03	0.08
Bg, 74–100	4.69	4.56	1.67	0.26	0.12	0.02	1.32	19	85	0.19	0.12	0.17
BCg, 100–115	5.10	4.81	0.76	0.28	0.12	0.02	0.47	13	40	0.08	0.04	0.09
C, 115–130	4.88	4.32	2.68	1.84	0.71	0.03	2.45	58	50	0.21	0.26	0.42

Таблица 16
Некоторые характеристики системы почвенного органического вещества

Горизонт, глубина, см	Объемный вес, г/см ³	Массовая доля компонента в единице массы почвы				Отношение массовых долей компонентов			
		$\omega(C_{\text{орг.}})_{120}$	$\omega(C_{\text{воорг.}})_{120}$	$\omega(C_{\text{воорг.}})_{120}$	$\omega(N_{\text{общ.}})$	$\frac{\omega(C_{\text{орг.}})}{\omega(N_{\text{общ.}})}$	$\frac{\omega(C_{\text{воорг.}})_{120}}{\omega(C_{\text{орг.}})}$	$\frac{\omega(C_{\text{воорг.}})_{120}}{\omega(C_{\text{общ.}})_{120}}$	%
Псаммозем гумусовый оподзоленный глееватый (Arenosols (Nechic, Stagnic))									
W1, 0–0.2	0.08	303.0	7.151	0.598	5.00	60.60	2.36	7.72	
W2, 0.2–2	1.20	6.3	0.174	0.018	0.28	22.50	2.75	9.48	
We, 2–10	1.34	1.5	0.045	0.012	0.10	15.00	3.03	20.42	
C ⁺ , 10–25	1.39	*	0.031	0.005	–	–	–	13.99	
C ⁺ , 25–40	1.40	*	0.014	0.005	–	–	–	28.75	
C ⁺ g, 40–55	1.40	*	0.014	0.003	–	–	–	18.71	
Фоновый участок. Подзол иллювиально-железистый (Stagnic Albic Rustic Podzols (Arenic))									
O, 0–2	0.10	228.0	3.423	0.170	5.70	40.00	1.50	4.74	
Epr, 2–11	1.20	10.8	0.136	0.003	0.40	27.00	1.26	2.01	
BHF, 11–30	1.34	5.5	0.035	0.002	0.35	15.71	0.64	5.97	
B, 30–52	1.39	*	0.013	0.002	–	–	–	11.33	
Bg, 52–74	1.40	*	0.012	0.001	–	–	–	9.11	
Bg, 74–100	1.37	*	0.022	0.001	–	–	–	6.28	
BCg, 100–115	1.50	*	0.007	0.001	–	–	–	10.17	
C, 115–130	1.52	*	0.014	0.002	–	–	–	10.37	

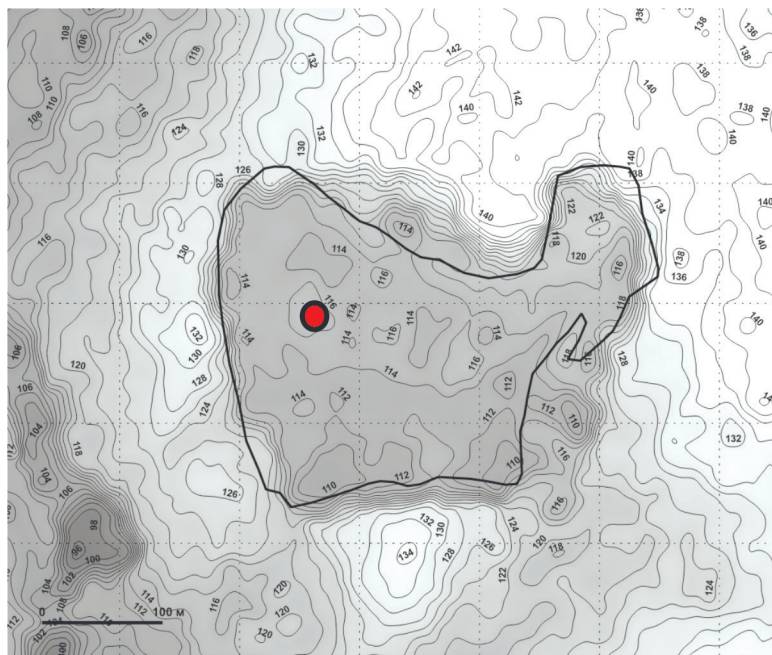
Демонстрационный объект №2 КАРЬЕР «ДАСА»

ФОРМИРОВАНИЕ ПОЧВ НА ПЕСЧАНО-СУПЕСЧАНЫХ ФЛЮВИОГЛЯЦИАЛЬНЫХ ОТЛОЖЕНИЯХ

Супесчано-песчаный карьер «Даса» месторождения «Дасашор» расположен в 9 км на северо-запад от г. Сыктывкара на плосковолнистой равнине с абсолютными высотами 120–140 м над ур. м. Почвообразующие породы представлены маломощными флювиогляциальными песками и супесями. Поверхность карьера выложена, микрорельеф днища выражен слабо, преобладающие высоты – 112–114 м над ур. м (рис. 10). Площадь карьера 5.8 га. В 2000 г. на его территории проведена биологическая рекультивация с использованием 2-летних сеянцев сосны (*Pinus sylvestris*). Посадка лесных культур проводилась без внесения удобрений и посева трав. Густота посадки 4 тыс. шт./га. Ширина междурядий составила 3 м.

Наблюдения на карьере «Даса» ведутся с 2000 г. – с начала управляемой сукцессии.

В субстрате карьера «Даса» преобладает фракция мелкого песка (около 70%). Почвообразующие породы фоновой почвы вблизи карьера «Даса» имеют песчано-супесчаный состав с преобладанием фракций крупного (около 67%) и мелкого (около 25%) песка. В минералогическом составе абралитов карьера «Даса» преобладает кварц, содержание полевых шпатов (преимущественно альбитового состава) небольшое, присутствуют рутил, кальцит и доломит (рис. 11). Присутствие кальцийсодержащих минералов в породах согласуется с данными Л. Н. Андреичевой (2002) о карбонатности морены вычегодского (московского) возраста в бассейне р. Вычегда, обусловленной наличием обломков известняков и доломитов. Содержание карбонатов в абралитах составляет 2–3%, их присутствие морфологически не выражено, однако отмечено вскипание мелкозема при обработке 10% раствором HCl. Реакция среды – слабощелочная (рН около 8). В профиле фоновых почв кальцит и доломит до глубины 50–70 см не были обнаружены, что характерно для подзолистых почв, представленных в окрестностях г. Сыктывкар, где карбонаты встречаются, начиная с глубины 140–170 см. Субстрат карьера «Даса» пригоден для биологической рекультивации.



Условные обозначения: ● – местоположение почвенного разреза.

Рис. 10. Рельеф карьера «Даса» и окружающей его территории. Сплошные горизонталы проведены через 2 м.

Фонем вблизи карьера «Даса» послужил сосняк бруснично-зеленомошный (рис. 12). Древостой формирует сосна обыкновенная (табл. 17). Доминанты травяно-кустарничкового яруса – обычные для таежной зоны лесные кустарнички (*Vaccinium vitis-idaea*, *V. myrtillus*), мохового – зеленые мхи (*Pleurozium schreberi*, *Hypnum splendens*). Почва – подзол иллювиально-железистый (Albic Podzol (Arenic)) со строением профиля O(0-6)– E2(6-10(18))– BHF(10(18)-38)– B(38-50)– BCg(50-80)– C(80-100). Окраска горизонтов по Манселлу: 10YR3/3–10YR7/2–7.5YR5/4–10YR5/4–10YR6/4–10YR5/4.

Посадка сосны на территории песчано-супесчаного карьера «Даса» обусловила ускоренное формирование древостоя. К концу второго десятилетия (18-й год) высота сосны достигала 5 м при густоте 2.9 тыс. шт./га, сомкнутость крон 0.4 (табл. 17). В подросте преобладает сосна. На 18-й год сукцессии в напочвенном по-

крове присутствуют пионерные лишайники (*Cladonia gracilis* ssp. *turbinata*, *C. mitis*, *C. subulata*, *C. verticillata* и др.) и мхи (*Ceratodon purpureus*, *Pohlia nutans*, *Polytrichum juniperinum*, *P. piliferum*). Травяно-кустарничковый ярус развит слабо (ПП до 20%), наиболее обильны *Agrostis tenuis*, *Calamagrostis epigejos*, *Chamaenerion angustifolium*, *Hieracium umbellatum*. Формирование лесной среды за счет роста лесных культур обуславливает внедрение сосудистых растений (*Antennaria dioica*, *Orthilia secunda*, *P. chlorantha*, *P. media*, *Vaccinium myrtillus*, *V. vitis-idaea*) и мхов (*Dicranum polysetum*, *D. scoparium*, *Hylocomium splendens*, *Pleurozium schreberi*), характерных для сосняков зеленомошных, прилегающей к карьеру территории (рис. 13).

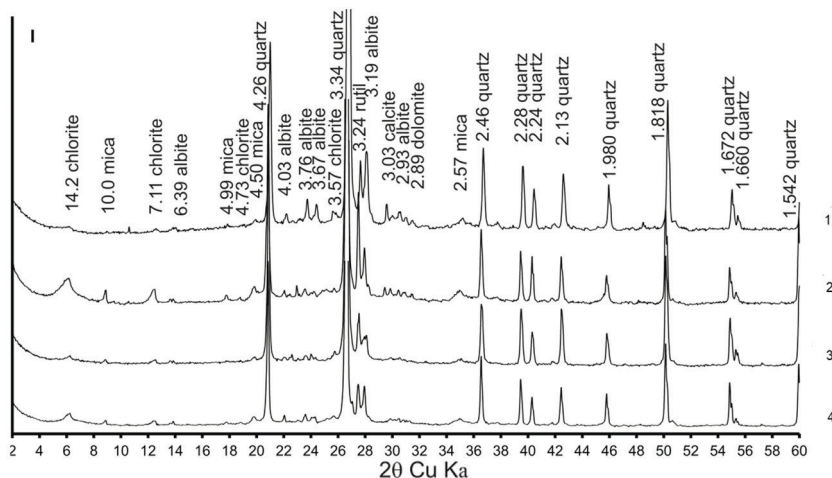


Рис. 11. Рентген-дифрактограммы образцов почвообразующих пород карьеров и фоновых почв (глубина 50–70 см): 1 – карьер «Даса»; 2 – карьер «Важелью»; 3 – фоновая почва в окрестностях карьера «Даса»; 4 – фоновая почва в окрестностях карьера «Важелью».

Почву карьера «Даса» демонстрирует разрез Р-1-2017-Л (рис. 13). Координаты: 61°43′54,6″ с.ш., 50°38′31,0″ в.д., абсолютная высота 116 м над ур. м. Поверхность участка ровная, имеет слабо выраженный уклон. Травяно-кустарничковый ярус разрежен. В напочвенном покрове раннесукцессионные мхи и куртины лишайников. Около 80% поверхности покрыто хвоей сосны. Мощность слоя хвойного опада возрастает в подкронном

пространстве. Разрез заложен от середины междурядья по направлению к стволу сосны, включая прикомлевуую часть.

Таблица 17

Некоторые характеристики растительных сообществ карьера «Даса» и фонового участка

Характеристика древостоя					Проективное покрытие яруса, %	
Состав	Сомкнутость крон	Густота, тыс. шт./га	Высота, м	Диаметр, см	Травяно-кустарничковый	Мохово-лишайниковый
Фоновый участок в окрестностях карьера						
10С	0.6	0.9	22	20	30	95
Участок на территории карьера						
10С	0.4	2.9	5	6	20	40



Рис. 12. Растительное сообщество фонового участка в окрестностях карьера «Даса» (слева) и профиль подзола иллювиально-железистого (справа) под сосняком бруснично-зеленомошным.



Рис. 13. Растительное сообщество на территории карьера «Даса» (слева) и профиль псаммозема гумусового грубогумусированного оподзоленного остаточно-карбонатного глееватого (справа) под молодым сосняком моховым.

Морфологическое строение профиля

Средняя часть междурядья:

Wao 0–0.5 см	Органо-минеральный (10YR3/3), супесчаный, с включением растительных остатков разной степени разложения, слабо уплотнен, пронизан корнями трав, на поверхности мхи, лишайники, иголки и ветки сосны, свежий, переход резкий.
W1 0.5–4 см	Супесь серо-бурого (10YR5/4) цвета, неясно комковатый, рыхлый, влажноватый, корни, встречаются личинки беспозвоночных животных, переход постепенный.
W2 4–10 см	Супесь светло-бурого (10YR5/4) цвета, неясно комковатый, ближе к бесструктурному, рыхловат, влажный, корни древесных и травянистых растений, единично личинки беспозвоночных, переход постепенный.

Cg 10–55 см	Песок серого цвета (10YR6/4) с неясно выраженными сизовато серыми и ржаво-бурыми пятнами, присутствуют тонкие прослойки суглинка ржаво-бурого цвета; бесструктурный, слегка уплотнен, встречаются углистые включения и черные полуразложившиеся корни, корни древесных растений преимущественно в верхней части горизонта, корни травянистых растений единично проникают до глубины 55 см, к низу возрастает опесчаненность, насыщенность влагой меняется от влажной до сырой; на границе с нижележащим слоем сочится вода; переход резкий по цвету и гранулометрическому составу.
D1f,g 55–65 см	Суглинок неоднородного цвета: на буром фоне (10YR6/3) ржавые пятна и прослойки; линзы песка, включения растительных остатков, единично галька, плотный, глыбистый, сырой, переход резкий по цвету и гранулометрическому составу.
D2g 70–80 см	Песок серый (2.5 Y6/3) с тонкими прослойками бурого суглинка с ржавыми и сизыми пятнами; бесструктурный, слегка уплотнен, сырой; переход постепенный.
D2 90–100 см	Песок средний желтовато-серый (2.5Y6/4), бесструктурный, слегка уплотнен, сырой.
Под кроной сосны (прикомлевая часть):	
Wao 0–2(2.5) см	Органогенный (10YR 3/3), обилие хвои сосны, отпад ветвей сосны, растительные остатки, в нижней части серовато-коричневатый с бурым оттенком, рыхлый, сухой, корни, переход четкий.
We 2(2.5)–5 см	Супесь серовато-бурого (10YR 4/3) цвета, в верхней части отдельные неясно выраженные осветленные (белесоватые) пятна, неясно комковатый, рыхлый, корни древесные, влажный, переход постепенный.
C 5–10 см	Супесь светло-бурого (10YR 5/3) цвета, неясно комковатый, рыхловат, влажный, корни древесных и травянистых растений, переход постепенный.
Cg 10–35 см	Песок серого (10YR 5/4) цвета с неясно выраженными сизовато серыми и ржаво-бурыми пятнами, присутствуют тонкие прослойки суглинка ржаво-бурого цвета; бесструктурный, суглинистые прослойки плитчато-пластинчатые; слегка уплотнен, углистые включения, черные фрагменты полуразложившихся корней, корни древесных растений преимущественно в верхней части горизонта, влажный. С глубины 35 см все горизонты профиля почвы, формирующейся под кронами сосны, по составу, структуре, сложению и цвету идентичны горизонтам почвы междурядья.

Таким образом, почвы прикомлевой части сосен и междурядья начинают различаться по морфологическому строению. Накопление хвои под кроной сосны (0.94 ± 0.08 кг/м²) способствует формированию рыхлой подстилки W₀ бурых тонов, под которой выделяется подгоризонт We с признаками оподзоливания – присутствуют белесоватые пятна на общем темно-сером фоне. С глубины 10 см отмечены сизовато-серые и охристые пятна, свидетельствующие о протекании глеевых процессов. Строение профиля позволяет идентифицировать ее как псаммозем гумусовый грубогумусированный оподзоленный остаточно-карбонатный глееватый (Calcaric Arenosol (Nechic, Stagnic)).

В междурядьях формирование горизонта W выражено слабее, масса подстилки меньше (0.60 ± 0.03 кг/м²), морфологических признаков оподзоливания не отмечено. Почва – псаммозем гумусовый грубогумусированный остаточно-карбонатный глееватый (Calcaric Arenosol (Stagnic)).

Гранулометрический состав почв. Почва карьера по гранулометрическому составу близка к почве фонового участка (песчано-супесчаный состав). В фоновой почве ясно выражен элювиально-иллювиальный характер распределения илстых частиц, что не отмечается в молодой почве (табл. 18). Во втором десятилетии сукцессии характерно возрастание содержания илстой фракции в верхнем гумусово-аккумулятивном горизонте, возможно, за счет формирования органо-минеральных комплексов. Слаборазвитые почвы формируются на абралитах неоднородного состава: песках, подстилаемых суглинками и песками.

Минералогический и валовой состав почв. В профилях фоновой и молодой (на 18-й год управляемой сукцессии) почв преобладает кварц, в небольшом количестве содержатся полевые шпаты, диагностирован рутил (рис. 14). Почва карьера отличается от фоновой в основном наличием кальцийсодержащих минералов. На начальных стадиях почвообразования изменение минералогического состава происходит, прежде всего, за счет менее устойчивых компонентов минеральной части. Так, кальцийсодержащие минералы (доломит и кальцит), присутствующие в абралитах, в горизонтах W почв не обнаружены (рис. 14), что обусловлено, по-видимому, их выщелачиванием. Данные валового анализа также показывают существенное уменьшение содержания CaO в верхних горизонтах молодых почв (табл. 19).

Валовой состав фоновой почвы четко дифференцирован. Облегченный по гранулометрическому составу подзолистый горизонт относительно обогащен SiO_2 , обеднен Al_2O_3 , CaO и MgO . В почве карьера отмечено достаточно равномерное по профилю распределение валового содержания алюминия и железа (табл. 19). Вместе с тем, наблюдающееся в горизонте W небольшое увеличение содержания SiO_2 при некотором обеднении Al_2O_3 и Fe_2O_3 свидетельствует, по видимому, о развитии начальной стадии процесса оподзоливания при слабой морфологической визуализации диагностических горизонтов.

Физико-химические свойства. Если в абралитах распределение значений pH было достаточно равномерным (табл. 11), то во втором десятилетии pH водных вытяжек значимо уменьшается в верхних горизонтах (табл. 20). Однако подкисление, по сравнению с фоновыми почвами, охватывает только верхнюю часть профиля почвы карьера – на глубину не более 10 см от её поверхности. Максимальные величины кислотности приурочены к горизонту W. Существенное подкисление почвы под кроной сосны, по сравнению с междурадьем, происходит за счет поступления на поверхность большего количества хвои.

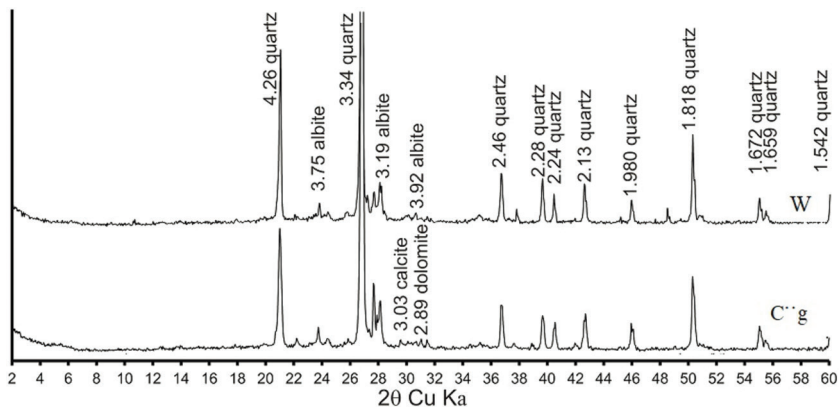


Рис. 14. Рентген-дифрактограммы образцов нижней части гумусово-аккумулятивных (W) горизонтов и почвообразующих пород (C' sa,g) почв карьера «Даса».

Таблица 18
Гранулометрический анализ почв карьера «Даса» и фонового участка

Гори-зонт	Глубина, см	W, %	Потери от об-работки HCl, %	Содержание фракции, %; размер фракции, мм					Сумма частиц, %		
				1.0-0.25	0.25-0.05	0.05-0.01	0.01-0.005	0.005-0.001	<0.001	>0.01	<0.01
Псаммозем гумусовый грубогумусированный остаточно-карбонатный глееватый (Calcic Arenosol (Stagnic)), междурядье											
W1	0-0.5	1.14	0.45	20.5	56.3	9.6	0.51	1.52	11.6	86.4	13.6
W2	0.5-4	0.81	0.17	12.3	66.4	5.04	4.54	3.02	8.7	83.7	16.3
C ^{ca} ,g	4-10	0.9	0.12	12.4	64.3	10.6	0.5	6.05	6.18	87.3	12.7
C ^{ca} ,g	10-28	0.79	0.81	16.1	61.9	10.1	1.01	2.52	8.4	88.1	11.9
C ^{ca} ,g	20-28	0.65	1.66	14.7	68.6	5.03	0.5	1.01	10.2	88.3	11.7
C ^{ca} ,g	28-42	0.58	2.49	1.46	79.5	9.1	0.5	1.51	8.0	90.0	10.0
C ^{ca} ,g	46-55	0.49	2.09	3.75	83.1	2.51	2.51	0	8.1	89.4	10.6
D1f,g	55-65	1.33	3.72	0.91	58.4	18.2	1.52	5.07	15.9	77.5	22.5
D2g	70-80	0.96	3.09	2.52	70.2	13.6	0	2.52	11.2	86.3	13.7
D2	90-100	0.52	2.19	12.6	74.6	3.52	0.5	0.5	8.2	90.8	9.2
Фоновый участок. Подзол иллювиально-гумусово-железистый (Albic Podzol (Arenic))											
E	6-10(18)	0.14	0.59	55.2	31.5	6.34	2	3	1.93	93.1	6.9
BHF	10(18) -23	0.67	0.57	49.4	32.4	4.53	1.01	3.02	9.6	86.3	13.7
BHF	23-31	0.61	0.57	67.6	20.8	1.68	0.67	0	9.3	90.0	10.0
BHF	31-38	0.46	0.41	67	26.6	0	0.25	0.5	5.68	93.6	6.4
B	38-50	0.5	0.22	65.8	27.2	0.5	0.75	0.5	5.25	93.5	6.5
BCg	50-70	0.28	0.27	68.7	28.0	0	0	0	3.28	96.7	3.3
BCg	70-80	0.2	0.19	87.9	8.9	0	0.5	0.5	2.19	96.8	3.2

Таблица 19

Валовой химический состав почв карьера «Даса» и фонового участка

Горизонт, глубина, см	Содержание компонентов, %																	
	SiO ₂	TiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	MnO	MgO	CaO	Na ₂ O	K ₂ O	P ₂ O ₅	SO ₃	ZrO ₂	StrO	Rb ₂ O	Cr ₂ O ₃	NiO	ZnO	
Псаммозем гумусовый грубогумусированный остаточно-карбонатный глееватый (Calcagic Arenosol (Stagnic)) (междурядье)																		
W, 1-4	75.28	0.40	13.57	2.59	0.07	1.74	1.76	1.03	3.12	0.25	0.08	0.038	0.025	0.007	0.030	<0.01	<0.01	<0.01
C ¹ са.г, 4-10	74.10	0.40	14.37	2.81	0.08	1.98	1.71	1.00	3.15	0.26	0.05	0.038	0.023	0.007	0.030	<0.01	<0.01	<0.01
C ² са.г, 10-20	74.48	0.39	13.96	2.70	0.07	1.85	2.01	1.02	3.14	0.24	0.05	0.037	0.023	0.007	0.032	<0.01	<0.01	<0.01
C ³ са.г, 20-28	75.24	0.36	12.72	2.38	0.07	1.70	3.21	0.95	3.02	0.21	0.05	0.040	0.026	<0.01	0.026	<0.01	<0.01	<0.01
C ⁴ са.г, 28-42	74.78	0.37	12.14	2.16	0.06	1.64	4.40	1.14	2.98	0.17	0.05	0.042	0.029	<0.01	0.030	<0.01	<0.01	<0.01
C ⁵ са.г, 46-55	75.31	0.37	11.89	2.10	0.06	1.64	4.20	1.17	2.91	0.18	0.05	0.053	0.030	0.007	0.038	<0.01	<0.01	<0.01
Фоновый участок. Подзол иллювиально-гумусово-железистый (Albic Podzol (Arenic))																		
E2, 6(6.5)-10(18)	89.16	0.36	6.14	0.43	0.01	0.25	0.53	0.79	2.20	0.05	*	0.036	0.013	**	0.035	*	*	*
ВНГ, 10(18)-23	76.27	0.39	14.06	3.25	0.13	1.35	0.57	0.60	2.70	0.54	0.06	0.027	0.013	<0.01	0.031	*	<0.01	<0.01
ВНГ, 23-31	75.40	0.29	15.48	2.97	0.06	1.59	0.55	0.46	2.45	0.63	0.06	0.022	0.012	<0.01	0.037	<0.01	<0.01	<0.01
ВНГ, 31-38	79.57	0.18	12.67	1.98	0.06	1.23	0.58	0.63	2.48	0.53	0.04	0.013	0.015	<0.01	0.029	<0.01	<0.01	<0.01
В, 38-50	79.02	0.21	12.87	2.23	0.05	1.31	0.63	0.67	2.42	0.51	*	0.018	0.016	<0.01	0.029	<0.01	<0.01	<0.01
ВСг, 50-70	82.89	0.15	10.54	1.66	0.06	1.02	0.53	0.59	1.99	0.51	*	0.015	0.013	<0.01	0.033	<0.01	<0.01	<0.01

Таблица 20
Некоторые физико-химические свойства почв карьера «Даса» и фонового участка

Горизонт, глубина, см	pH _{пз0}	pH _{кд}	Hr	Обменные катионы				Подвижные формы			CaCO ₃	Al ₂ O _{3ок}	Fe ₂ O _{3ок}	Fe ₂ O _{3д}		
				Ca ²⁺	Mg ²⁺	H ⁺	Al ³⁺	K ₂ O	P ₂ O ₅	%						
				ммоль/100 г											мг/кг	
Псаммозем гумусовый грубогумусированный оподзоленный остаточно-карбонатный глееватый (Calcaric Arenosol (Nechic, Stagnic)), под кроной сосны																
W _{а0} , 0–2(2.5)	6.32	5.33	52.5	16.7	2.8	0.33	0.33	1300	300	–	–	–	–			
W _{1e} , 2(2.5)–3	6.33	5.34	1.8	5.4	0.82	0	0.03	109	145	–	–	–	–			
W _{2e} , 3–5	6.90	5.77	1.0	5.0	0.6	0.02	0	67	388	–	–	–	–			
C [·] са, 5–10	7.25	6.29	–	–	–	–	–	50	368	–	–	–	–			
C [·] саg, 10–20	8.10	7.20	–	–	–	–	–	63	359	–	–	–	–			
Псаммозем гумусовый грубогумусированный остаточно-карбонатный глееватый (Calcaric Arenosol (Stagnic)), междурядье																
W _{а0} , 0–1	6.67	5.74	26.3	10.2	1.6	0.17	0.17	1370	315	–	–	–	–			
W _{1–4}	6.67	5.38	1.3	4.9	0.72	0.02	0	85	171	<0.5*	0.06	0.09	0.27			
C [·] саg, 4–10	7.07	5.83	–	–	–	–	–	65	297	<0.5*	0.07	0.10	0.30			
C [·] саg, 10–20	7.70	6.95	–	–	–	–	–	45	233	0.9	0.06	0.10	0.26			
C [·] саg, 20–28	8.20	7.37	–	–	–	–	–	45	255	1.7	0.05	0.08	0.23			
C [·] саg, 28–42	8.39	7.50	–	–	–	–	–	47	348	1.5	0.03	0.04	0.20			
C [·] саg, 46–55	8.48	7.56	–	–	–	–	–	40	212	2.7	–	–	0.17			

Продолжение таблицы 20

Горизонт, глубина, см	pH _{ндо}	pH _{ккл}	Нг	Обменные катионы				Подвижные формы			CaCO ₃	Al ₂ O _{3ок}	Fe ₂ O _{3ок}	Fe ₂ O _{3д}			
				ммоль/100 г				мг/кг							%		
				Ca ²⁺	Mg ²⁺	H ⁺	Al ³⁺	K ₂ O	P ₂ O ₅								
Фоновый участок. Подзол иллювиально-гумусово-железистый (Albic Podzol (Arenic))																	
O1, 0-3	4.46	3.79	71.0	21.1	4.8	3.17	1.08	1297	270	-	-	-	-				
O2, 3-5(6)	4.00	3.11	22.3	14.4	3.92	3.33	2.50	1101	270	-	-	-	-				
E1, 5(6) -6(6.5)	4.16	3.10	45.0	3.50	1.37	0.83	2.17	209	68	-	-	-	-				
E2, 6(6.5) -10(18)	4.40	3.33	2.1	0.12	0.12	0.02	0.55	13.7	4.8	-	0.02	0.01	0.04				
BHF, 10(18) -23	4.86	3.89	6.5	0.43	0.18	0.02	3.00	32	88	-	0.22	0.35	0.44				
BHF, 23-31	5.34	4.25	4.0	0.71	0.25	0.02	1.00	31	184	-	0.25	0.18	0.37				
BHF, 31-38	5.61	4.36	2.7	0.60	0.21	0	0.58	31	232	-	0.26	0.12	0.37				
B, 38-50	5.44	4.31	2.9	0.47	0.19	0	0.72	26	198	-	0.22	0.11	0.23				
BCg, 50-70	5.64	4.45	2.0	0.29	0.14	0	0.32	19.1	215	-	0.16	0.07	0.21				

К концу второго десятилетия наблюдается значимое уменьшение содержания CaCO_3 в верхней части профиля почв (табл. 10). Потеря от обработки 2н раствором HCl (табл. 8) в минеральных горизонтах фоновой почвы составляет 0.22–0.59%, в почве карьеров этот показатель возрастает вниз по профилю и достигает в нижних горизонтах 2.0–2.6%. О развитии процессов подкисления свидетельствует также некоторое увеличение обменной и гидролитической кислотности в верхних горизонтах новообразованных почв. Однако неполное выщелачивание карбонатов и, возможно, биогенная аккумуляция обменных оснований способствуют сохранению на данном этапе высокой степени насыщенности основаниями (до 82%) горизонта W.

Содержание подвижных форм фосфора и калия в фоновых почвах обнаруживает элювиально-иллювиальное распределение (табл. 20). В молодых почвах закономерность не выражена.

В почвах фоновых участков четко выражен элювиально-иллювиальный характер распределения валовых (табл. 19) и оксалатрастворимых форм соединений алюминия и железа (табл. 20). Максимум $\omega(\text{Al}_2\text{O}_3)_0$ несколько смещен вниз по профилю относительно максимума $\omega(\text{Fe}_2\text{O}_3)_0$ в связи с большей подвижностью соединений алюминия (III) в кислой среде. В молодых почвах карьеров намечается тенденция к формированию элювиально-иллювиального распределения по профилю оксалаторстворимых форм железа и алюминия, общее их содержание незначительно.

Содержание органического углерода и азота. В почвах карьера в соответствии с дифференциацией горизонтов W на грубогумусовую и гумусо-аккумулятивную части количества $\text{C}_{\text{орг.}}$ и $\text{N}_{\text{общ.}}$ в них приближаются к таковым в органогенных горизонтах фоновой почвы, но еще не достигают их значений. Вниз по профилю отношение C/N во всех почвах закономерно уменьшается. Элювиально-иллювиальное распределение $\text{C}_{\text{орг.}}$ и $\text{N}_{\text{общ.}}$, характерное для профиля фоновых подзолистых почв, в почвах карьеров не выражено (табл. 21).

Содержание $\omega(\text{C}_{\text{орг.}})_{\text{H}_2\text{O}}$ в горизонтах W карьера «Даса» достигает 8.9 г/кг, постепенно уменьшаясь вниз по профилю до 0.01 г/кг (табл. 21). В фоновой почве данный показатель меняется от 7.08 до 0.03 г/кг. Максимальная экстрагируемость водой $\text{C}_{\text{орг.}}$ из твердой фазы отмечена в верхних горизонтах почвы карьера под кроной сосны, где отношение $\omega(\text{C}_{\text{орг.}})_{\text{H}_2\text{O}}/\omega(\text{C}_{\text{орг.}})$ составляет 3.53–7.15% (в фоновой почве – 1.56–1.62%). Возможно, это связано с большей

подвижностью органического вещества в молодых почвах, более активным протеканием процессов его минерализации, незрелостью механизмов, препятствующих потере углерода экосистемой.

В минеральных горизонтах фоновой почвы содержание $\omega(C_{\text{неорг.}})_{\text{H}_2\text{O}}$ не превышает 0.01 г/кг, в почве карьера в связи с наличием карбонатов $\omega(C_{\text{неорг.}})_{\text{H}_2\text{O}}$ достигает 0.03 г/кг соответственно. Отношение $\omega(C_{\text{неорг.}})_{\text{H}_2\text{O}}/\omega(C_{\text{орг.}})$ в молодой почве увеличивается вниз по профилю, что обусловлено уменьшением степени выщелоченности карбонатов в его нижней части, еще не затронутой (или затронутой в малой степени) процессами почвообразования (табл. 21). В фоновой почве это отношение сохраняется во всех горизонтах примерно на одном уровне.

В верхнем 20-см слое почвы карьера запасы $C_{\text{орг.}}$ возросли от 6.2 в первые годы сукцессии до 8.7 (междурядье) и до 10.2 т/га (под кроной сосны) на 18-й год. Это в 2.7–3.1 раза ниже по сравнению с запасами $C_{\text{орг.}}$ в слое 0–20 см в зональных автоморфных почвах сосновых зеленомошных лесов подзоны средней тайги (27.2 т/га). Скорость накопления $C_{\text{орг.}}$ в формирующейся почве варьирует от 0.22 (междурядье) до 0.30 т/га/год (под кроной сосны). Таким образом, к концу второго десятилетия в слое 0–20 см песчано-супесчаных почв аккумулируется 3.9 – 5.4 т/га органического углерода.

Таблица 21
Некоторые характеристики системы почвенного органического вещества

Горизонт, глубина, см	Объем- ный вес, г/см ³	Массовая доля компонента в единице массы почвы					Отношение массовых долей компонентов		
		$\omega(C_{\text{орг}})$	$\omega(C_{\text{неорг}})$	$\omega(C_{\text{орг-H}_2\text{O}})$	$\omega(C_{\text{неорг-H}_2\text{O}})$	$\omega(N_{\text{общ}})$	$\frac{\omega(C_{\text{неорг}})}{\omega(C_{\text{орг}})}$	$\frac{\omega(C_{\text{неорг-H}_2\text{O}})}{\omega(C_{\text{неорг}})}$	$\frac{\omega(C_{\text{неорг-H}_2\text{O}})}{\omega(N_{\text{общ}})}$
Псаммозем гумусовый грубогумусированный оподзоленный остаточно-карбонатный глееватый (Calcaric Arenosol (Nechic, Stagnic)), под кроной сосны									
W _{ао} , 0-2(2.5)	0.2	152.0	-	8.91	0.10	5.50	27.64	5.86	1.05
W _{1с} , 2(2.5)-3	1.17	6.7	-	0.48	0.03	0.54	12.41	7.15	5.13
W _{2с} , 3-5	1.36	1.8	-	0.06	0.01	0.13	13.85	3.53	15.12
C [·] са, 5-10	1.41	1.8	0.9	0.03	0.01	0.19	9.47	1.86	26.77
C [·] са,г, 0-20	1.55	1.0	1.9	0.03	0.03	0.14	7.14	3.42	45.99
Псаммозем гумусовый грубогумусированный остаточно-карбонатный глееватый (Calcaric Arenosol (Stagnic)), междурядье									
W _{ао} , 0-1	1.1	36.6	-	-	-	2.00	18.30	-	-
W, 1-4	1.13	2.2	-	0.05	0.01	0.21	10.48	2.47	17.03
C [·] са,г, 4-10	1.50	1.8	-	0.03	0.01	0.16	11.25	1.82	18.63
C [·] са,г, 10-20	1.55	1.5	0.7	0.05	0.02	0.16	9.38	3.10	28.88
C [·] са,г, 20-28	1.55	1.6	0.8	0.02	0.03	0.14	11.43	1.42	57.67
C [·] са,г, 28-42	1.53	2.0	1.1	0.02	0.03	**	-	0.96	61.51

Продолжение таблицы 21

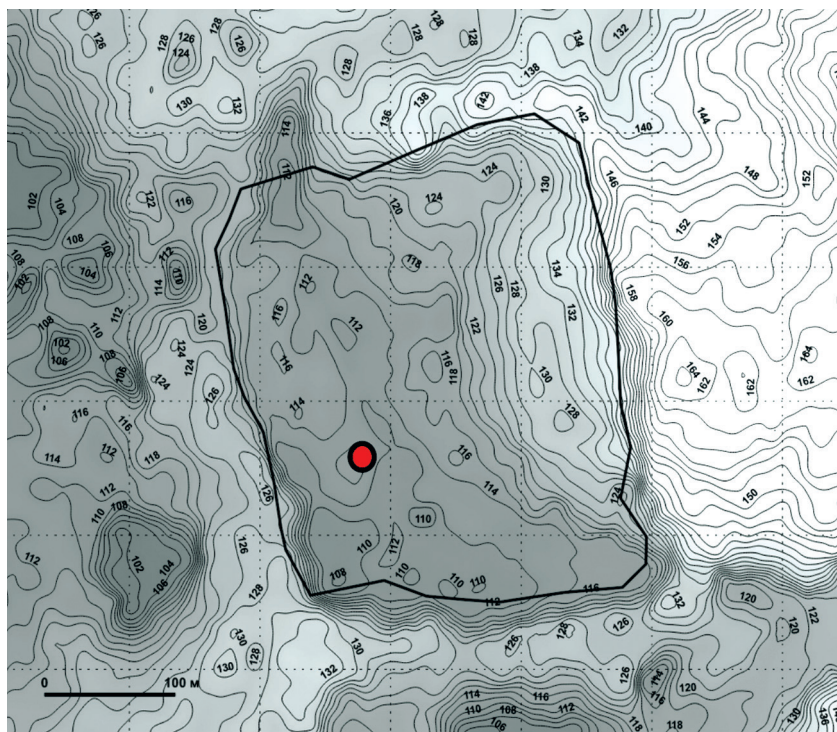
Горизонт, глубина, см	Объемный вес, г/см^3	Массовая доля компонента в единице массы почвы				Отношение массовых долей компонентов			
		$\omega(C_{\text{орг}})$	$\omega(C_{\text{неорг}})$	$\omega(C_{\text{орг}/\text{H}_2\text{O}})$	$\omega(C_{\text{неорг}/\text{H}_2\text{O}})$	$\omega(C_{\text{орг}})$	$\omega(C_{\text{неорг}})$	$\omega(C_{\text{неорг}/\text{H}_2\text{O}})$	$\omega(C_{\text{орг}/\text{H}_2\text{O}})$
		г/кг				%			
C' сая, 46-55	1.49	0.9	1.5	0.01	0.02	**	—	1.45	64.61
Фоновый участок. Подзол иллювиально-гумусово-железистый (Albic Podzol (Arenic))									
O1, 0-3	0.08	426.0	—	6.64	0.04	11.00	38.73	1.56	0.53
O2, 3-5(6)	0.08	436.0	—	7.08	0.02	10.00	43.60	1.62	0.28
E1, 5(6) - 6(6.5)	Не опр.	170.0	—	1.78	**	3.80	44.74	1.05	—
E2, 6(6.5) - 10(18)	1.40	2.5	—	0.09	**	0.22	11.36	3.54	—
BHF, 10(18) - 23	1.47	4.2	—	0.11	**	0.36	11.67	2.64	—
BHF, 23-31	1.47	2.6	—	0.06	**	0.23	11.30	2.46	—
BHF, 31-38	1.54	1.3	—	0.03	**	0.13	10.00	2.41	—
B, 38-50	1.54	1.6	—	0.04	**	0.12	13.33	2.27	—
BCg, 50-70	1.56	1.0	—	0.03	**	**	**	2.57	—

Демонстрационный объект №3 КАРЬЕР «ВАЖЕЛЮ» ФОРМИРОВАНИЕ ПОЧВ НА СУГЛИНИСТЫХ МОРЕННЫХ ОТЛОЖЕНИЯХ

Суглинистый карьер «Важелью» расположен в 5 км на юго-запад от г. Сыктывкара на территории холмисто-увалистой моренной равнины с преобладающими абсолютными высотами 160–190 (до 230) м над ур. м. Почвообразующие породы – крупнопылеватые покровные и моренные суглинки. В окрестностях карьера абсолютные высоты колеблются в пределах от 125 до 160 м над ур.м., абсолютные отметки днища карьера – 110–116 м над ур. м (рис. 15). В 300 м от границы карьера протекает р. Важелью. Площадь карьера – 8 га. В 2001 г. на территории днища карьера площадью около 5 га была проведена биологическая рекультивация с использованием 2-летних семян сосны (*Pinus sylvestris*). Перед проведением посадочных работ с помощью лесного двухотвального плуга с оборотом пласта вразвал через каждые 4 м проложены плужные борозды. Сеянцы сосны высаживали в перевернутые пласты (гряды), сформированные по обоим краям борозд, внесение удобрений и посев трав не производились. Густота посадки 5 тыс. шт./га. Поверхность днища карьера характеризуется выраженным микрорельефом: повышенные элементы (гряды) чередуются с микропонижениями (плужные борозды) и ровной поверхностью междурядий.

Наблюдения на карьере «Важелью» ведутся с 2001 г. – с начала управляемой сукцессии.

В субстрате карьера «Важелью» преобладают фракции мелкого песка (28–38%), ила (19–28%) и крупной пыли (14–25%). Почвообразующие породы фоновой почвы вблизи карьера «Важелью» имеют среднесуглинистый гранулометрический состав с преобладанием фракций мелкого песка (около 30–34%), ила (27–28%) и крупной пыли (15–16%). В минералогическом составе абралитов карьера «Важелью», как и карьера «Даса», преобладает кварц, содержание полевых шпатов (преимущественно альбитового состава) небольшое, присутствуют рutil, кальцит и доломит. Кроме того, в его составе обнаружены слюда и хлорит (рис. 6). По своим свойствам субстрат карьера «Важелью» пригоден для биологической рекультивации (табл. 11).



Условные обозначения: ● – местоположение почвенного разреза.

Рис. 15. Рельеф карьера «Важелью» и окружающей его территории. Сплошные горизонталы проведены через 2 м.

Фоновый участок вблизи карьера «Важелью» представлен еловым травяно-чернично-зеленомошным лесом. Древостой формируют *Picea obovata*, *Abies sibirica*, *Populus tremula* (табл. 22, рис. 18). В травяно-кустарничковом ярусе преобладают: *Vaccinium myrtillus*, *Aegopodium podagraria*, *Rubus saxatilis*, *Calamagrostis arundinacea*. Отмечены виды, характерные для еловых лесов (*Gymnocarpium dryopteris*, *Maianthemum bifolium*, *Oxalis acetosella*, *Linnaea borealis*, *Luzula pilosa* и др.); а также дубравные виды (*Lathyrus vernus*, *Stellaria holostea*, *Ajuga reptans*, *Carex digitata*, *Melica nutans*, *Pulmonaria obscura*, *Stellaria holostea*). В моховом ярусе преобладают зеленые мхи: *Rhytidiadelphus triquetrus*, *Pleurozium*

schreberi и *Hylocomium splendens*. Почва – подзолистая грубогумусовая потечногумусовая (Albic Epistagnic Retisol (Humic)). Строение профиля O(0–8)–EL(8–16)–BEL(16–27)–BT1(27–48)–BT2(48–74)–BT3(74–100) (рис. 10). Окраска горизонтов по Манселлу: 7.5YR2/1–10YR7/2–10YR6/3–7.5YR5/3–7.5YR4/4–7.5YR4/5.

Таблица 22

Некоторые характеристики растительных сообществ карьера «Важелью» и фонового участка

Характеристика древостоя					Проективное покрытие яруса, %	
Состав	Сомкнутость крон	Густота, тыс. шт./га	Высота, м	Диаметр, см	Травяно-кустарничковый	Мохово-лишайниковый
Фоновый участок в окрестностях карьера						
6ЕЗП10с	0.6	0.8	22	22	60	40
Участок на территории карьера						
10С	0.5	2.3	7	8	85	10



Рис. 18. Растительное сообщество фонового участка в окрестностях карьера «Важелью» (слева) и профиль подзолистой грубогумусовой потечно-гумусовой почвы (справа) под еловым травяно-чернично-зеленомошным лесом.

На территории карьера «Важелью» к концу второго десятилетия (18-й год) высота культур сосны достигала 7 м при густоте 2.3 тыс. шт./га, сомкнутость крон 0.5 (табл. 22). В мелком подросте преобладают береза и ель. На 18-й год сукцессии растительность междурядий представлена в основном травянистыми растениями (рис. 19). С формированием древостоя уменьшается роль луговых, лугово-сорных видов (*Dactylis glomerata*, *Equisetum arvense*, *Lathyrus pratensis*, *Leucanthemum vulgare*, *Poa pratensis*); усиливается – опушечного и лесного разнотравья (*Aegopodium podagraria*, *Calamagrostis arundinacea*, *Chamaenerion angustifolium*, *Equisetum sylvaticum*, *Hieracium altipes*, *Pyrola rotundifolia*, *Rubus saxatilis*, *Vicia sylvatica*) и лесных мхов (*Rhytidiadelphus triquetrus*, *Pleurozium schreberi*, *Hylocomium splendens*).

Почву карьера представляет разрез Р-18-2017, координаты: 61°38'43.1" с.ш., 50°40'40.5" в.д., абсолютная высота 114 м над ур. м. Растительный покров в междурядьях разнотравно-злаковый. На поверхности почвы ветошь из остатков травянистых растений, хвои, веток и шишек сосны. Разрез заложен от середины междурядья по направлению к гряде с сосной.



Рис. 19. Растительное сообщество на территории карьера «Важелью» (слева) и профиль пелозема гумусового грубогумусированного элювирированного турбирозема остаточно-карбонатного глееватого (справа) в сосняке разнотравном.

Морфологическое строение профиля

Средняя часть междурядья

Wao 0–2.5 см	Органо-минеральный, представлен растительными остатками разной стадии разложения, темно-серый (10YR 3/3), включения минеральных частиц, губчатый, слабоуплотнен, пронизан корнями трав, на поверхности мхи, в нижней части выражена горизонтальная делимость, свежий, переход постепенный.
W1 2.5–3 см	Суглинистый, темно-серый, за счет прокрашивания гумусом, мелкокомковато-мелкоплитчатый, рыхлый, свежий, корни, переход постепенный.
W2 2(3) –7 см	Суглинок средний с линзами песка, серовато-бурый, песок среднезернистый серого цвета, мелкокомковато-мелкоплитчатый, рыхлый, свежий, корни, переход постепенный.
C^{ca,g} 7–10(12) см	Суглинок средний, бурый (10YR 4/3) с неявно выраженными сизовато-серыми пятнами; линзы песка серого цвета, мелкокомковато-мелкоплитчатый, рыхловат, свежий, корни, переход постепенный.
C^{ca,g} 10(12)–50 см	Суглинок средний, близкий к тяжелому; присутствуют линзы песка, песчаненность увеличивается книзу; неоднородного цвета: на красновато-буrom фоне (10YR 4/4) слабые сероватые пятна (зоны оглеения), линзы песка серого цвета; встречаются включения щебня и гальки, черные растительные остатки; единичные корни трав и древесных растений; глыбистый, книзу с признаками плитчатости; влажноватый; переход резкий, граница неровная.
D 50–70 см	Песок средний, серого цвета (10YR 7/2), включения древесных остатков, щебень, галька; на глубине 50-60 см включения бурого суглинка; влажноватый.

Под кроной сосны (прикомлевая часть):

Wao 0–1(2) см	Органогенный, обилие хвои сосны, отпад ветвей сосны, растительные остатки, серовато-коричневатый с бурым оттенком (10YR 4/3), рыхлый, сухой, корни, переход четкий.
Wel 1(2)–3(4) см	Суглинок средний, серовато-бурый (10YR 4/3) с белесыми зернами кварца, мелкокомковатый, включения щебня, свежий, обилие корней сосны, в т.ч. сосущих; переход постепенный.
C^{tu,ca} 3(4) –10 см	Суглинок средний, серовато-бурый (10YR 4/3), мелкокомковатый, рыхлый, свежий, корни сосны и травянистых растений, включения щебня, переход постепенный.
C^{tu,ca,g} 10–22 см	Суглинок тяжелый; присутствуют линзы песка серого цвета, неоднородного цвета: на красновато-буrom фоне (10 YR 5/4) слабые сероватые пятна (зоны оглеения); встречаются включения щебня и гальки, черные растительные остатки; единичные корни трав и древесных растений; глыбистый; влажноватый; переход постепенный.

C_{ca},g 22–50 см	Суглинок средний, близкий к тяжелому; присутствуют линзы песка, опесчаненность увеличивается книзу; неоднородного цвета: на красновато-буrom фоне (10YR 5/3) слабые сероватые пятна (зоны оглеения), линзы песка серого цвета; встречаются включения щебня и гальки, черные растительные остатки; единичные корни трав и древесных растений; глыбистый, книзу с признаками плитчатости; влажноватый; переход резкий, граница неровная.
D 50–70 см	Супесь серого цвета (10YR 7/2) с прослоями бурого суглинка, включения древесных остатков, щебень, галька; влажноватый.

Под кроной сосны подстилка формируется преимущественно за счет опада хвои (1.00 ± 0.06 кг/м²). В прикомлевой части влияние фитогенного поля сосны и специфика опада обусловили вычленение в верхней части профиля маломощной подстилки (Wao до 1.5 см) и подгоризонта Wel с признаками элювиирования (наличие осветленных минеральных зерен). На глубине 4–22 см отмечено присутствие органических включений, наличие которых связано с погребением верхней части субстрата днища карьера с единичными растениями при нарезании гряд во время проведения биологического этапа рекультивации. В минеральной толще профиля (20–50 см) имеются ржаво-охристые и сизые пятна, свидетельствующие об окислительно-восстановительных процессах. Почва – пелозем гумусовый грубогумусированный элювиированный турбирванный остаточно-карбонатный глееватый (Calcaric Regosol (Relocatic, Stagnic)).

В междурядье формирующаяся под сомкнутым травостоем подстилка представлена остатками трав, в меньшей мере – мхов и хвоей разной степени разложения (1.03 ± 0.09 кг/м²). Дерновый процесс здесь выражен сильнее, чем под кронами сосен, морфологические признаки элювиирования не отмечены. Горизонт W достиг мощности 7 см. Почва – пелозем гумусовый грубогумусированный остаточно-карбонатный глееватый (Calcaric Regosol (Stagnic)).

Гранулометрический состав. Обезыливание верхней части фоновой почвы объясняется процессами разрушения и выноса ила в результате подзолообразования (табл. 23). В молодой почве на суглинистом субстрате к концу второго десятилетия сукцессии также наблюдается некоторое облегчение гранулометрического состава горизонтов W и в подкроновом пространстве и в междурядье с образованием «иллювиального максимума» в подстилающем минеральном слое (табл. 23).

Таблица 23
Гранулометрический анализ почв карьера «Вахелью» и фонового участка

Гори-зонт	Глубина, см	W, %	Потери от об-работки НС1, %	Содержание фракции, % ; размер фракции, мм						Сумма частиц, %	
				1.0-0.25	0.25-0.05	0.05-0.01	0.01-0.005	0.005-0.001	<0.001	>0.001	<0.01
Пелозем гумусовый грубогумусированный элювируванный турбованный остаточно-карбонатный глееватый (Calcaric Regosol (Relocatic, Stagnic)), под кроной сосны											
W1el	1(1.5)–2	2.77	2.54	31.3	15.8	20	4.11	6.17	22.6	67.1	32.9
W2el	2–3(4)	2.14	2.43	14	33.6	19.4	3.06	6.13	23.9	66.9	33.1
C ^{tu} ,ca	3(4)–10	2.25	4.52	10.4	26.8	24.5	3.58	4.09	30.6	61.7	38.3
C ^{tu} ,ca,g	10–22	2.16	6.97	11.2	26.6	19.4	5.11	6.13	31.5	57.3	42.7
C ^{ca} ,g	22–40	1.91	6.76	14.4	27.9	17.8	4.59	7.64	27.6	60.1	39.9
C ^{ca} ,g	40–50	1.52	3.44	21.4	36.1	12.2	3.55	6.6	20.2	69.7	30.3
D	50–70	0.65	0.54	31.7	48.2	7	1.51	3.52	8.1	86.9	13.1
Пелозем гумусовый грубогумусированный остаточно-карбонатный глееватый (Calcaric Regosol (Stagnic)), междуядье											
W1	2(2.5)–3	1.82	1.59	31.2	24.4	19.9	3.1	7.6	13.8	75.5	24.5
W2	3–7см	1.66	1.08	22.3	35.5	13.7	4.1	7.12	17.3	71.5	28.5
C ^{ca} ,g	7–10(12)	1.73	1.12	18.3	34.3	17.8	3.6	9.7	16.4	70.4	29.6
C ^{ca} ,g	12–22	1.68	4.47	11.1	35.1	20.3	3.1	8.1	22.3	66.5	33.5
C ^{ca} ,g	22–40	1.81	3.77	12	36.9	19.9	3.6	9.2	18.5	68.7	31.3
C ^{ca} ,g	40–50	1.28	3.48	25	37.6	14.2	2	8.1	13.1	76.8	23.2
D	50–70	0.58	0.26	40.7	41.5	5.03	2.01	1.01	9.8	87.2	12.8
Фоновый участок. Подзолистая грубогумусовая погено-гумусовая (Albic Eristagnic Retisol (Humic))											
EL	8–16	0.92	0.76	20.93	37.94	19.68	6.56	7.06	7.83	78.5	21.45
BEL	16–27	0.97	1.02	17.75	40.34	18.18	6.06	9.09	8.59	76.3	23.74
BT1	27–48	1.16	0.95	20.27	34.77	18.21	6.07	7.08	13.60	73.3	26.75
BT2	48–74	2.45	1.09	14.00	32.66	15.88	2.05	10.25	25.17	62.5	37.46
BT3	74–100	2.74	1.49	11.23	30.78	16.95	5.14	8.73	27.17	59.0	41.04

Минералогический и валовой состав почв. В ряду от песчаных древнеаллювиальных отложений к песчано-супесчаным флювиогляциальным и моренным суглинистым уменьшается количество кварца, становится богаче минералогический состав. В фоновой и молодой (на 18-й год управляемой сукцессии) суглинистых почвах во всех горизонтах преобладает кварц, в небольшом количестве содержатся натриевые и калиевые полевые шпаты, диагностирован рутил, присутствуют слюда и хлорит, не отмеченные в почве карьера «Даса» (рис. 20). Почва карьера «Важелью» отличается от фоновой в основном наличием кальцийсодержащих минералов. Так же как и в почве карьера «Даса», в горизонтах W почвы карьера «Важелью» не обнаружены кальцийсодержащие минералы (доломит и кальцит), присутствующие в абралите, (рис. 20), что обусловлено, по-видимому, их выщелачиванием. Это подтверждает уменьшение валового содержания CaO в верхних горизонтах молодых почв (табл. 24).

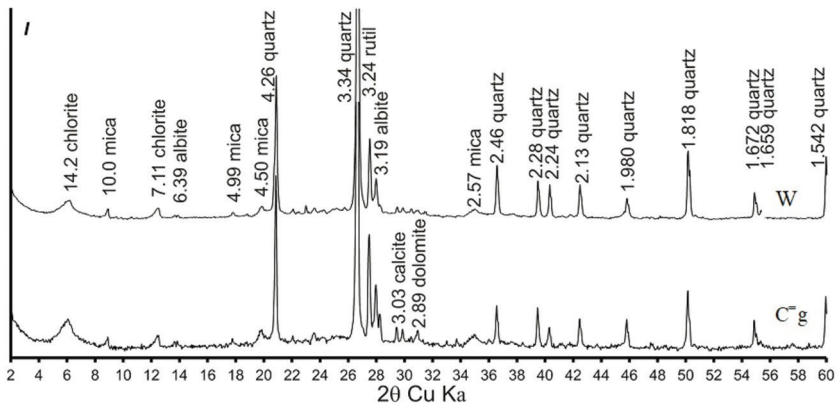


Рис. 20. Рентген-дифрактограммы образцов нижней части гумусово-аккумулятивного (W) горизонта и почвообразующей породы (Cg) почвы карьера «Важелью».

Таблица 24
Валовой химический состав почв карьер «Важелью» и фонового участка

Горизонт, глубина, см	Содержание компонентов, %											
	SiO ₂	TiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	MnO	MgO	CaO	Na ₂ O	K ₂ O	P ₂ O ₅	SO ₃	
Пелзем гумусовый грубогумусированный остаточно-карбонатный глееватый (Calcaric Regosol (Stagnic)), междурядье												
W2, 3-7	67.86	0.53	17.16	3.84	0.10	3.44	3.05	0.62	2.96	0.20	0.11	
C ^{ca} ,g, 7-11	67.38	0.58	18.34	4.10	0.08	3.06	2.50	0.59	3.02	0.16	0.09	
C ^{ca} ,g, 11-22	65.09	0.56	18.50	4.10	0.09	3.34	4.28	0.65	3.03	0.17	0.04	
C ^{ca} ,g, 22-40	65.84	0.56	18.03	4.02	0.09	3.20	4.40	0.62	2.94	0.16	0.03	
C ^{ca} ,g, 40-50	68.32	0.53	17.52	3.32	0.08	2.86	3.85	0.51	2.74	0.13	0.05	
D, 50-70	77.37	0.43	14.72	1.65	0.03	1.79	1.23	0.31	2.27	0.07	0.06	
Фоновый участок. Подзолистая грубогумусовая почечно-гумусовая (Albic Epistagnic Retisol (Humic))												
EL, 8-16	81.62	0.59	10.62	1.17	0.11	0.66	0.97	1.03	3.13	0.10	<0.1	
BEL, 16-27	76.99	0.54	13.25	2.26	0.10	1.43	0.96	0.98	3.34	0.15	<0.1	
BT1, 27-48	69.56	0.55	17.71	3.93	0.08	2.66	1.05	0.69	3.63	0.14	<0.1	
BT2, 48-74	63.70	0.60	21.42	5.03	0.11	3.50	1.21	0.54	3.75	0.14	<0.1	
BT3, 74-100	62.75	0.60	21.74	5.21	0.11	3.81	1.37	0.51	3.73	0.16	<0.1	

Таблица 25
Некоторые физико-химические свойства почв карьера «Важелью» и фонового участка

Горизонт, глубина, см	pH _{нзо}	pH _{ксл}	Hr	Обменные катионы				K ₂ O	P ₂ O ₅	CaCO ₃	Al ₂ O ₃ бок	Fe ₂ O ₃ бок	Fe ₂ O ₃ д
				Ca ²⁺	Mg ²⁺	H ⁺	Al ³⁺						
Пелозем гумусовый													
Пелозем гумусовый грубогумусированный элювируванный турбированный остаточно-карбонатный глееватый (Calcargic Regosol (Relocatic, Stagnic)), под кривой сосны													
				смоль/100 г				%					
Wao, 0-1.5	6.68	5.90	35.0	25.8	5.4	0.33	0.17	498	431	-	-	-	-
W1el, 1.5-2	6.57	6.23	1.7	16.5	3.09	0.1	0	213	207	-	0.10	0.15	0.44
W2el, 2-3(4)	7.02	6.65	-	-	-	-	-	189	246	-	0.09	0.15	0.49
C ^{тц,са} , 3(4)-10	7.42	6.8	-	-	-	-	-	72	136	-	0.09	0.17	0.45
C ^{тц,са,г} , 10-22	7.76	6.98	-	-	-	-	-	106	38	-	-	-	-
C ^{са,г} , 22-40	7.92	7.12	-	-	-	-	-	111	97	-	-	-	-
Пелозем гумусовый грубогумусированный остаточно-карбонатный глееватый (Calcargic Regosol (Stagnic)), междуядье													
Wao, 0-2(2.5)	6.69	6.45	26.3	26.1	4.8	0.17	0.33	815	525	-	-	-	-
W1, 2.5-3	6.36	6.07	2.2	13.9	2.31	0.10	0	222	212	-	0.09	0.12	0.35
W2, 3-7	6.88	6.31	1.1	11.6	2.15	0	0	102	145	<0.5	0.11	0.14	0.39
C ^{са,г} , 7-11	7.41	6.80	-	-	-	-	-	58	64	0.6	0.10	0.16	0.30
C ^{са,г} , 11-22	7.79	7.01	-	-	-	-	-	96	173	3.0	-	-	-
C ^{са,г} , 22-40	7.92	7.07	-	-	-	-	-	67	138	3.1	-	-	-
C ^{са,г} , 40-50	7.98	7.24	-	-	-	-	-	77	139	2.5	-	-	-
Фоновый участок. Подзолистая грубогумусовая почечно-гумусовая (Albic Epistagnic Retisol (Humic))													
Oao, 0-8	6.19	6.10	26	58.31	9.69	0.67	0.33	1650	341	-	-	-	-
EL, 8-16	4.55	4.02	2.57	1.31	0.50	0.05	1.78	60	22	-	0.15	0.27	0.49
BEEL, 16-27	4.72	4.10	2.35	1.87	0.73	0.03	1.72	71	36	-	0.17	0.32	0.60
BT1, 27-48	4.92	4.26	2.11	3.18	1.20	0.03	2.68	79	100	-	0.19	0.24	0.62
BT2, 48-74	5.15	4.03	2.31	7.75	2.93	0.12	3.03	119	104	-	0.21	0.20	0.97
BT3, 74-100	5.90	4.47	1.06	13.20	4.71	0.22	1.90	137	222	-	0.14	0.15	0.89

Физико-химические свойства почв. Выщелачивание кальций-содержащих минералов подтверждается данными по профильному распределению CaCO_3 (табл. 25) и по потерям от обработки 2н раствором HCl (табл. 23). Во втором десятилетии значения pH водных вытяжек значимо уменьшаются в верхних горизонтах. Однако подкисление, по сравнению с фоновыми почвами, охватывает только верхнюю часть профиля почв карьеров – на глубину не более 10 см от их поверхности (табл. 25). Максимальные величины кислотности приурочены к горизонту W. Неполное выщелачивание карбонатов и, возможно, биогенная аккумуляция обменных оснований способствуют сохранению на данном этапе высокой степени насыщенности основаниями (более 92%) горизонтов W. Распределение подвижных форм фосфора и калия по профилю молодых почв характеризуется постепенным их снижением вглубь, в отличие от фоновой почвы, где оно обнаруживает элювиально-иллювиальный характер.

Содержание органического углерода и азота. В почве суглинистого карьера «Важелью» содержание $\text{C}_{\text{орг.}}$ и $\text{N}_{\text{общ.}}$ выше по сравнению с почвами песчаного и песчано-супесчаного карьеров. Это, по-видимому, связано не только с лучшим развитием растительного покрова, но и с более высоким содержанием в минеральной части профиля глинистых частиц. Содержание $\text{C}_{\text{орг.}}$ и $\text{N}_{\text{общ.}}$ в горизонте W молодой почвы существенно ниже, чем в органогенном горизонте фоновой (табл. 26). Элювиально-иллювиальное распределение $\text{C}_{\text{орг.}}$ и $\text{N}_{\text{общ.}}$, характерное для профиля фоновой почвы, в почвах карьера не выражено.

В минеральных горизонтах фоновой почвы содержание $\omega(\text{C}_{\text{неорг.}})_{\text{H}_2\text{O}}$ не превышает 0.006 г/кг, в почвах карьера в связи с наличием карбонатов $\omega(\text{C}_{\text{неорг.}})_{\text{H}_2\text{O}}$ достигает 0.07 г/кг. Отношение $\omega(\text{C}_{\text{неорг.}})_{\text{H}_2\text{O}}/\omega(\text{C}_{\text{орг.}})$ в почвах карьера «Важелью» увеличивается вниз по профилю, что характерно и для почв карьера «Даса». Для обоих карьеров это обусловлено уменьшением степени выщелоченности карбонатов в нижней части профилей почв.

На карьере «Важелью» запасы $\text{C}_{\text{орг.}}$ в верхнем 20-см слое почв были выше по сравнению с почвами карьера «Даса». В первые годы сукцессии они составили 9.6, к концу второго десятилетия – 20.5 (междурядье) и 16.9 т/га (под кроной сосны). В подзолистых почвах еловых лесов окрестностей карьера запасы углерода в слое 0-20 см составляют 36.1 т/га. Скорость накопления $\text{C}_{\text{орг.}}$ достигала 0,61 (междурядье) и 0.40 т/га/год (под кроной сосны). Таким об-

разом, к концу второго десятилетия в слое 0–20 см суглинистых почв аккумулируется 7.3–10.9 т/га органического углерода. Накопление органического вещества на суглинке происходит более активно по сравнению с песчано-супесчаным и песчаным субстратами в связи с лучшим формированием напочвенного покрова, а также высоким содержанием мелкодисперсных частиц.

Исследования особенностей формирования почв на территории карьеров, где велась добыча строительных материалов, показали следующее. Процессы почвообразования и развития растительного покрова функционально взаимообусловлены и взаимосвязаны и определяются свойствами почвообразующих пород.

В дренированных условиях, спустя 20–50 лет от начала почвообразовательного процесса, ведущими профилеобразующими процессами являются подстилкообразование и подзолообразование. О процессах элювиирования и иллювиирования (начало подзолообразования) свидетельствуют морфологические признаки (наличие белесоватых пятен в нижней части гумусово-аккумулятивного горизонта и в верхней части минеральной толщи), перераспределение соединений кремния, железа и алюминия, а также доли илестых частиц. Процессы глееобразования подтверждаются проявлением сизоватых и охристых тонов в почвенных профилях.

Показано, что в средней тайге темпы биогенной аккумуляции органического вещества замедлены. В автоморфных условиях скорость накопления Сорг. в почве песчаного карьера достигала 0.06, песчано-супесчаного – 0.30, суглинистого – 0.61 т/га/год. Более быстрые темпы накопления органического углерода в почвах, формирующихся на суглинистых породах, по сравнению с песчано-супесчаными и песчаными связаны с лучшим развитием растительного покрова, обусловленным в свою очередь более высоким содержанием в почвообразующей породе глинистых частиц.

Процессы первичного почвообразования идут в соответствии с климатическими условиями таежной зоны. Основные характеристики молодых почв, формирующихся на карьере, в процессе почвообразования стремятся к свойствам почв фоновых участков, но за период исследования не достигают их. Как правило, основные параметры молодых почв существенно ниже аналогичных показателей фоновых почв.

Таблица 26
Некоторые характеристики системы почвенного органического вещества

Горизонт, глубина, см	Объем- ный вес, г/см ³	Массовая доля компонента в единице массы почвы					Отношение массовых долей компонентов			
		$\omega(C_{opr})$	$\omega(C_{неорг})$	$\omega(C_{opr}/H_2O)$	$\omega(C_{неорг}/H_2O)$	$\omega(N_{общ})$	$\frac{\omega(C_{opr})}{\omega(N_{общ})}$	$\frac{\omega(C_{opr}/H_2O)}{\omega(C_{неорг}/H_2O)}$	$\frac{\omega(C_{неорг})}{\omega(C_{общ}/H_2O)}$	%
		г/кг								
Пелозем гумусовый грубогумусированный элювированный турбированный остаточно-карбонатный глееватый (Calcaric Regosol (Relocatic, Stagnic)), под кроной										
Wao, 0-1.5	0.20	180.0	-	-	-	7.00	25.71	-	-	-
W1el, 1.5-2	He опр.	55.8	-	0.65	0.07	3.10	18.00	1.16	1.16	9.87
W2el, 2-3(4)	1.30	10.0	5.0	0.31	0.06	0.76	13.16	3.09	3.09	16.17
C ^{tu} .ca, 3(4)-10	1.57	4.9	8.1	0.13	0.05	0.47	10.43	2.58	2.58	29.82
C ^{tu} .ca.g, 10-22	1.61	2.4	7.6	0.06	0.05	0.29	8.28	2.45	2.45	46.91
C ^{ca} .g, 22-40	1.61	2.2	4.4	0.04	0.05	0.24	9.17	1.91	1.91	54.90
Пелозем гумусовый грубогумусированный остаточно-карбонатный глееватый (Calcaric Regosol (Stagnic)), междурядье										
Wao, 0-2(2.5)	0.25	114.0	-	-	-	6.00	19.00	-	-	-
W1, 2.5-3	He опр.	32.3	-	0.58	0.04	2.40	13.46	1.79	1.79	6.47
W2, 3-7	1.30	12.3	1.7	0.23	0.04	1.07	11.50	1.85	1.85	15.63

Продолжение таблицы 26

Горизонт, глубина, см	Объемный вес, г/см ³	Массовая доля компонента в единице массы почвы					Отношение массовых долей компонентов			
		$\omega(C_{орг})$	$\omega(C_{неорг})$	$\omega(C_{орг}/H_2O)$	$\omega(C_{неорг}/H_2O)$	$\omega(N_{общ})$	$\frac{\omega(C_{орг})}{\omega(N_{общ})}$	$\frac{\omega(C_{орг}/H_2O)}{\omega(C_{неорг}/H_2O)}$	$\frac{\omega(C_{неорг}/H_2O)}{\omega(C_{общ}/H_2O)}$	%
		г/кг								
C ^{са,г} , 7-11	1.59	4.1	1.3	0.10	0.06	0.38	10.79	2.35	38.36	
C ^{са,г} , 11-22	1.61	2.9	2.1	0.05	0.05	0.29	10.00	1.64	52.40	
C ^{са,г} , 22-40	1.61	3.6	1.5	0.04	0.05	0.27	13.33	1.05	58.15	
C ^{са,г} , 40-50	1.66	2.2	1.6	0.03	0.05	0.13	16.92	1.48	58.58	
Фоновый участок. Подзолистая грубогумусовая потечно-гумусовая (Albic Epistagnic Retisol (Humic))										
Oaо, 0-8	0.09	357.0	-	4.702	0.570	16.30	21.90	1.32	10.81	
EL, 8-16	1.29	7.5	-	0.251	0.006	0.51	14.71	3.35	2.27	
BEЛ, 16-27	1.56	4.3	-	0.121	0.005	0.43	10.00	2.81	4.18	
BT1, 27-48	1.69	3.0	-	0.070	0.004	0.31	9.68	2.34	5.71	
BT2, 48-74	1.63	2.2	-	0.033	0.002	0.33	6.67	1.49	5.19	
BT3, 74-100	-	2.0	-	0.029	0.002	0.33	6.06	1.46	5.06	

Литература к разделу

Подзолистые почвы центральной и восточной частей европейской территории СССР (на песчаных почвообразующих породах) / отв. ред. А.А. Роде, Н.А. Ногина, И.В. Забоева. – Л.: Наука, 1981. – 200 с.

Растительность Европейской части СССР / ред. Грибова С.А., Исаченко Т.И., Лавренко Е.М. – Л.: Наука, 1980. – 236 с.

Атлас Республики Коми по климату и гидрологии / ред. А. И. Таскаев. – М.: Дрофа, ДиК, 1997. – 115 с.

Атлас почв Республики Коми / И. В. Забоева, А. И. Таскаев, Г. В. Добровольский, В. А. Безносиков, Г. Я. Елькина, Д. А. Каверин, Е. Д. Лодыгин, Н. Г. Оберман, Е. М. Лаптева, Г. В. Русанова, Е. Д. Никитин, И. Б. Арчегова, Е. В. Жангуров, А. Н. Панюков, А. В. Пастухов, И. А. Лиханова, Г. А. Симонов, Г. Г. Мажитова, Г. М. Втюрин, В. Г. Казаков, В. В. Елсаков, Л. Н. Рыбин, В. В. Мокиев, Б. М. Кондратенко ; ред. Г. В. Добровольский, А. И. Таскаев, И. В. Забоева. – Сыктывкар : ООО Коми республиканская типография, 2010. – 356 с.

Верхоланцева, Л. А. Почвы концентрированных вырубок сосняков лишайниковых и пути улучшения их лесорастительных свойств / Л. А. Верхоланцева // Материалы по почвам Коми АССР и сопредельных территорий. – М. : Изд-во АН СССР, 1962. – С. 102–131.

Забоева, И. В. Почвы и земельные ресурсы Коми АССР / И. В. Забоева. – Сыктывкар: Коми книжное издательство, 1975. – 344 с.

Андреичева, Л. Н. Плейстоцен европейского Северо-Востока / Л. Н. Андреичева. – Екатеринбург : УрО РАН, 2002. – 210 с.

Маршрут №3

ИЗМЕНЕНИЯ ПОЧВ СРЕДНЕЙ ТАЙГИ ПРИ ЛЕСОЗАГОТОВИТЕЛЬНЫХ МЕРОПРИЯТИЯХ И ПОЖАРАХ¹

ПРОГРАММА ЭКСКУРСИИ

- 9:00 Начало экскурсии. Отъезд на автобусе от здания ИБ ФИЦ Коми НЦ Уро РАН (г. Сыктывкар, ул. Коммунистическая, д. 28)
- 9:40 – 11:40 Демонстрационный объект №1. АО «Монди СЛПК»: обзорная экскурсия по предприятию
- 11:40 – 12:15 Обед (столовая АО «Монди СЛПК»)
- 13:00 – 15:00 Демонстрационный объект №2. Полевой эксперимент по оценке влияния тяжелой лесозаготовительной техники
- 15:20 – 15:40 Кофе-пауза (фуршет)
- 15:40 – 16:00 Демонстрационный объект №3. Влияние беглого низового пожара на состав почвенного органического вещества
- 16:00 – 16:30 Демонстрационный объект №4. Реконструкция динамики пожаров в средней тайге в голоцене на примере болота Язель (Республика Коми, Россия)
- 16:30 – 17:15 Завершение экскурсии. Возвращение автобуса к зданию ИБ ФИЦ Коми НЦ Уро РАН (г. Сыктывкар, ул. Коммунистическая д.28).

ПЕРЕЧЕНЬ ЗАПЛАНИРОВАННЫХ ДОКЛАДОВ

Демонстрационный объект №2

Дымов А.А. Описание эксперимента: исходные характеристики участка, почвы и базовые параметры влияния колесной техники.

Дубровский Ю.А. Основные закономерности изменения растительности.

Севергина Д.А., Горбач Н.М., Старцев В.В., Дымов А.А. Глубина колеи, плотность сложения, температура, влажность почв исследуемых участков.

Осипов А.Ф. Трансформация запасов биомассы и дыхания почвы в результате сплошной

¹ Авторы: д.б.н. А.А. Дымов, к.б.н. А.Ф. Осипов, к.б.н. В.В. Старцев, асп. Н.М. Горбач, асп. Д.А. Севергина, ст. лаб. И.В. Паюсова, к.с.-х.н. И.Н. Кутявин, к.б.н. Ю.А. Дубровский.

рубки ельника чернично-зеленомошного.

Дымов А.А., Мазур А.С., Старцев В.В. Состав органического вещества исследуемых почв.

Старцев В.В., Холодов В.А., Дымов А.А. Химический состав лизиметрических вод и водотока, прилегающего к ручью.

Фатеева А.А., Колесникова А.А., Конакова Т.Н. Трансформация почвенных зооценозов после рубки леса.

Патова Е.Н., Сивков М.Д., Новаковская И.Д. Видовое разнообразие, количественные показатели и азотфиксирующая активность альгогруппировок на вырубках.

Демонстрационный объект №3

Паюсова И.В., Старцев В.В., Груздев И.В., Дымов А.А. Влияние беглого низового пожара в сосняках лишайниковых на состав органического вещества почв

Демонстрационный объект №4

Горбач Н.М., Старцев В.В., Дымов А.А. Реконструкция динамики пожаров в голоцене в средней тайге на примере болота Язель.

В рамках маршрута №3 участники экскурсии получают возможность ознакомиться с изменениями подзолистых почв при лесозаготовительных мероприятиях. Будут продемонстрированы особенности лесовосстановления на участках волоков с различным числом проходов лесозаготовительной техники. Показаны изменения морфологических, физико-химических свойств и особенностей почвенного органического вещества в первый год после сплошной рубки леса с использованием мультифункциональных комплексов для заготовки древесины. Оценено изменение эмиссии CO_2 с поверхности почв и выноса углерода с лизиметрическими водами. Продемонстрировано влияние беглого низового пожара, прошедшего в 2021 г., в сосняках лишайниковых на состав почвенного органического вещества. На примере исследования торфяной олиготрофной почвы болота Язель приведена реконструкция динамики пожаров в голоцене.

В первой части экскурсии запланировано посещение АО «Монди СЛПК».

Схема расположения демонстрационных объектов экскурсии представлена на рисунке 21.

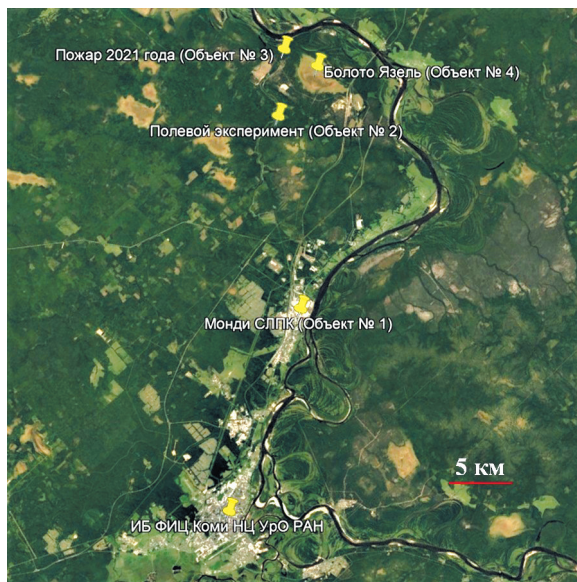


Рис. 21. Схема расположения объектов научной экскурсии (источник спутникового изображения – <http://www.glovis.usgs.gov>).

Демонстрационный объект № 1 АО «МОНДИ СЛПК»

ОБЗОРНАЯ ЭКСКУРСИЯ ПО ПРЕДПРИЯТИЮ

АО «Монди Сыктывкарский ЛПК» (рис. 22) – один из лидеров целлюлозно-бумажной промышленности и крупнейший производитель бумаги в России (<https://alestech.ru/factory/9-mondi-slpk>). Предприятие ежегодно выпускает более 1.2 млн тонн продукции: офисной, офсетной, газетной бумаги, тарного картона и товарной целлюлозы. На долю «Монди СЛПК» приходится почти треть от объема лесозаготовок в Республике Коми (<https://alestech.ru/factory/9-mondi-slpk>).



Рис. 22. Изготовление бумаги на предприятии Монди СЛПК (фото с сайта <https://заводы.рф>).

Комбинат основан в 1969 году, он является предприятием полного производственного цикла: от заготовки сырья до отгрузки готовой продукции потребителю. АО «Монди СЛПК» располагает тремя бумагоделательными машинами, одной картоноделательной и одной сушильной машиной для производства товарной целлюлозы. На комбинате есть также древесно-подготовительное производство, целлюлозный завод, ТЭЦ и комплекс очистных сооружений. Компания ведет лесозаготовительную деятельность в семи районах Республики Коми. Всего на предприятии и на лесозаготовительных участках работают около 4600 человек.

В рамках двухчасовой обзорной экскурсии по предприятию планируется демонстрация ряда объектов на территории АО «Монди СЛПК»: фотоскан (пункт приемки древесины); древесно-подготовительный цех – посещение пульта управления цеха; бумагоделательная машина, выпускающая бренд «Снегурочка»; цех форматной резки бумаги – посещение цеха, возможность увидеть, как бумагу нарезают на форматы, упаковывают в пачки и далее формируют короба готовой продукции.

Демонстрационный объект № 2

ПОЛЕВОЙ ЭКСПЕРИМЕНТ ПО ОЦЕНКЕ ВЛИЯНИЯ ТЯЖЕЛОЙ ЛЕСОЗАГОТОВИТЕЛЬНОЙ ТЕХНИКИ²

Для оценки влияния тяжелой лесозаготовительной техники был организован полевой эксперимент. В рамках эксперимента весной 2020 г. подобран участок ельника чернично-зеленомошного на территории Сыктывдинского района РК. Исследование состояния исходного участка леса (ИЛ) начали весной 2020 г.

Климат района исследований умеренно-континентальный, умеренно холодный. Среднемесячная температура воздуха в июле составляет +16.6 °С. Среднегодовая температура +0.4 °С, годовое количество осадков 514 мм (Атлас ..., 1997).

Согласно почвенно-географическому районированию РК (Атлас ..., 2010), исследуемая территория расположена в южной части Вымь-Вычегодского округа типичных подзолистых почв, подзолов иллювиально-железистых, торфянисто-подзолисто-глееватых иллювиально-гумусовых почв.

Почвообразующими породами служат суглинисто-глинистые однородные и слоистые отложения различного генезиса.

Рубка леса на исследуемых участках осуществлена 7–8 декабря 2020 г. В качестве экспериментальной машины использовали четырехосный форвардер PONSSE ELEPHANT ERG08W A090626, обладающий стандартным весом 22.8 тонны. Давление в колесах составляло: 3.5 (передние колеса), 5.5 (задние колеса) бар. Стандартные металлические гусеницы использовали только для задних колес. Перед проездом форвардер загружали балансом осины, у каждого бревна измеряли диаметр, с помощью которого вычисляли объем древесины (рис. 23). Общая масса форвардера с древесиной составляла 36.3 тонны.

К моменту рубки на исследуемом участке леса были практически идеальные условия: отсутствие длительных снегопадов перед рубкой, устойчивые отрицательные температуры воздуха, которые

² Подробно результаты представлены в статье А.А. Дымова с соавт. (2022).

позволили почвам промерзнуть до глубины около 15 см, что в свою очередь обеспечило высокую несущую способность почв. На момент проведения эксперимента температура воздуха составляла минус 3.2 °С, температура подстилки – минус 0.5 °С.



Рис. 23. Фотография форвардера во время закладки полевого эксперимента.

В ходе эксперимента заложили девять волоков, каждый протяженностью около 50 метров. На трёх волоках число проходов форвардера составило три (ЗП), на трёх – десять (10П). На трёх волоках с десятью проходами форвардера было проведено выравнивание колес (10Р), удаление подстилки, пней и порубочных остатков, которые передвигали на участки, прилегающие к волокам. Разравнивание производили экскаватором Komatsu PC-8 на следующий день после проведения рубки. Серию волоков с выравниванием (10Р) использовали для оценки возможности применения данных мероприятий с целью более успешного лесовозобновления. Укрепление волоков порубочными остатками не проводили. Непосредственно после рубки (декабрь 2020 г.) выполняли замеры глубин колес, формирующихся от тяжелой колесной техники. Измерения проводили через каждые 2.5 метра. Для

волоков с тремя проходами (три волокна по две колеи) выполнили 162 измерения, на волокнах с 10 проходами (шесть волоков по две колеи) – 392 измерения.

Оценку морфологических изменений почв и отбор почвенных образцов производили в июле 2021 г. Диагностика и классификация почв выполнены согласно Полевому определителю почв России (2008) с рекомендациями по оценке свойств турбированных почв (Дымов, 2017, 2020). Плотность сложения (объемный вес) органогенных и минеральных горизонтов определяли в опорных разрезах согласно (Вадюнина, Корчагина, 1986). Основные свойства почв вырубок определяли в образцах почв, отобранных в июле. Более подробно методы исследований описаны в работе (Дымов и др., 2022).

Изменения растительного покрова на основных технологических элементах вырубки

Исходное растительное сообщество представлено разновозрастным хвойно-лиственным насаждением, пройденным низовыми пожарами и выборочной рубкой крупных хвойных деревьев около 60 лет назад. Древесный ярус образован сосной обыкновенной (*Pinus sylvestris* L.), елью сибирской (*Picea obovata* Ledeb.), березой пушистой (*Betula pubescens* Ehrh.) и березой повислой (*B. pendula* Roth.). В качестве небольшой примеси присутствуют пихта сибирская (*Abies sibirica* Ledeb.) и осина (*Populus tremula* L.). Формула древостоя – 4СЗЕ2Б1Ос ед.Пх. Ярусность в древостое не выражена. Сухостой и валеж образуют преимущественно хвойные деревья со стволовым запасом древесины 30 м³/га. В подросте доминирует ель, с небольшой примесью березы и осины. Общее проективное покрытие (ОПП) травяно-кустарничкового яруса (ТКЯ) 80%, доминирует черника (*Vaccinium myrtillus* L.). ОПП мохово-лишайникового яруса 80%, доминирует *Hylocomium splendens* (Hedw.) Schimp., заметную роль играют *Pleurozium schreberi* (Willd. ex Brid.) Mitt., *Sphagnum angustifolium* (Warnst.) С.Е.О. Jensen, *Polytrichum commune* Hedw.

Таблица 27

**Характеристика нижних ярусов растительности
исследованных техногенных элементов вырубки**

Показатель	ИЛ	П	ЗП	10П
Общая сомкнутость подлеска, в долях от 1	0.2	0.1	<0.1	<0.1
Общее проективное покрытие травяно-кустарничкового яруса, %	80	20	1-3	0-1
Общее проективное покрытие мохово-лишайникового яруса, %	80	60	1-5	0
Подлесок				
<i>Rosa acicularis</i>	2	9	8	10
<i>Salix caprea</i>	+	1	–	–
<i>Sorbus aucuparia</i>	8	+	2	–
Травяно-кустарничковый ярус				
<i>Chamaenerion angustifolium</i>	1	1	–	–
<i>Equisetum sylvaticum</i>	2	1	–	–
<i>Gymnocarpium dryopteris</i>	2	1	–	–
<i>Vaccinium myrtillus</i>	8	5	–	–
<i>Calamagrostis obtusata</i>	1	1	3	–
<i>Carex globularis</i>	2	4	5	–
<i>Deschampsia flexuosa</i>	3	3	2	–
<i>Maianthemum bifolium</i>	4	1	2	–
<i>Vaccinium vitis-idaea</i>	2	5	1	–
<i>Melampyrum sylvaticum</i>	1	2	5	3
<i>Solidago virgaurea</i>	1	2	4	4
<i>Trientalis europaea</i>	3	1	6	7
<i>Luzula pilosa</i>	1	2	–	3
<i>Rubus saxatilis</i>	3	2	–	4
Мохово-лишайниковый ярус				
<i>Polytrichum commune</i>	4	5	–	–
<i>Aulacomnium palustre</i>	1	3	–	–
<i>Pleurozium schreberi</i>	4	4	5	–
<i>Hylocomium splendens</i>	7	5	5	–
<i>Sphagnum angustifolium</i>	4	5	6	–

Примечание. ИЛ – исходный лес; П – пасечный участок; ЗП – волок с тремя проходами техники; 10П – волок с десятью проходами техники. Для подлеска приведен состав (от 10 единиц). Прочерк – вид отсутствует.

По сравнению с исходными сообществами, на участках вырубki произошло обеднение кустарникового яруса (табл. 27). Его сомкнутость снизилась, из состава выпал можжевельник (*Juniperus communis* L.). Крупные кустарники были уничтожены в процессе рубки, поэтому, высота растений на послерубочных участках пасек снизилась до 30–40 см. Общее видовое разнообразие сосудистых растений снизилось незначительно (с 18 видов на контрольном участке до 16 видов на вырубке). Черника сохранила ведущие ценогические позиции. Изменения светового режима привели к увеличению обилия светлюбивых видов (брусника – *Vaccinium vitis-idaea* L., луговик – *Deschampsia flexuosa* (L.) Trin.). Майник (*Maianthemum bifolium* (L.) F.W. Schmidt), один из видов-наполнителей ТКЯ контрольных участков, будучи более теневыносливым видом, на вырубках снижает своё обилие.

Ранги обилия видов травяно-кустарничкового и мохово-лишайникового ярусов приведены по шкале Ипатова (Ипатов, Мирин, 2008). Виды, отмеченные только на контрольном участке: *Carex cespitosa*, *Dicranum majus*, *Geranium sylvaticum*, *Hieracium laevigatum*, *Juniperus communis*, *Platanthera bifolia*. Виды, отмеченные только на пасеке: *Leontodon autumnalis*, *Linnaea borealis*, *Oxalis acetosella*, *Rhytidiadelphus subpinnatus*. Общее проективное покрытие травяно-кустарничкового яруса на пасечных участках снизилось до 15–30% по сравнению с 80% на контрольном участке. ОПП мохово-лишайникового яруса на пасечных участках снизилось незначительно (до 40–60% по сравнению с 80% на контрольной пробной площади (ПП)). Основные изменения произошли в его составе, где на ведущие позиции вышли виды увлажненных местообитаний (*Sphagnum angustifolium* и *Polytrichum commune*). Ранг обилия мезофитного вида *Hylocomium splendens* снизился с 8 до 4–6. Эффект увеличения увлажнения местообитаний вырубok хорошо известен из литературы (Крышень, 2006; Уланова, 2006; Лиханова и др., 2021). В результате уничтожения деревьев, которые являются мощными насосами, откачивающими из почвы воду, на начальных этапах восстановления экосистем меняется гидрологический режим, и происходит временное заболачивание.

После проведения рубки леса, на исследуемых участках зафиксировано шесть видов мхов, средний показатель α -разнообразия мхов – 2 вида. Таким образом, общее число видов мхов в результате трансформации растительных сообществ снизилось более чем в два раза, видовая насыщенность конкретных ПП – в три раза. Виды мхов, которые исчезли из видового состава исследуемых сообществ (*Climacium dendroides* (Hedw.) F. Weber & D. Mohr, *Dicranum*

majus Turner и др.), являются более требовательными к условиям микроместообитаний. В частности, им необходимо затенение, которое отсутствует в сообществах начальных этапов послерубочной сукцессии. На вырубке с небольшим обилием был отмечен один вид мхов (*Ptilium crista-castrensis*), который отсутствовал на контрольных участках.

В колеях наблюдали сильную степень нарушенности исходного растительного покрова (табл. 27). Кустарниковый ярус представлен единичными растениями шиповника (*Rosa acicularis* Lindl.) и рябины (*Sorbus aucuparia* L.). ОПП травяно-кустарничкового яруса лишь в некоторых случаях достигает 3%, ОПП мхов и лишайников – до 5%. Средний показатель α -разнообразия сосудистых растений снижается до 2 видов. Виды-доминанты исходных сообществ, которые сохраняют своё обилие на пасаках, в колеях отсутствуют. В таких условиях, в первый год сукцессии, на лидирующие позиции выходят седмичник (*Lysimachia europaea* (L.) U.Manns & Anderb.), золотарник (*Solidago virgaurea* L.), осока шаровидная (*Carex globularis* L.), из мхов – *Sphagnum angustifolium*.

Колее с разной степенью нарушенности (3 и 10 проездов форвардера) достоверно различаются основными параметрами нижних ярусов растительности (табл. 27). Среднее число видов сосудистых растений (α -разнообразие) в колее после трёх проездов составляет 3 вида (1–5 видов на конкретных площадках), после десяти проездов – 2 вида (0–2 вида на конкретных площадках). Мохово-лишайниковый ярус в колеях после 10 проездов полностью отсутствует, а после трёх проездов его ОПП варьирует от 1 до 5%. На участках серии 10Р в первый год восстановления какие-либо растения отсутствуют.

В целом, по итогам исследований растительного покрова, можно отметить, что на разных технологических элементах вырубки (пасечные участки, колее на волоках) наблюдается разная степень нарушенности растительного покрова, которая определяется уровнем технологической нагрузки в процессе рубки леса.

Возобновление основных древесных пород на разных элементах вырубки в первый год после рубки древостоя

Наибольший показатель пространственной встречаемости ($t=0.45-0.65$) отмечен у осины, как на пасаках и волоках, так и на вырубке в целом, а наименьший – у хвойных видов ($t=0-0.05$). После

трех проходов форвардера по неукрепленному волоку выявлена более высокая встречаемость в колеях порослевой осины ($t=0.71$). При десяти проходах береза и осина наблюдались в равных долях ($t=0.22$) (табл. 28), но в большей степени семенного происхождения. Такая тенденция связана с продавливанием лесной подстилки и ее перемешиванием с верхними элювиальными горизонтами, следствием чего является лучшее закрепление и прорастание семян деревьев на минеральной части. Однако, с увеличением глубины колеи и задержкой в ней воды, возобновление отсутствует.

Таблица 28

**Характеристика последующего естественного возобновления
и индекс встречаемости подроста на вырубке первого года**

Порода	Густота возобновления на вырубке, шт./га	Индекс встречаемости (t)			
		ЗП	10П	10Р	П
Береза	10714	–	0.22	–	0.15
Осина	13214	0.71	0.22	–	0.45
Ель	179	–	–	–	–
Сосна	179	–	–	0.08	–
Всего	24286	0.71	0.33	–	0.50

Примечание. П – пасечный участок; ЗП – три прохода; 10П – 10 проходов; 10Р – участки с выравниванием колеи. Прочерк – не обнаружено.

Оценка густоты возобновления древесных пород на вырубке выявила обильное возобновление лиственными видами – березой и осинкой. Их количество составляет 11 и 13 тыс. шт./га, соответственно. Численность подроста ели и сосны на вырубке единична (табл. 2). Такая низкая тенденция возобновления ели и сосны связана с низким баллом плодоношения хвойных деревьев на вырубке в предыдущий год. Пространственная встречаемость подроста (t) носит неоднородный характер вне зависимости от технологического элемента вырубki (ЗП, 10П, 10Р). Так, на всей вырубке наибольшее значение индекса встречаемости ($t=0.7$) отмечено на волоках, тогда как на участках с выравниванием колеи этот показатель равен нулю. Заложенные учетные площадки показали полное отсутствие возобновления на участках 10Р, что свидетельствует о высокой

переуплотненности их почв, что в сочетании с сухим и жарким летом привело к задержке возобновления древесных пород на этих элементах вырубки.

Изменение морфологического строения почв на различных элементах вырубки

В центральной части участка заложен опорный разрез (рис. 24). Дорубочный микрорельеф участка вершины увала – естественный для лесных экосистем, выражен приствольными повышениями, обилием пней и валежа разной стадии разложения. Для почвы исходного леса (ИЛ) характерна типичная лесная подстилка, состоящая из трех подгоризонтов различной степени разложения растительных остатков – O(L), O(F), O(H) (Богатырев и др., 2004). Под подстилкой формируется серовато-бурый (2.5Y5/3–10YR6/3) элювиальный горизонт EL, представленный бесструктурным или слабоструктурным плитчатым суглинистым материалом. В горизонте обильно встречается окатанная порода, щебень и галька. Переход к субэлювиальному горизонту BEL постепенный, по утяжелению гранулометрического состава. Горизонт – от темно-коричневого (7.5 YR 4/4) до светло-серого цвета, хорошо оструктурен и пронизан вертикальными языками элювиального горизонта с более легким супесчаным материалом. Под элювиальной толщей формируется коричневатобурый (7.5Y4/4) среднесуглинистый хорошо выраженный текстурный горизонт BT с типичной для почв данного отдела многопорядковой структурой, обилием кутан и скелетан. Почва участка исходного лесного массива – подзолистая.

На участке ЗП разрез заложен в центральной части волока с тремя проходами форвардера (рис. 25). Напочвенного покрова нет, в верхней части подстилки много ветвей и хвои, однако перемешивания верхних горизонтов почвы не наблюдается. Отмечено визуальное переуплотнение и дополнительное поступление органического вещества в верхние минеральные горизонты. Схема почвенного профиля: O (L) (0–2 см) – O (F+H) (2–5 см) – EL1 (5–15 см) – EL2 (15–25 см) – BEL (25–35 см) – BT1 (35–50 см). Органогенный горизонт исследованной почвы разделен на два подгоризонта по степени разложения растительных остатков, представленных сухой хвоей, ветвями, остатками мхов и кустарничков и хорошо разложившимся опадом в нижней части горизонта. Верхний минеральный го-

ризонт EL1 бесструктурный, желтовато-серый (2.5Y5/2), супесчаный с обилием окатанных камней. Горизонт EL2 более светлый (2.5Y6/2) и более плотный, легкосуглинистый, но в целом совпадает с вышележащим горизонтом. Нижние минеральные горизонты BEL и BT не подверглись механическим нарушениям и аналогичны горизонтам фонового участка. Почва участка 3П – подзолистая.



Рис. 24. Общий вид растительного сообщества исходного леса – ИЛ (слева) и профиль подзолистой почвы (справа).



Рис. 25. Общий вид участка 3П (слева) – волок с темя проходами техники и профиль соответствующей ей подзолистой почвы (справа).

На участке 10П разрез заложен на волоке с 10 проходами

тяжелой техники в месте глубокой колеи (рис. 26). Подстилка отсутствует, на поверхности много ветвей, хвои и порубочных остатков. Строение почвенного профиля: TUR_{cwd} (0–15 см) – EL (15–20 см) – BEL (20–30 см) – BT (30–50 см). Верхний турбированный горизонт TUR_{cwd} представляет собой минеральный горизонт серого цвета с примесью ветвей, хвои, шишек, единично встречаются камни. Формирующийся ниже элювиальный горизонт соответствует фону, но более уплотнен, проявляется плитчато-ореховатая структура. Субэлювиальный горизонт BEL и текстурный BT также почти не претерпели морфологических изменений и аналогичны таковым в фоновом разрезе. Однако наблюдается некоторое переуплотнение в срединных минеральных горизонтах. Почва диагностирована как турбозем детритный.



Рис. 26. Общий вид участка 10П (слева) – волок с десятью проходами тяжелой техники и профиль турбозема детритного (справа).

На участке 10Р разрез заложен на волоке с десятью проходами тяжелой техники и последующим его выравниванием (рис. 27). Микрорельеф с западинами, в которых в течение значительной части летнего периода стоит вода. Верхние горизонты турбированы, восстановление растительности замедленно, на поверхности единичные ветви и остатки органогенного горизонта. Схема почвенного профиля: TUR (0–10 см) – BEL (10–20 см) – BT (20–50 см). Органогенный горизонт отсутствует, в результате выравнивания формируется турбированный горизонт TUR с частично сохранившимся строением горизонтов EL и BEL. В отличие от разреза 10П в нем существенно меньше порубочных остатков и растительного опада.

Формирующийся ниже горизонт ВЕL коричневый (7.5YR4/3) с белыми языками, плотный. Текстурный горизонт представлен коричневым (7.5YR4/3) тяжелым суглинком. Весь почвенный профиль сцементирован, вероятно, из-за циклов иссушения/увлажнения. Почва диагностирована как турбозем.

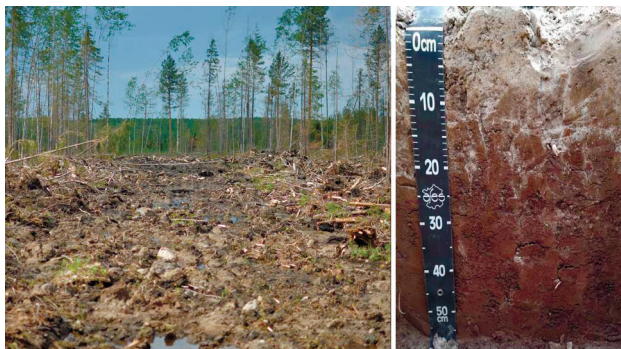


Рис. 27. Общий вид участка 10Р (слева) – волок с десятью проходами тяжелой техники и его последующим выравниванием, профиль турбозема (справа).

Глубина колеи на волоках

В результате исследований выявлено, что колесная техника проминает почву на волоках с тремя проходами на 0-41 см (рис. 5). На первом волоке с тремя проходами средние значения колеи варьировали 8 ± 6 см, на втором волоке – 10 ± 8 см, на третьем – 13 ± 10 см. Визуально более интенсивное проминание происходит на наиболее влажных участках. Установлено, что для участков волоков с десятью проходами продавливание колесной техникой выражено значительно сильнее. Здесь глубина продавливания варьировала от 0 до 60 см. Средние значения для изученных волоков составляют от 23 ± 11 до 35 ± 9 см. Глубина колеи волоков с десятью проходами значительно (в 2–4 раза) превышает глубину на волоках с тремя проходами, даже при условиях высокой устойчивости почв.

Плотность сложения исследуемых почв

Исследования показали, что плотность генетических горизонтов почвы пасечного участка после рубки близка к значениям почвы фонового участка. Плотность органогенного горизонта составляет 0.09 г/см^3 , минеральные горизонты характеризуются плотностью от 1.46 до 2.09 г/см^3 (рис. 28).

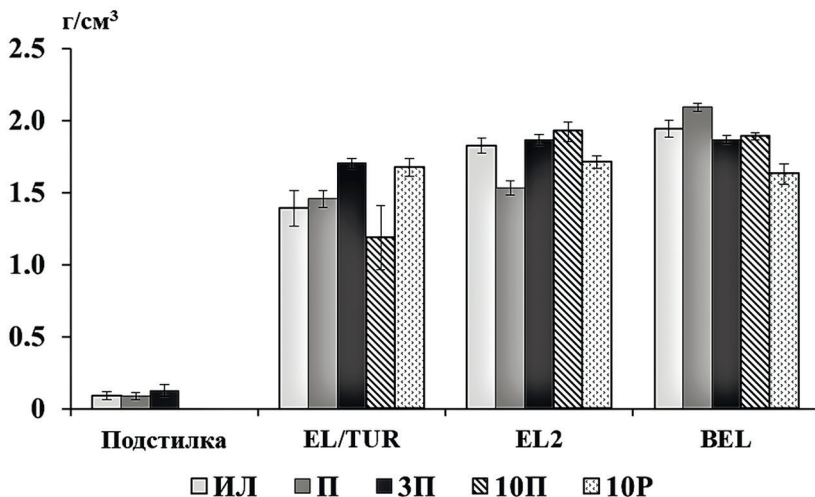
Для почв волоков выявлены некоторые изменения в плотности сложения генетических горизонтов. Показано увеличение плотности подстилки до 0.13 г/см^3 и верхнего элювиального горизонта до 1.70 г/см^3 в почве волока на участке ЗП. Нижние минеральные горизонты имеют близкие к почве исходного участка (ИЛ) значения. Для почвы волока с десятью проходами установлено уменьшение плотности сложения в верхнем минеральном горизонте (1.18 г/см^3) из-за его перемешивания и разрыхления колесной техникой. Однако отмечено увеличение плотности сложения срединного горизонта EL2 до 1.92 г/см^3 , что вероятно обусловлено продавливанием почвенной массы. Для почвы участка 10Р установлено увеличение плотности сложения турбированного горизонта (1.67 г/см^3), близкое к значениям верхнего элювиального горизонта почвы волока с тремя проходами. Нижние минеральные горизонты характеризуются менее плотным сложением (1.63 г/см^3).

В результате проведенных исследований не выявлено достоверно значимых отличий в плотности сложения верхних горизонтов почв волоков в зависимости от числа проходов колесной техники (рис. 8). Однако следует отметить тенденцию к уменьшению плотности на волоках с десятью проходами, что, вероятно, связано с разрыхлением и перемешиванием генетических горизонтов.

Изменение физико-химических свойств почв

Почва исходного участка (ИЛ) развита на легких/средних суглинках (табл. 29). Сумма частиц физической глины варьирует от 19 до 31% . Выявлено утяжеление гранулометрического состава в нижних минеральных горизонтах, что отчетливо проявляется по содержанию илистой фракции. Доля фракции ила в верхних горизонтах $8-9\%$, нижние горизонты характеризуются значительным

увеличением ее содержания до 23%, коэффициент дифференциации по илу составляет 2.7.



Условные обозначения: ИЛ – исходная почва; П – пасечный участок после рубки; 3П – волок с тремя проходами техники; 10П – волок с десятью проходами техники; 10Р – волоке с десятью проходами и последующим выравниванием.

Рис. 28. Плотность сложения генетических горизонтов исследованных почв в опорных разрезах. Планками погрешности показано значение среднеквадратичного отклонения (n=5).

Физико-химические свойства рассмотренной почвы соответствуют типичным почвам региона (Подзолистые..., 1981). Почва участка ИЛ слабокислая, значения pH_{H_2O} варьируют от 4.3 до 6.1 (табл. 30). Наиболее кислой является подстилка, в минеральных горизонтах значения pH приближаются к нейтральным значениям. Распределение углерода и азота в профиле почвы регрессивно аккумулятивное с наибольшим содержанием в подстилках (34.4–44.5%) и минимальными концентрациями в минеральных горизонтах (0.1–0.45%). Органическое вещество подстилок характеризуется широким C/N отношением – от 29 до 37. Содержание фосфора в почве исходного участка варьирует от 100 до 1500 мг/кг. Максимальные концентрации выявлены в верхних подгоризонтах подстилки O(F) и O(F+N). Минеральные горизонты содержат фос-

фора в 6–18 раз меньше. Минимальное содержание фосфора выявлено в элювиальных горизонтах, что характерно для подзолистых почв.

Профильное распределение дитионито- и оксалаторастворимых форм железа и алюминия (Al_{ox}) в минеральных горизонтах имеет элювиально-иллювиальный характер. Наблюдается вынос различных форм железа и алюминия из верхних минеральных горизонтов, их аккумуляция в срединной части профиля с последующим уменьшением в нижних минеральных горизонтах.

Характер накопления оксалаторастворимых форм железа в некоторой степени отражает степень гидроморфизма почвы. Считается, что значения коэффициента Швертамана (Кш) позволяют получить количественное выражение степени гидроморфизма почв (Караваева, 1982; Водяницкий и др., 2007; Аветов и др., 2014). Значения Кш варьируют от 0.4 до 0.6. Высокие показатели коэффициента Швертамана выявлены в горизонтах ЕL и ВЕL, где происходит застой влаги (Кш=0.6). Повышенная гидроморфность почв обусловлена отсутствием латерального стока.

Для почвы пасечного участка (П) выявлено уменьшение содержания дитиониторастворимого железа в элювиальных горизонтах по сравнению с исходной почвой. Наблюдается вынос оксалаторастворимых форм. Это приводит к увеличению значения коэффициента Швертамана, что, вероятно, связано с увеличением влажности почвы пасечного участка после рубки. Содержание алюминия в верхней части иллювиального горизонта уменьшается в три раза, при двукратном возрастании на глубине 20–45 см.

Таблица 29

Гранулометрический состав почв

Участок	Горизонт	Глубина, см	Содержание фракции, %; размер фракции, мм									
			песок		пыль			ил		сумма частиц		
			крупный + средний 1-0,25	мелкий 0,25-0,05	крупная 0,05-0,01	средняя 0,01-0,005	мелкая 0,005-0,001	<0,001	>0,01 мм	<0,01 мм		
ИЛ	EL1	5-20	35	30	16	5	5	9	81	19		
	EL2	20-45	19	31	22	7	12	9	72	28		
	BEL	45-65	31	35	14	1	11	8	80	20		
	BT1	65-85	20	38	15	0	5	22	73	27		
	BT2	85-110	16	38	15	1	7	23	69	31		
	EL1	15-15	49	19	18	5	2	7	86	14		
ЗП	EL2	15-25	20	29	23	6	13	9	72	28		
	BEL	25-35	14	32	21	5	13	15	67	33		
	BT	35-50	10	30	16	6	11	27	56	44		
	TURcwd	0-15	31	29	18	6	7	9	78	22		
10П	EL	15-20	32	26	23	6	6	7	81	19		
	BEL	20-30	13	25	18	6	15	23	56	44		
	BT	30-50	13	23	19	8	11	28	54	46		
10Р	TUR	0-10	18	29	25	9	13	5	73	27		
	BEL	10-20	8	13	19	5	14	41	40	60		
	BT	20-50	8	17	18	6	13	40	42	58		

Таблица 30

Некоторые физико-химические свойства почв

Участок	Гори- зонг	Глубина, см	рН		С	N	C/N	Р (вал), мг/кг
			H ₂ O	KCl	%			
ИЛ	O(L)	0–1	5.3	5.0	42.9±1.5	1.73±0.19	29	1400±400
	O(F)	1–4	4.5	3.6	44.5±1.6	1.72±0.19	30	1500±500
	O(H)	4–5	4.3	3.5	34.4±1.2	1.10±0.12	36	1400±400
	EL1	5–20	5.0	3.9	0.45±0.10	0.037±0.011	14	100±30
	EL2	20–45	5.7	4.0	0.16±0.04	0.021±0.006	9	160±50
	BEL	45–65	5.8	4.1	0.21±0.05	0.023±0.007	11	180±50
	BT1	65–85	6.0	4.0	0.12±0.03	0.024±0.007	6	200±60
BT2	85–110	6.1	3.9	0.12±0.03	0.025±0.007	6	220±70	
II	O(L)	0–1	5.4	4.4	44.8±1.6	1.90±0.21	28	1900±600
	O(F)	1–4	4.6	3.6	44.4±1.6	1.60±0.18	32	1800±500
	O(H)	4–5	4.2	3.2	40.0±1.4	1.22±0.13	38	1700±500
	EL1	5–20	4.6	3.8	0.31±0.07	0.025±0.007	14	46±14
	EL2	20–40	5.0	4.2	0.54±0.12	0.033±0.010	19	130±40
	BEL	40–60	5.5	3.7	0.112±0.026	0.019±0.006	7	150±40
ЗП	O(L)	0–2	5.1	4.5	47.0±1.6	1.24±0.14	44	1200±400
	O(F+H)	2–5	4.4	3.4	42.5±1.5	1.25±0.14	40	1500±400
	EL1	5–15	4.7	3.8	0.65±0.15	0.049±0.010	15	160±50
	EL2	15–25	5.4	3.9	0.15±0.03	0.017±0.005	10	180±50
	BEL	25–35	5.7	3.6	0.14±0.03	0.019±0.006	9	190±60
	BT	35–50	5.8	3.7	0.16±0.04	0.023±0.007	8	240±70
10П	TURewd	0–15	4.7	3.6	2.2±0.3	0.112±0.022	23	220±70
	EL	15–20	5.3	3.9	0.27±0.06	0.026±0.008	12	150±40
	BEL	20–30	5.7	3.5	0.18±0.04	0.026±0.008	8	240±70
	BT	30–50	5.9	3.6	0.15±0.03	0.026±0.008	7	320±100
10Р	TUR	0–10	5.1	3.8	0.32±0.07	0.031±0.009	12	160±50
	BEL	10–20	5.5	3.4	0.25±0.06	0.038±0.011	8	250±70
	BT	20–50	5.7	3.4	0.17±0.04	0.035±0.010	6	330±100

Таблица 31

Содержание дитионито- и оксалаторастворимых форм соединений железа в почвах исследуемых участков

Уча- сток	Горизонт	Глубина, см	Fe ₂ O _{3d}	Fe ₂ O _{3ок}	Al ₂ O _{3ок}	Кш
			%			
ИЛ	EL1	5–20	0.54	0.23±0.01	0.15±0.04	0.4
	EL2	20–45	0.72	0.42±0.01	0.13±0.03	0.6
	BEL	45–65	0.82	0.51±0.01	0.15±0.04	0.6
	BT1	65–85	0.72	0.28±0.01	0.13±0.03	0.4
	BT2	85–110	0.80	0.29±0.01	0.15±0.04	0.4
II	EL1	5–20	0.05	0.0032±0.08	0.054±0.013	0.6
	EL2	20–40	0.12	0.066±0.016	0.272±0.06	0.5
	BEL	40–60	0.72	0.45±0.108	0.133±0.03	0.6
ЗП	EL1	5–15	0.33	0.28±0.07	0.15±0.03	0.8
	EL2	15–25	0.38	0.28±0.04	0.112±0.027	0.7
	BEL	25–35	0.80	0.37±0.09	0.14±0.03	0.5
	BT	35–50	1.01	0.35±0.08	0.16±0.04	0.3
10П	TURcwd	0–15	0.25	0.16±0.04	0.18±0.04	0.6
	EL	15–20	0.31	0.18±0.04	0.115±0.028	0.6
	BEL	20–30	1.02	0.46±0.07	0.193±0.046	0.5
	BT	30–50	1.15	0.34±0.06	0.15±0.036	0.3
10Р	TUR	0–10	0.59	0.35±0.08	0.141±0.034	0.6
	BEL	10–20	1.21	0.42±0.06	0.28±0.07	0.3
	BT	20–50	1.15	0.31±0.07	0.212±0.05	0.3

Примечание. Кш – коэффициент Швертмана (отношение оксалаторастворимых форм соединений железа к дитиониторастворимым).

Распределение углерода и азота имеет типичные закономерности: максимальные значения отмечены для органометных горизонтов (34.5–44.8% углерода, 1.11–1.90% азота), в минеральных их содержание снижается (0.112–0.82% углерода, 0.018–0.033% азота). По содержанию углерода и азота почва пасечного участка аналогична почве исходного участка. После рубки леса отмечено увеличение

содержания фосфора в органогенных горизонтах (1700–1900 мг/кг) почвы пасечного участка по сравнению с исходными значениями (1400–1500 мг/кг), минеральные горизонты почв участков ИЛ и П по этому показателю не отличаются (46–150 мг/кг).

Для почв волоков выявлены как близкие значения химических параметров, так и заметные отличия по сравнению с исходной почвой. Показатели кислотности в почвах волоков остались аналогичными исходной почве (табл. 30), значения pH_{H_2O} в почве волока с тремя проходами варьировали от 4.4 до 5.8 ед. pH, в почве волока с десятью проходами – от 4.7 до 5.9 ед. pH, в почве с выравниванием волока – 5.1–5.5 ед. pH. Наиболее кислыми являются органогенный подгоризонт O(F+N) (4.4 ед. pH) и верхний элювиальный горизонт (4.7) в почве участка ЗП. Отмечено увеличение кислотности верхнего турбированного горизонта TUR в почве волока с десятью проходами (10П) до 4.7 ед. pH, что, вероятно, связано с увеличением на ее поверхности количества ветвей, хвои и порубочных остатков.

Анализ гранулометрического состава (табл. 29) выявил некоторое увеличение содержания фракций крупной и средней пыли в минеральных горизонтах почв волоков по сравнению с исходной почвой. Содержание крупной пыли составляет 17–30%, средней – 2–10%, что в 1.1–1.6 раз больше, чем на исходном участке. В срединных и нижних минеральных горизонтах почв волоков выявлено увеличение илистой фракции в 1.2–5.0 раз. Содержание илистой фракции в почве ЗП варьирует от 13 до 44%, в почве 10П – от 19 до 46%. Максимальное содержание и увеличение илистой фракции по сравнению с фоновой почвой выявлено для участка 10Р – от 27 до 60%. Распределение фракции физической глины (<0.01 мм) имеет равномерно-элювиальный тип с увеличением ее содержания в нижних минеральных горизонтах. Вероятно, колесная техника путем продавливания и турбирования способствует миграции илстых частиц вниз по профилю почв. Удаление подстилки и, в некоторых случаях, элювиальных и субэлювиальных горизонтов, вскрывает более тяжелые нижележащие породы. Основными факторами некоторого утяжеления гранулометрического состава почв волоков могут быть: (а) пространственная неоднородность почвообразующих пород; (б) выход на дневную поверхность более тяжелых по гранулометрическому составу отложений благодаря смещению верхних минеральных горизонтов.

Содержание углерода и азота в почвах волоков также характеризуется изменениями, проявляющимися в их увеличении

в верхних минеральных горизонтах. В почве ЗП содержание углерода и азота максимально близко к исходным значениям благодаря меньшей техногенной нагрузке: в органогенном горизонте – 42.5–47.0% углерода и 1.24–1.25% азота, в минеральных горизонтах – 0.14–0.65%, азота – 0.017–0.049%. В турбированных горизонтах TUR почв 10П и 10Р содержание углерода варьировало от 0.32 до 2.2%, азота – от 0.031 до 0.112%, в нижних минеральных горизонтах содержание С и N близко к почвам исходного участка. Максимальное содержание углерода (2.2%) и азота (0.112) было отмечено в почве волока с десятью проходами 10П, что обусловлено перемешиванием подстилок с верхними минеральными горизонтами, тем самым увеличением количества органики в минеральных горизонтах.

Распределение железа и алюминия в основном носит элювиально-иллювиальный характер с выносом из элювиальных и турбированных горизонтов и аккумуляцией в срединной части почвенного профиля с последующим уменьшением их содержания в текстурных горизонтах. Содержание дитиониторастворимого железа в почвах волоков несколько выше, чем в почве участка ИЛ, оно варьирует от 0.33 до 1.21%. Содержание оксалаторстворимых форм железа характеризуется близкими значениями к исходной почве (0.16–0.53%). Вероятно, увеличение их содержания связано с изменениями в водном режиме почв исследованных участков. Установлено, что почвы волоков более влажные ($K_{ш}=0.3-0.8$) по сравнению с исходной почвой до рубки леса ($K_{ш}=0.3-0.6$). Максимальные значения характерны для верхних элювиальных и турбированных горизонтов, с глубиной степень влажности снижается. Содержание оксалаторстворимого алюминия слабо дифференцировано по профилю почв волоков.

Распределение валового фосфора в профиле физически нарушенных почв имеет аккумулятивный характер с увеличением содержания в нижних минеральных горизонтах, что соотносится с параметрами исходных почв. Содержание фосфора в подстилке почвы ЗП аналогичны значениям исходной почвы до рубки (1000–1200 мг/кг). Основные отличия касаются минеральных горизонтов. Для всех почв волоков характерно общее возрастание фосфора в минеральных горизонтах по сравнению с исходной почвой. Для почвы волока с тремя проходами его содержание варьировало от 160 до 220 мг/кг, для почвы 10П – от 150 до 320 мг/кг, почвы 10Р – от 160 до 330 мг/кг. Важной особенностью почв волоков

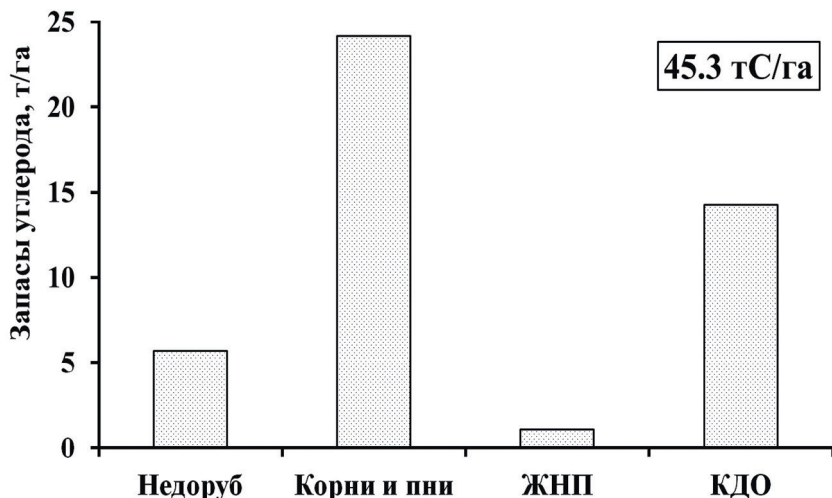
является увеличение содержания фосфора в верхних элювиальных и турбированных горизонтах до 160–220 мг/кг, для сравнения в исходной почве содержание фосфора 100 мг/кг.

Запасы углерода в надземных пулах территории вырубки ельника чернично-зеленомошного

Сплошные рубки ведут к коренной трансформации запасов биомассы в лесных экосистемах (рис. 29). Так, запасы углерода в древостое ельника чернично-зеленомошного до рубки составляли около 99 т/га, из которых 67% составляли стволы деревьев. Тонкомерные деревья ели, березы и сосны, оставленные на вырубке, концентрируют 5.7 ± 1.5 т/га, в том числе 3.9 ± 1.1 тС/га в стволах. Значительным пулом органического вещества пострубочного сообщества являются корни деревьев (18 тС/га) и пни (6.2 тС/га). В вершинах и кронах деревьев (листва/хвоя + ветви), лежащих на вырубке, сосредоточено около 17 тС/га. Следовательно, в процессе рубки со стволами деревьев вынесено чуть более 50 тС/га, что составляет 53% от исходных запасов.

Растения напочвенного покрова одними из первых реагируют на изменение среды обитания после сплошной рубки. Однако, в первый год после рубки достоверных различий в их надземной биомассе не выявлено ($p_t = 0.197$), несмотря на увеличение средних запасов на пасеках в 1.4 раза – от 0.78 до 1.11 тС/га. В первую очередь отмечены структурные изменения во вкладе отдельных компонентов в общие запасы, обусловленные активным зарастанием вырубки травянистыми растениями. В результате биомасса трав увеличивается в 5 раз – от 0.10 до 0.50 тС/га ($p = 0.001$), формируя 48% от массы напочвенного покрова на пасеках вырубки. Это ведет к снижению доли кустарничков, хотя их масса достоверно не изменяется.

Существенную роль в надземных запасах органического вещества выполняют крупные древесные остатки (КДО), представленные как новообразованными элементами (вершины деревьев, порубочные остатки, усохшие и вываленные ветровальные деревья), так и унаследованным от материнского насаждения (валеж, сухостой, пни). В КДО на вырубке ельника чернично-зеленомошного сосредоточено 14.3 т/га, большая часть которых 77% сформирована порубочными остатками.



Условные обозначения: Недоруб – оставленные на лесосеке деревья; Корни и пни – корни и пни срубленных деревьев; ЖНП – живой напочвенный покров; КДО – крупные древесные (в т.ч. порубочные) остатки.

Рис. 29. Запасы углерода в отдельных компонентах на вырубке ельника чернично-зеленомошного, т/га. В рамке приведено общее количество.

Влияние сплошной рубки и количества проходов лесозаготовительной техники на эмиссию CO_2 с поверхности почвы

Оценка отклика потоков углерода на сплошные рубки необходима для понимания роли лесозаготовок в углеродном цикле. Сопоставление фонового и пасечных участков показало, что в результате сплошной рубки вынос углерода с эмиссией CO_2 снизился 1.8 раза ($p=0.000$) – от 694 до 386 гСм^{-2} (рис. 30). Это может быть обусловлено прекращением жизнедеятельности корней древесных растений и ассоциированных с ними микроорганизмов. Так, в ельниках Канады доля дыхания корней варьирует от 50 до 74% (Vogel et al., 2005). Эти величины вполне согласуются с

полученной нами разницей между дыханием фонового ельника и пасечных участков сплошной вырубki. Различия (в 1.6 раза) в эмиссии CO_2 исходного насаждения (данные 2020 г.) и фонового участка (данные 2021 г.) во многом обусловлены погодными условиями. В 2020 г. отмечена более низкая среднемесячная температура воздуха и относительно равномерное выпадение осадков по декадам в летние месяцы, в результате чего иссушения верхних горизонтов почвы не наблюдалось в отличие от 2021 г., характеризовавшегося жаркой погодой с недобором осадков.

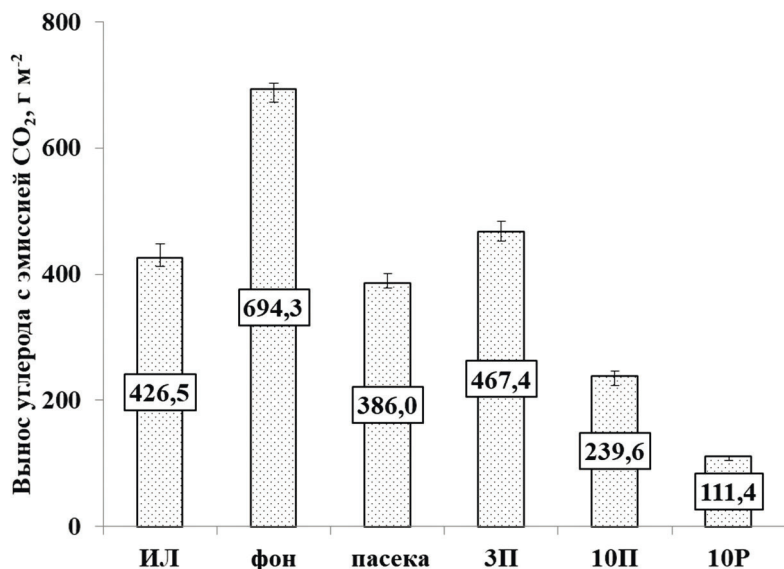


Рис. 30. Расчет выноса углерода с эмиссией CO_2 с поверхности почвы ельника чернично-зеленомошного и технологических элементов его вырубki. Планки погрешностей – стандартное отклонение. ИЛ – исходное насаждение ельника чернично-зеленомошного, где исследования проведены до рубки в 2020 г.

Количество проходов лесозаготовительной техники и рекультивация оказывают существенное влияние на вынос углерода с эмиссией CO_2 с поверхности почв волоков. Так, более высокие его значения отмечены для волоков с тремя проходами (3П), тогда как на волоках с десятью проходами (10П) этот показатель ниже в 2 раза ($p=0.000$), на волоках после рекультива-

ции (10P) – в 4.2 раза ($p=0.000$). Потери углерода с дыханием почвы на 10П в 2.2 раза превышают аналогичные значения для 10P ($p=0.002$). Минимальные значения для участка 10P связаны с полным отсутствием лесной подстилки и лесовозобновления на них. Меньшее переуплотнение, частично сохранившаяся лесная подстилка и начавшийся возобновительный процесс являются причиной относительно высокого выноса углерода с эмиссией диоксида углерода с поверхности участка 3П.

Заключение

Таким образом, в ходе полевого эксперимента были смоделированы условия с различным числом прохода форвардера, а также мероприятия, связанные с выравниванием волоков. Выявлено, что число проходов форвардера является определяющим фактором трансформации почв и растительного покрова. При одинаковых условиях и нагрузке форвардера, колеи с разной степенью нарушения (три и десять проездов форвардера) существенно отличаются между собой по степени трансформации почв. На волоках с тремя проходами наблюдается формирование колеи глубиной 11 ± 3 см, в то время как при десяти проходах, глубина колеи может достигать до 66 см, со средними значениями 27 ± 4 см. При меньшей техногенной нагрузке в растительных сообществах фиксировали большее число видов мхов и сосудистых растений, более быстрое восстановление проективного покрытия нижних ярусов. Выравнивание территорий волоков с десятью проходами приводит к полному уничтожению растительного покрова и наибольшей трансформации естественного сложения верхних горизонтов почв на большей площади. Выявлено статистически значимое увеличение плотности верхнего минерального горизонта в почве волока с тремя проходами. Для почвы волока с десятью проходами показано уменьшение плотности сложения в верхнем минеральном турбированном горизонте из-за его перемешивания и разрыхления колесной техникой. Но при этом наблюдается увеличение плотности в нижележащем срединном минеральном горизонте, сохранившем естественное морфологическое сложение.

Верхние горизонты почвы волока, на котором провели выравнивание поверхности с использованием экскаватора, характеризуются статистически значимым возрастанием плотности

по сравнению с исходной почвой. На выравненных волоках, отсутствуют порубочные остатки. Следовательно, гипотетически, можно предположить, что в последующие годы, формирование растительных сообществ на данных участках пойдёт быстрее, чем на других техногенных элементах вырубки. Дальнейшее восстановление и изменение рассматриваемых компонентов экосистем будет происходить, по всей видимости, с разной скоростью.

Значительная часть массы надземного растительного органического вещества сосредоточена в мортмассе, которую следует рассматривать как пул углерода и элементов минерального питания для последующего лесовосстановления, а ее разложение – как длительный процесс постепенного возврата в атмосферу накопленного в мортмассе диоксида углерода.

При исследовании углеродного цикла сообществ, формирующихся после сплошных рубок, необходимо учитывать роль отдельных технологических элементов вырубок. Это особенно актуально при сортиментной заготовке древесины с использованием современной техники, при использовании которой площадь волоков достигает 20–25% от размера лесосеки. Представленные объекты могут быть использованы для дальнейшего мониторинга успешности лесовозобновления в зависимости от проводимых лесохозяйственных мероприятий.

Демонстрационный объект № 3

ВЛИЯНИЕ БЕГЛОГО НИЗОВОГО ПОЖАРА НА СОСТАВ ПОЧВЕННОГО ОРГАНИЧЕСКОГО ВЕЩЕСТВА³

В качестве демонстрационного объекта подобран сосняк лишайниковый, пройденный беглым низовым пожаром в июле 2021 г. (рис. 31). На данном объекте демонстрируется влияние пожаров на верхние горизонты почв в первые месяцы после беглого низового пожара, вызванного непотушенным костром. После пожара отмечено некоторое возрастание углерода в органогенном (пирогенном горизонте) (табл. 32). В верхнем горизонте выявлено значительное возрастание углерода бензолполикарбоновых кислот

³ Работа выполнена при финансовой поддержке проекта РФФИ № 19-29-05111 мк.

(БПКК), являющихся маркерами при оценке углерода пирогенного происхождения (Glaser et al., 1998; Guggenberger et al., 2008; Dymov et al., 2020) (табл. 33). По полученным данным, в исследуемой почве суммарное содержание БПКК в органогенном горизонте до и после пожара изменяется от 0.57% до 8.33% от массы, а содержание БПКК в минеральном горизонте – от 0.07% до 0.11% соответственно.



Рис. 31. Общий вид границы беглого низового пожара в сосняке лишайником (пожар 2021 г.).

В пересчете на углерод, содержащийся в молекулах кислот, для органогенного горизонта до и после пожара изменения составили от 0.26% до 3.76%, для минерального – от 0.03% до 0.04%. Наибольшее содержание пирогенного углерода выявлено в образцах, подверженных пиролизу непосредственно во время низового пожара. Анализ лизиметрических вод позволил вывить значительное возрастание ПАУ (табл. 34) и «залповый» постпирогенный вынос органического вещества.

Таблица 32

**Содержание углерода и азота в верхних горизонтах
подзолов иллювиально-железистых**

Участок	Горизонт	Повторность	С, %		N, %		C/N
			ω	$\pm\Delta$	ω	$\pm\Delta$	
Фоновый участок	O(исх)	1	44.5	1.6	0.68	0.07	76
		2	44.1	1.5	0.70	0.08	74
		3	38.3	1.3	0.73	0.08	61
	E(исх)	1	1.5	0.4	0.056	0.011	31
		2	1.7	0.4	0.043	0.009	46
		3	0.72	0.17	0.021	0.006	40
После воздей- ствия пожара	Qруг	1	59.2	2.1	1.48	0.16	47
		2	60.6	2.1	1.35	0.15	52
		3	53.6	1.9	1.33	0.15	47
	Eруг	1	2.1	0.3	0.064	0.013	38
		2	2.1	0.3	0.063	0.013	39
		3	1.22	0.28	0.021	0.006	68

Значительный вынос органического углерода и азота наблюдается в первые же месяцы после пожара. При этом в первые десять дней после пожара выносятся около 75% всего органического углерода, учтенного в лизиметрических водах за период наблюдения (табл. 35). Из сгоревшей подстилки вымывается 4.0 г/м² углерода, за последующие два месяца – 1.3 г/м² (табл. 36). Состав лизиметрических вод первых десяти дней после пожара, характеризуется высокими концентрациями ПАУ. За первый месяц с лизиметрическими водами выносятся 15 мкг/м² ПАУ, среди которых доминируют двух и трехядерные соединения: фенантрен, нафталин, флуорентен и аценафтен.

Таблица 33

Содержание бензолполикарбонных кислот (БПКК) в верхних горизонтах иллювиально-железистых подзолов (% , нас.)

Горизонт	Глубина, см	Бк3*			Бк4			Бк5	Бк6	Сумма, %
		I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	
		%								
Qруг	0–1	0.22	0.61	0.00	0.64	0.59	0.92	3.17	2.18	8.33
O(исх)	0–1	0.01	0.11	0.00	0.05	0.04	0.06	0.18	0.11	0.57
Еруг	1–3	0.01	0.00	0.01	0.01	0.01	0.01	0.02	0.02	0.11
Е(исх)	1–3	0.03	0.01	0.00	0.01	0.01	0.01	0.02	0.02	0.07

Примечание. Бк – бензолполикарбонная кислота; *цифрой указано число карбоксильных групп в составе БПКК; Даны тривиальные названия (химическое название): I – гемимеллитовая (бензол-1,2,3-трикарбонная кислота); II – тримеллитовая (бензол-1,2,4-трикарбонная кислота); III – тримезиновая (1,3,5-бензолтрикарбонная кислота); IV – пиромеллитовая (1,2,4,5-бензолтетракарбонная кислота); V – меллофаниковая (1,2,3,5-бензолтетракарбонная кислота); VI – пренитовая (1,2,3,4-бензолтетракарбонная кислота); VII – 1,2,3,4,5-бензолпентакарбонная кислота; VIII – меллитовая (бензол-1,2,3,4,5,6-гексакарбонная кислота) кислоты.

Таблица 34
Содержание ПАУ в составе лизиметрических вод и их вынос после пожара.

Период отбора	2-ядерные		3-ядерные		4-ядерные			5-ядерные				6-ядерные		Σ ПАУ		
	НАФТ	АЦЕ	ФЛУ	ФЕН	АНТ	ФЛА	ПИР	ВАНТ	ХРИ	Вь	ФЛА	Вк ФЛА	Ва ПИР		ДВа АНТ	Вгн ПЕР
0-10 дней	93.8	38.3	121.3	215.4	19.3	12.3	19.0	1.8	4.1	-	0.8	1.3	-	-	-	527.5
10-35 дней	54.0	45.7	38.4	71.0	5.8	14.6	23.4	46.7	6.3	56.9	19.9	23.4	4.9	5.8	-	416.9
Вынос (с учетом воды в лизиметре), мкг/м ²																
0-10 дней	2.05	0.84	2.65	4.71	0.42	0.27	0.42	0.04	0.09	0.00	0.02	0.03	-	-	-	11.53
10-35 дней	0.46	0.39	0.32	0.60	0.05	0.12	0.20	0.39	0.05	0.48	0.17	0.20	0.04	0.05	-	3.51
Итого за 35 дней																
15.04																

Примечание. НАФТ – нафталин, АЦЕ – аценафтен, ФЛУ – флуорен, ФЕН – фенантрен, АНТ – антрацен, ФЛА – флуорантен, ПИР – пирен, ВАНТ – бенз[а]антрацен, ХРИ – хризен, ВвФЛА – бенз[б]флуорантен, ВкФЛА – бенз[к]флуорантен, ВаПИР – бенз[а]пирен, ДВаАНТ – дибенз[а,п]антрацен, ВгнПЕР – бенз[gh]перилен, ИПИР – индено[1,2,3-сd]пирен. Прочерк - не обнаружено.

Таблица 35

**рН, электропроводность, содержание углерода и азота
в лизиметрических водах**

Дата отбора (дней после пожара)	рН	Эп*,	ТОС	ТС	IC	TN
		μS/cm				
10 дней (0-10 дней)	5.8	72.6	181.5	186	4.5	2.5
35 дней (11-35 день)	5.0	48.9	64	67	3.1	2.8
68 дней (36 -68 день)	5.7	22.3	31	32	0.85	1.28

Примечание. * Эп – электропроводность, ТОС – органический углерод, ТС – общий углерод, IC – неорганический углерод, TN – общий азот.

Таблица 36

Вынос углерода и азота в первые месяцы после пожара

Число дней, прошедших после пожара	ТОС	ТС	IC	TN
	г/м ²			
10 дней (0-10)	4.0	4.1	0.1	0.054
35 дней (10-35)	0.5	0.6	0.0	0.024
68 дней (36-68)	0.8	0.8	0.0	0.033
Сумма за 68 дней	5.3	5.5	0.1	0.110

Демонстрационный объект № 4

РЕКОНСТРУКЦИЯ ДИНАМИКИ ПОЖАРОВ В СРЕДНЕЙ ТАЙГЕ В ГОЛОЦЕНЕ НА ПРИМЕРЕ БОЛОТА ЯЗЕЛЬ (РЕСПУБЛИКА КОМИ, РОССИЯ)⁴

Торфяные олиготрофные почвы (почвы верховых болот) являются не только хранилищем углерода, но и уникальными архивами, сохраняющими информацию об экологических изменениях, что позволяет использовать торфяные залежи болотных экосистем для изучения истории прошедших пожаров. В настоящее время особую актуальность приобретают исследования, связанные с изучением послепожарных углистых включений, как стабильных форм углерода в торфяных почвах.

Цель данной работы заключалась в сравнении данных о содержании макроскопических частиц угля в торфяных олиготрофных почвах на примере одного болотного массива.

Объект исследования расположен в средней тайге на Северо-Востоке Европейской части России (Республика Коми, болото Язель) (рис. 32). Информация о пожарах была получена на основании результатов исследования содержания макроскопических частиц (макрочастиц) угля в образцах торфа и их радиоуглеродному датированию. Для этого на болотном массиве площадью ~660 га было отобрано три колонки торфа – в центральной, западной и восточной частях болотного массива.

На основании полученных данных реконструирована динамика пожаров, следы которых сохранились в торфяной залежи исследуемого болотного массива Колонка, отобранная в западной части (мощность торфа 148 см), датируется возрастом 6206 ± 180 кал. л. Колонка торфа из восточной части болота (мощность 204 см), датируется возрастом 4521 ± 150 кал. л. Колонка, отобранная в центральной части болотного массива (мощность 306 см), имеет возраст 9481 ± 150 кал. л. По сравнению с колонкой торфа из центральной части, две другие (западная и восточная) содержат

⁴ Работа выполнена при финансовой поддержке проекта РФФИ № 19-29-05111 мк.

усеченную информацию о генезисе и развитии исследуемого торфяного массива, но они дополняют информацию о близких к современному этапам голоцена. Колонка из центральной части болотного массива содержит наиболее полную и достоверную информацию о генезисе и развитии болота, что позволило получить более точную информацию о пройденных пожарах. Информация о динамике пожаров, полученная при анализе торфа из центральной части болота, продемонстрирована на рисунке 33.



Рис. 32. Общий вид ландшафта на болоте Язель.

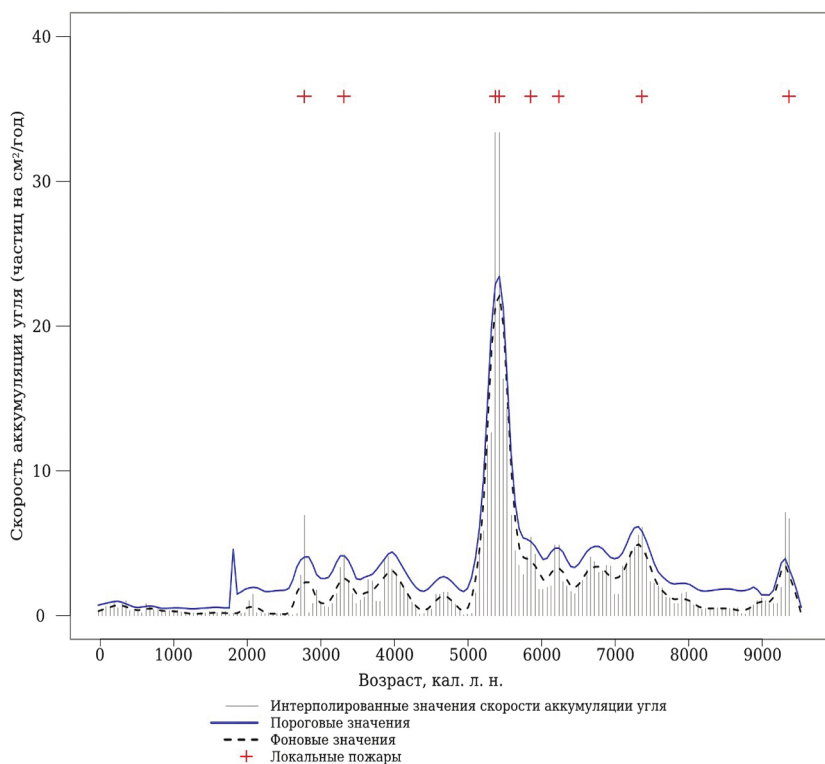


Рис. 33. Содержание макроскопических частиц угля в исследуемых торфяных почвах.

Анализ макрочастиц угля показал, что болото и близлежащие территории неоднократно подвергались пожарам на протяжении всего голоцена. Отмечено резкое увеличение их концентрации в нижних горизонтах исследуемых торфяных почв (до 412 шт./см³). Максимум макрочастиц угля (1931 шт./см³) содержится на глубине 234 см, что соответствует возрасту в ~5430 кал. л. н. Данные о скорости аккумуляции макрочастиц угля свидетельствуют о высокой интенсивности пожаров в атлантический период (~5000–8000 кал. л. н.) голоцена. Не исключено, что пожары являлись фактором, приведшим к заблачиванию территорий в этот период.

В бореальном периоде (~8000–9500 кал. л. н.) также выявлена высокая скорость аккумуляции макрочастиц угля. В оптимуме голоцена (бореальный и атлантический периоды), когда показатели температуры превышали современные (Голубева, 2008), отмечено наибольшее количество локальных пожаров (6 шт.). В сравнении с оптимумом голоцена суббореальный (~2500–5000 кал. л. н.) и субатлантический (~2500 кал. л. н. по настоящее время) периоды характеризуются меньшей частотой пожаров и только двумя пожарами локального уровня. Полученные нами результаты совпадают с данными о пожарах для средней тайги Республики Коми (Горбач и др., 2021), которые, вероятно, оказывают влияние на состав органического вещества торфов (Dumov et. al., 2022).

Литература к разделу

Аветов, Н. А. Диагностика гидроморфизма в почвах автономных позиций Северо-Сосьвинской возвышенности (Западная Сибирь) / Н. А. Аветов, Е. О. Сопова, Ю. А. Головлева и др. // Почвоведение. – 2014. – № 11. – С. 1283–1292. DOI: 10.7868/S0032180X14110021.

Атлас почв Республики Коми / И. В. Забоева, А. И. Таскаев, Г. В. Добровольский, В. А. Безносиков, Г. Я. Елькина, Д. А. Каверин, Е. Д. Лодыгин, Н. Г. Оберман, Е. М. Лаптева, Г. В. Русанова, Е. Д. Никитин, И. Б. Арчегова, Е. В. Жангуров, А. Н. Панюков, А. В. Пастухов, И. А. Лиханова, Г. А. Симонов, Г. Г. Мажитова, Г. М. Втюрин, В. Г. Казаков, В. В. Елсаков, Л. Н. Рыбин, В. В. Мокиев, Б. М. Кондратенко ; ред. Г. В. Добровольский, А. И. Таскаев, И. В. Забоева. – Сыктывкар : ООО Коми республиканская типография, 2010. – 356 с.

Атлас Республики Коми по климату и гидрологии / ред. А. И. Таскаев. – М.: Дрофа: Дик, 1997. – 115 с.

Богатырев, Л. Г. О некоторых теоретических аспектах исследования лесных подстилок / Л. Г. Богатырев, В. В. Демин, Г. В. Матышак, В. А. Сапожникова // Лесоведение. – 2004. – № 4. – С. 17–29.

Вадюнина, А. Ф. Методы исследования физических свойств почв / А. Ф. Вадюнина, З. А. Корчагина. – М.: Агропромиздат, 1986. – 416 с.

Водяницкий, Ю. Н. Минералы железа в красноцветных почвах Предуралья / Ю. Н. Водяницкий, А. А. Васильев, В. Ю. Гилев // Почвоведение. – 2007. – № 4. – С. 475–486.

Голубева, Ю. В. Климат и растительность послеледниковья на территории Республики Коми / Ю. В. Голубева // Литосфера. – 2008. – №. 2. – С. 124–132.

Горбач, Н. М. Динамика пожаров на Северо-Востоке европейской части России в голоцене / Н. М. Горбач, И. Н. Кутявин, В. В. Старцев, А. А. Дымов // Теоретическая и прикладная экология. – 2021. – №. 3. – С. 104–110. DOI: 10.25750/1995-4301-2021-3-104-110.

Дымов, А. А. Влияние сплошных рубок в бореальных лесах России на почвы (обзор литературы) / А. А. Дымов // Почвоведение. – 2017. – № 7. – С. 787–798. DOI: 10.7868/S0032180X17070024.

Дымов, А. А. Сукцессии почв в бореальных лесах Республики Коми / А. А. Дымов. – М.: ГЕОС, 2020. – 336 с. DOI: 10.34756/GEOS.2020.10.37828.

Дымов, А. А. Изменения почв и растительности при разном числе проездов колесной лесозаготовительной техники (средняя тайга, Республика Коми) / А. А. Дымов, В. В. Старцев, Н. М. Горбач, Д. А. Севергина, И. Н. Кутявин, А. Ф. Осипов, Ю. А. Дубровский // Почвоведение. – 2022. – № 11. С. 1–16. DOI: 10.31857/S0032180X22110028.

Ипатов, В. С. Описание фитоценоза: методические рекомендации. Учебно-методическое пособие / В. С. Ипатов, Д. М. Мирин. – СПб, 2008. – 71 с.

Караваева, Н. А. Заболачивание и эволюция почв / Н. А. Караваева. – М.: Наука, 1982. – 296 с.

Крышень, А. М. Растительные сообщества вырубок Карелии / А. М. Крышень. – М.: Наука, 2006. – 262 с.

Лесотаксационный справочник по северо-востоку европейской части Российской Федерации: нормативные материалы для Ненецкого автономного округа, Архангельской, Вологодской областей и Республики Коми / сост. Г.С. Войнов. – Архангельск: Северный научно-исследовательский институт лесного хозяйства, 2012. – 672 с.

Лиханова, И. А. Динамика растительности после сплошнолесосечных рубок ельников черничных (среднетаежная

подзона европейского северо-востока России) / И. А. Лиханова, Е. М. Перминова, Г. С. Шушпанникова, Г. В. Железнова, Т. Н. Пыстина, Ю. В. Холопов // Растительность России. – 2021. – № 40. – С. 108–136. DOI: 10.31111/vegrus/2021.40.108.

Подзолистые почвы центральной и восточной частей европейской территории СССР (на песчаных почвообразующих породах) / отв. ред. А. А. Роде, Н. А. Ногина, И. В. Забоева. – Л.: Наука, 1981. – 200 с.

Полевой определитель почв России. – М.: Почвенный ин-т В. В. Докучаева, 2008. – 182 с.

Уланова, Н. Г. Восстановительная динамика растительности сплошных вырубок и массовых ветровалов в ельниках Южной тайги (на примере европейской части России): специальность 03.00.05: автореф. дис. ...д-ра биол. н. / Н. Г. Уланова. – Москва, 2006. – 46 с.

Dymov, A. A. Soils and soil organic matter transformations during the two years after a low-intensity surface fire (Subpolar Ural, Russia) / A. A. Dymov, V. V. Startsev, E. Y. Milanovsky, I. A. Valdes-Korovkin, Y. R. Farkhodov, A. V. Yudina, O. Donnerhack, G. Guggenberger // Geoderma. – 2021. – Vol. 404. – 115278. DOI: 10.1016/j.geoderma.2021.115278.

Dymov, A. A. Holocene and recent fires influence on soil organic matter, microbiological and physico-chemical properties of peats in the European North-East of Russia / A. A. Dymov, N. M. Gorbach, N. N. Goncharova, L. V. Karpenko, D. N. Gabov, I. N. Kutuyavin, V. V. Startsev, A. S. Mazur, I. D. Grodnitskaya // Catena. – 2022. – Vol. 217. – 106449. DOI: 10.1016/j.catena.2022.106449.

Furyaev, V. V. Effects of Fire and Climate on Succession and structural changes in the Siberian Boreal Forest / V. V. Furyaev, E. A. Vaganov, N. M. Tchebakova, E. N. Valendik // Journal of Eurasian Research. – 2001. – N 2. – P. 1–15.

Glaser, B. Black carbon in soil: the use of benzenecarboxylic acids as specific markers / B. Glaser, L. Haumaier, G. Guggenberger, W. Zech // Geochem. – 1998. – V. 29. – N 4. – P. 811–819. DOI: 10.1016/S0146-6380(98)00194-6.

Guggenberger, G. Storage and mobility of black carbon in permafrost soils of the forest tundra ecotone in Northern Siberia / G. Guggenberger, A. Rodionov, O. Shibistova, M. Grabe, O. A. Kasansky, H. Fuchs, N. Mikheyeva, G. Zrazhevskaya, H. Flessa

// *Global Change Biol.* – 2008. – Vol. 14. – P. 1367–1381. DOI: 10.1111/j.1365-2486.2008.01568.x.

Oyama, M. *Revised Standard Soil Color Charts* / M. Oyama, H. Takehara / 2nd ed. – Ministry of Agriculture and Forestry: Tokyo, Japan, 1967.

Schepaschenko, D. Improved estimates of biomass expansion factors for Russian forests / D. Schepaschenko, E. Moltchanova, A. Shvidenko, V. Blyshchyk, E. Dmitriev, O. Martynenko, L. See, F. Kraxner // *Forests.* – 2018. – Vol. 9. – N 6. – P. 312. DOI: 10.3390/f9060312.

Vogel, J. G. Soil and root respiration in mature Alaskan black spruce forests that vary in soil organic matter decomposition rates / J. G. Vogel, D. W. Valentine, R. W. Ruess // *Canadian Journal of Forest Research.* – 2005. – Vol. 35. – P. 161–174. DOI: 10.1139/X04-159.

Woziwoda, B. Species diversity, biomass accumulation and carbon sequestration in the understorey of post-agricultural Scots pine forest / B. Woziwoda, A. Parzych, D. Kopeć // *Silva Fennica.* – 2014. – Vol. 48. – N 4. – 23 p. DOI: 10.14214/SF.1119.

Yu, Z. C. Northern peatland carbon stocks and dynamics: a review / Z. C. Yu // *Biogeosciences.* – 2012. – Vol. 9. – N 10. – P. 4071–4085. DOI: 10.5194/bgd-9-5073-2012.

МНОГОДНЕВНЫЕ НАУЧНЫЕ ПОЧВЕННЫЕ ЭКСКУРСИИ

Маршрут №1

ПОЧВЫ ВОРКУТИНСКОЙ ТУНДРЫ: ЗЕРКАЛО ПРИРОДНОГО И ИСТОРИЧЕСКОГО НАСЛЕДИЯ¹

ПРОГРАММА ЭКСКУРСИИ

14 августа 2022 г.

09:50 – 11:00 Отъезд участников экскурсии из г. Сыктывкара

15 августа 2022 г.

09:50 – 11:00 Приезд участников экскурсии в г. Воркута. Заселение в гостиницу «Воркута»

14:00 – 16:00 Обзорная экскурсия по городу Воркута

16 августа 2022 г.

9:00 Отъезд участников из гостиницы в тундру

9:30 – 10:45 Демонстрационный объект №1. Целинная тундровая почва водораздельного увала

10:45 – 12:00 Демонстрационный объект №2. Постагrogenная почва водораздельного увала

12:00 – 13:00 Обед участников экскурсии в полевых условиях

13:00 – 15:00 Демонстрационный объект №3. Постагrogenная почва надпойменной террасы

15.00 – 16.30 Демонстрационный объект №4. Целинная почва поймы

¹ Авторы: к.г.н. Д.А. Каверин, к.б.н. С.В. Денева, д.б.н. А.В. Пастухов, к.б.н. Панюков А.Н., В.А. Ковалева, к.б.н. Е.М. Лаптева

16.30 – 18.00	Демонстрационный объект №5. Постагrogenная почва поймы
19.30 – 22.00	Торжественный ужин

17 августа 2022 г.

9:00	Отъезд участников из гостиницы
9.00–12.00	Историко-культурная экскурсия по кольцевой автодороге
12.00–12.30	Обед участников экскурсии в полевых условиях
12.30–14.00	Демонстрационный объект №6. Почвообразование в условиях угледобычи почвогрунты шахтных терриконов
14.00–15.30	Завершение полевого тура. Возвращение участников экскурсии в город
16.00–21.00	Отъезд участников экскурсии из г. Воркута

Почвы, являясь одним из центральных звеньев экосистем, отражают происходящие климатические и ландшафтные изменения, одновременно влияя и на сами экосистемы. Субарктика европейского северо-востока России охватывает территорию со сложным тундрово-таежным геоэктоном, многие компоненты которого особо чувствительны к происходящим климатическим изменениям и антропогенным нарушениям. В настоящее время экосистемы региона испытывают влияние двух глобальных процессов: климатические изменения и воздействие промышленной инфраструктуры по добыче горючих полезных ископаемых (Гецен, 2011). В тундровой зоне региона наблюдается протаивание многолетнемерзлых пород и постепенное наступление крупнокустарниковой и лесной растительности на север (Елсаков, Кулюгина, 2014).

Почвы южных тундр европейского Северо-Востока относятся к мерзлотному и длительно сезоннопромерзающему типам профилей. Для них характерен промывной водный режим, высокая кислотность и ненасыщенность основаниями, фульвокислотный состав гумуса, ведущий почвообразовательный процесс – глеевый.

История г. Воркута (рис. 34) отсчитывается с начала 1930-х годов и неразрывно связана с ГУЛАГом. Воркутлаг был одним из

крупнейших лагерей в стране, максимальная численность заключенных, зафиксированная в 1951 году, составила 72 940 человек. Основная задача Воркутлага, существовавшего до конца 1950-х гг., – строительство и обслуживание угольных шахт. В разное время в Воркуте функционировало разное количество шахт. В 1945 г. в Воркуте действовали 10, в 1953 г. – 17, в 1990 г. – 13 угольных шахт. В настоящее время в городе функционируют четыре угольные шахты, один угольный разрез (добыча угля открытым способом) и две ТЭЦ. Максимальная численность населения наблюдалась в 1980-е годы (более 100 тыс. человек), на начало 2022 г. общее число жителей составило 51321 человек.



Рис. 34. Географическое положение г. Воркута.

Во второй половине XX века в связи с ростом населения Воркутинского промышленного района (крайний северо-восток Республики Коми) началось и сельскохозяйственное освоение массивов тундры (Арчегова, 2013). В условиях сурового субарктического климата и несплошного распространения многолетнемерзлых пород (ММП) были созданы многолетние сеяные луга как кормовой базы местного животноводства (Котелина и др., 1985). В конце 1990-х гг. в связи с изменением экономической системы страны совхозы ликвидировали, на сеяных лугах прекратили внесение удобрений и сенозаготовку. Однако в 2000-е гг. луга продолжали функционировать в качестве устойчивых постагрогенных экоси-

стем (Панюков, 2013; Ковалева и др., 2017). Во втором десятилетии XXI века отмечено активное внедрение на сеяные луга тундровой растительности. Активизация самовосстановительной сукцессии отчасти связана с продолжающимся потеплением климата в регионе, сопровождающимся экспансией крупнокустарниковой тундровой растительности и протаиванием ММП (Елсаков, 2013). В настоящее время в условиях постагрогенных экосистем функционируют постагрогенные почвы.

Материалы путеводителя получены в ходе исследований, проведенных сотрудниками отдела почвоведения Института биологии Коми НЦ УрО РАН. Объектами исследований выбраны почвы естественных и антропогенно-нарушенных экосистем южной тундры в окрестностях города Воркута (Республика Коми) (рис. 34, 35).

Физико-химические исследования почв проводили на базе отдела почвоведения, экоаналитической лаборатории и ЦКП «Хроматография» ИБ ФИЦ Коми НЦ УрО РАН согласно общепринятым методам химического анализа почв (Теория и практика..., 2006). Гранулометрический состав почв определяли методом Качинского, плотность почв в ненарушенном сложении (объемная масса) – в полевых условиях при описании опорных разрезов (в 3-кратной повторности) (Вадюнина, Корчагина, 1986). Определение рН водной, солевой вытяжек и гидrolитической кислотности выполняли потенциометрическим методом на иономере «Анион-4100» со стеклянным и проточным хлорсеребряным электродами (ГОСТ 26483-85); подвижные формы калия и фосфора определяли в 0.2 н HCl-вытяжке (по Кирсанову) с последующим пламенно-фотометрическим измерением содержания калия в вытяжках и колориметрически – фосфора (ГОСТ Р 54650-2011); содержание обменных кальция и магния – в аммонийно-ацетатной вытяжке с последующим пламенно-фотометрическим определением (Теория и практика..., 2006). Содержание общих углерода и азота в образцах почв определяли газохроматографическим методом на CNHS-анализаторе фирмы Carlo Erba в соответствии с аттестованной методикой количественного химического анализа (МВИ №88-17641-94-2009).

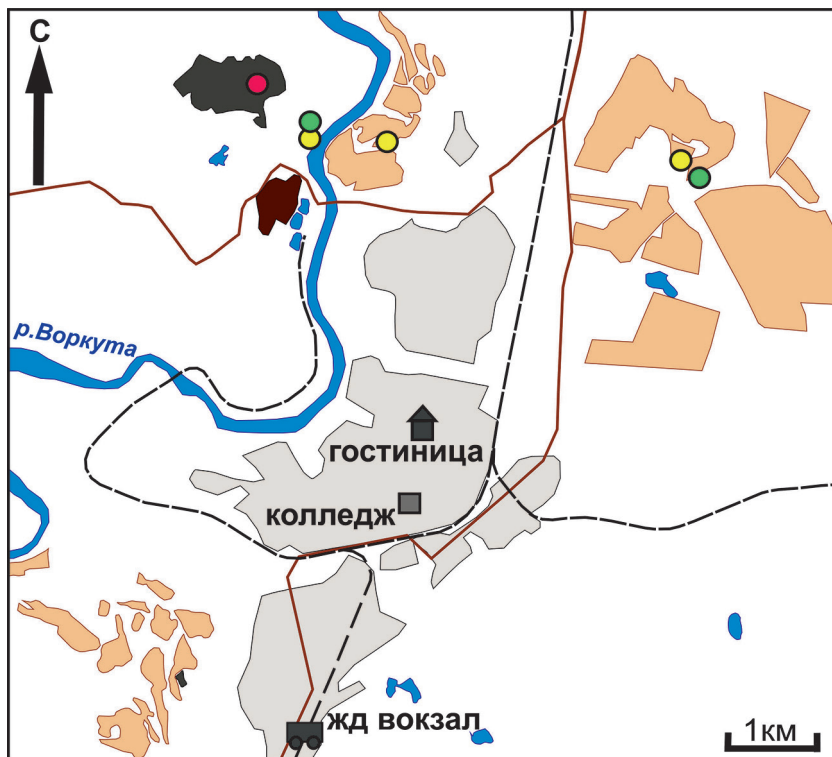


Рис. 35. Места проведения научной экскурсии в Воркутинском районе Республики Коми. Круглыми зелеными пунсонами показаны места заложения разрезов почв ненарушенных ландшафтов, желтыми – почв постагрогенных экосистем, красными – почвогрунты терриконов шахты Воркутинская. Светло-коричневой площадной заливкой обозначены постагрогенные экосистемы, светло-серой – городские кварталы.

Природные условия почвообразования

Геология и рельеф. Объекты научной экскурсии расположены на юго-востоке Большеземельской тундры. Участки исследований находятся в бассейне р. Воркута, ее среднем течении. Район экс-

курсии расположен в пределах Предуральяского краевого прогиба на границе со складчатым поясом Полярного Урала. Наиболее распространенными являются ледниковые отложения (Краснов, 1947). На водоразделах моренные отложения часто перекрыты пылеватыми покровными суглинками мощностью менее 5 м. Незначительную часть площади занимают песчаные отложения древнеаллювиальных террас, задровых равнин, а также торфяники мощностью от 0.4 до 3–4 м (Oberman, 2008). Территория представляет собой полого-увалистую равнину высотой 180–240 м над ур. м., осложненную рассеченными моренно-холмистыми участками (Карта..., 2010).

Климат. Воркутинский район находится в субарктическом климатическом поясе и характеризуется умеренно-континентальным, умеренно-холодным климатом (Атлас..., 1997). Климат формируется под воздействием преимущественно арктических воздушных масс в условиях малого количества солнечной радиации зимой и повышенного летом. Лето короткое и прохладное, зима многоснежная, продолжительная и морозная. Среднегодовая температура воздуха в районе исследований составляет минус 4.5 °С, средняя температура июля +13.5 °С, января – минус 19.7 °С. Среднегодовое количество осадков – 551 мм, из них около 65% выпадает в теплый период года. Зимой преобладают ветры юго-западного и южного направления, летом – северного. Средняя максимальная высота снежного покрова – 60 см.

За последние шесть десятилетий произошло изменение климатических показателей на фоне потепления (табл. 37). При этом повышение температуры воздуха зафиксировано как в летний, так и в зимний периоды.

Таблица 37

Климатические характеристики района экскурсии по данным метеостанции Воркута за 1960-1990 и 2000-2017 гг.

Период, гг.	Средняя температура воздуха, °С			Сумма температур воздуха, °С		Годовое количество осадков, мм
	Год	Январь	Июль	отрицательных	положительных	
1960–1990	-6.1	-21.3	13.0	-3175	961	540
2000–2017	-4.5	-19.7	13.5	-2743	1167	551

Растительность. По геоботаническому районированию территория относится к Воркутинскому тундровому округу подзоны кустарниковой (южной) тундры (Огуреева, 1991). На суглинистых водоразделах преобладают кустарниковые тундры, преимущественно ерниковые и ивняковые. На наветренных элементах рельефа (в основном на бровках, вершинах и верхних частях склонов увалов) формируются кустарничково-мохово-лишайниковые сообщества. Крупнокустарниковые тундры широко развиты на пологих и пониженных участках, в полосах стока и в долинах рек. На равнинных участках и в депрессиях развиты осоковые и бугристые болота (Хантимер, 1974). Крупнобугристые болота доминируют среди прочих болот на слабодренированных пространствах (Пьявченко, 1955). Зеленые, политриховые и сфагновые мхи и лишайники образуют напочвенный покров (Атлас почв..., 2010).

Многолетнемерзлые породы. Район расположен в зоне массивно-островного распространения многолетнемерзлых пород мощностью 50–150 м, среднегодовой температурой – 0...–2 °С (Геокриологическая..., 1998). Кровля ММП имеет сложную конфигурацию, сквозные талики прорезают ее на водораздельных массивах и руслах рек, крупных ручьев. Характерна частая смена участков со сливающейся и нессливающейся сплошной мерзлотой, с преобладанием последних. Глубина сезонного промерзания и оттаивания почв сильно дифференцирована в зависимости от характера растительного покрова и мощности снега. Близкое (до 1 м) залегание кровли ММП, как правило, наблюдается под мохово-кустарничковыми тундрами, тогда как под крупнокустарниковыми ММП залегают на глубине 1–2 м и более. Близкое залегание (1–2 м) ММП чаще наблюдается при глубине снежного покрова менее 30–50 см. При мощности снега 50–70 см многолетняя мерзлота в почвах может отсутствовать, обнаруживаясь в подстилающих породах на глубине 2 м и более. При мощности снежного покрова более 70 см многолетняя мерзлота, как правило, не обнаруживается в пределах верхних 2–3 м (Мажитова, 2008).

Почвы. Согласно Пояснительной записке к листу Q-41 «Воркута» Государственной почвенной карты (2000) в окрестностях г. Воркута развиты преимущественно тундровые поверхностно-глеевые оподзоленные, почвы пятен и тундровые поверхностно-глеевые оподзоленные сухоторфяные (пятнисто-бугорковатый комплекс), болотно-тундровые торфянисто-глеевые и торфяно-глеевые мерзлотные почвы. Проведенные в последние два десятилетия, ис-

следования показали широкое распространение в районе экскурсии глееземов криометаморфических (в т.ч. мерзлотных), торфяно-глееземов мерзлотных и торфяных олиготрофных мерзлотных почв.

Демонстрационный объект №1

ЦЕЛИННАЯ ПОЧВА ВОДОРАЗДЕЛЬНОГО УВАЛА

В кустарниковом ярусе тундровых сообществ преобладает карликовая береза (*Betula nana*) со значительной примесью ив (*Salix phylicifolia*, *S. glauca*, *S. lanata*). Высота яруса на водораздельном участке варьирует в пределах 100–120 см при общем проективном покрытии (ОПП) 60–70%. Травяно-кустарниковый ярус характеризуется значительным обилием *Vaccinium vitis-idaea*, *V. uliginosum*, присутствует *Empetrum hermafroditum*, создавая фон яруса. Травы на участке обычно сконцентрированы в синузиях, достигая в них уровня содоминантов наравне с кустарничками, представлены видами: *Carex arctisibirica*, *Calamagrostis neglecta*, *Pyrola grandiflora*, *Petasites frigidus*, *Poa alpina* и др. Большинство видов трав встречается единично, в том числе благодаря наличию мощного и почти сплошного мохового покрова.

Координаты 67°31'44" с.ш., 64°08'11" в.д., 5 км к северо-востоку от г. Воркута. Плоская вершина дренированного водораздельного увала имеет кочковатый микрорельеф. Ерниково-ивняковая моховая тундра. Доминанты: *Betula nana*, *Salix phylicifolia*, *S. glauca*, *S. lanata*, *Empetrum hermafroditum*, *Vaccinium vitis-idaea*, *V. uliginosum*, *Carex arctisibirica*, *C. globularis*, *Chamaenerion angustifolium*, *Solidago virgaurea*, *Pleurozium schreberi* (рис. 36). Максимальная мощность снежного покрова снега до 130 см, глубина ММП более 2 м. Почва: Глеезем криометаморфический.

Глееземы криометаморфические характерны для дренированных автоморфных ландшафтов полого-увалистых всхолмленных равнин юго-востока Большеземельской тундры. Мерзлота залегает на глубине свыше 1.5–2 м. Отличительной особенностью морфологического строения минеральной части профиля данных почв является сочетание оглеенного и криометаморфических горизонтов. Органогенный горизонт, представленный оторфованной подстилкой мощностью 5–12 см, обильно пронизан корнями растений,

легко отделяется от минеральной части профиля. Для оглеенного горизонта, расположенного под подстилкой, характерны тиксотропность во влажном состоянии, уплотнение и компактность – в сухом. Оглеение является наиболее характерной чертой тундрового почвообразования, так как определяет развитие микрокомплексности тундрового микрорельефа. Криометаморфические горизонты не оглеены, обладают специфической округло-ооидной структурой (Русанова, Шахтарова, 2013; Rusanova et al., 2015). Ведущими процессами педогенеза в этом типе почв являются: криогенный, глеевый, биогенная аккумуляция органического вещества, трансформация органического вещества.



Рис. 36. Фото ландшафта (слева) и почвенного профиля (справа) крупнокустарниковой тундры на водораздельном увале.

Морфологическое строение профиля

Ov	Моховой очес, желтовато-бурый, рыхлый, влажный.
0–5 см	
O	Торфянистая подстилка, буровато-коричневая, слаборазложившаяся, рыхлая, влажная; многочисленные корни.
5–8(9) см	
Oao	Темно-бурая, средне (хорошо) разложившаяся растительная масса с примесью гумусированных минеральных частиц, комковатой структуры; много корней кустарников и кустарничков. Легко отделяется от минеральной части профиля
8(9)–12(13) см	

Bg 12(13)–33(37) см	Средний суглинок, светло-коричневый с охристыми пятнами и тонкими прослойками, бледно-сизыми крупными (около 20 см) и средних размеров пятнами; с низкой пористостью, поры крупные; слоеватой структуры, тиксотропный, липкий, плотный, влажный (при встряхивании выделяется вода); много тонких корней, редкие камни (d= до 70 мм). Переход ясный, граница волнистая.
CRM1 33(37)–51(65) см	Средний суглинок, однородной коричневой окраски, со средней пористостью, поры тонкие; криогенной угловато-крупитчатой структуры, с кремнеземистой присыпкой на боковых гранях структурных отдельностей; плотный, влажный (влажность с глубиной увеличивается); присутствуют тонкие корни. Переход ясный, граница волнистая.
CRM2g 51(65)–125 см	Тяжелый суглинок, коричневый с темно-охристыми разводами и бледно-сизыми пятнами; ооидной и угловато-ореховатой структуры, скелетаны на верхних поверхностях структурных агрегатов в виде сплошного покрова, а на боковых – флюидального характера; липкий, очень плотный, влажный; многочисленные мелкие железисто-марганцевые новообразования, редкие тонкие корни до 82-86 см, гравий и камни (d= до 100-110 мм). Переход постепенный.
CRM3g 125–142 см	Тяжелый суглинок, коричневый с многочисленными темно-охристыми и ржаво-охристыми разводами и тонкими прослойками, бледно-сизыми пятнами; ооидной и угловато-ореховатой структуры, белесые пятна скелетан в межагрегатных промежутках; липкий, очень плотный, влажный; многочисленные мелкие железисто-марганцевые новообразования, с глубиной увеличивается количество гравия (d= до 60 мм). Переход постепенный.
CRM,Cg 142–155 см	Тяжелый суглинок, сизовато-коричневый с многочисленными ярко-сизыми пятнами, ржаво-охристыми разводами и тонкими прослойками; ореховатой структуры, скелетаны сплошным слоем покрывают верхнюю поверхность агрегатов, пятнами – нижней и боковые; липкий, очень плотный, влажный; многочисленные мелкие железисто-марганцевые новообразования, обломки коренных пород.

Кислая реакция, нисходящая миграция Fe-органических соединений, слабая насыщенность основаниями определяют вынос элементов (табл. 38). Запасы органического вещества сосредоточены в основном в верхних органогенных горизонтах, которые также характеризуются наибольшим содержанием биогенных элементов. Широкое отношение C:N в биологически активных горизонтах почвы зонального тундрового биогеоценоза свидетельствует о замедленных процессах разложения растительных остатков. Производится небольшое количество минеральных форм соединений азо-

та (Федорец, Бахмет, 2003). Данные гранулометрического состава приведены в таблице 39.

Отмеченные особенности тундрового почвообразования на суглинистых почвообразующих породах формируются вне влияния многолетней мерзлоты, в основном определяются тяжелым гранулометрическим составом породы и современным климатом – значительным превышением осадков над испарением (Атлас почв..., 2010).

Демонстрационный объект №2 ПОСТАГРОГЕННАЯ ПОЧВА ВОДОРАЗДЕЛЬНОГО УВАЛА

Луговое сообщество сформировалось при сельскохозяйственном освоении в 1965 г. плакорного тундрового участка после его расчистки от кустарников и дискования почв под ежегодный посев овсяно-гороховой смеси. Далее были высеяны многолетние травы. Агрорежим включал ежегодное внесение минеральных и органических удобрений, известкование и уборку урожая, что нивелировало изначально существовавшие различия между элементами микрорельефа – кочками, бугорками, пятнами и т.п. После снятия агрорежима в 2000-е гг. в луговой экосистеме происходило изреживание сеяного злакового травостоя с одновременным внедрением видов из соседних ненарушенных сообществ. Участок находится на значительном удалении от речных долин, и в близлежащих тундровых сообществах не обнаружилось видов, способных заменить высеянные злаки в качестве доминанта. Поэтому смены доминантов здесь не произошло, а комплекс содоминантов включает в себя как внедрившиеся (*Calamagrostis neglecta*, *Deschampsia cespitosa*), так и сеяные злаки (*Poa pratensis*, *Alopecurus pratensis*). Разнотравный компонент представлен преимущественно видами травяного яруса, характерными для травяно-кустарничковых или травяно-моховых тундр и тундровых луговин: *sp. Ranunculus*, *Equisetum arvense*, *Petasites frigidus*, *Cardamine pratensis*, *Geranium albiflorum*, *Bistorta major*, *B. vivipara*, *Saxifraga cernua*, *Carex arctisibirica*, *Equisetum arvense* и др. (более 30 видов). Обилие большинства видов разнотравья невелико, в основном они растут единично, рассеянно или небольшими группами, однако вместе играют значительную роль в сложении данного лугового сообщества. В

2010-е гг. на участке начал формироваться кустарниковый ярус из ив и, реже, карликовой березы. Высота и сомкнутость кустарникового яруса еще существенно ниже таковых окружающих целинных участков. Таким образом, количественные изменения компонентов растительного покрова еще не достигли той критической величины, обозначающей смену типа экосистемы с постагрогенной луговой на вторичную тундровую.

Координаты $67^{\circ}31'54''$ с.ш., $64^{\circ}07'59''$ в.д., 5 км к северо-востоку от г. Воркута. Плоская вершина дренированного водораздельного увала, сеяный мятликово-лисохвостный бессеменный луг 1970-х гг. Доминанты: *Poa pratensis*, *Calamagrostis neglecta*, *Deschampsia cespitosa*, *Bistorta major*, *Chamaenerion angustifolium*, *Carex arctisibirica*, *Salix phylicifolia*, *S. lanata* (рис. 37).



Рис. 37. Фото ландшафта постагрогенного лугового сообщества (слева) и почвенного профиля (справа) 14-летней залежи на водораздельном увале.

Отличительной особенностью почвы залежного участка является присутствие в верхней части профиля дернового (АУ) и слабо оглеенного Вg горизонтов, тогда как ниже залегает совокупность криометаморфических горизонтов, аналогичных по строению выше рассмотренной условно фоновой почве.

Таблица 38
**Химические свойства глеезема криометаморфического
на водораздельном увале**

Горизонт	Глубина, см	ППП, %	рН		Нг, смоль/ кг	Fe ₂ O ₃ ок, %	С	N	C/N	Обменные катионы,		Подвиж- ные формы	
			H ₂ O	HCl						Ca ²⁺	Mg ²⁺	P ₂ O ₅	K ₂ O
										смоль/кг		г/кг	
Ov	0–5	38.76	4.1	4.7	65.5	0.4	40.8	1.0	40.8	35.1	4.2	1.8	17.8
O	5–8	–	4.2	5.2	56.3	0.5	27.7	1.2	23.1	40.5	3.2	2.4	8.9
Oao	8–12	–	4.8	5.5	39.3	0.6	15.9	0.8	19.9	31.2	2.5	2.1	7.0
Bg	12–33	2.73	4.1	4.7	7.28	0.8	0.2	0.04	5.0	4.1	1.2	1.3	5.5
CRM1	33–51	2.51	4.0	5.0	6.11	0.4	0.5	0.05	10.0	7.0	2.1	1.0	1.1
CRM2g	51–125	2.66	5.3	6.0	3.05	0.4	0.2	0.04	5.0	12.2	3.2	0.7	1.6
CRM3g	125–142	2.70	5.6	6.1	2.80	0.5	0.3	0.05	6.0	14.8	3.3	0.8	0.9
CRM,Cg	142–150	–	5.8	6.5	2.80	–	0.4	0.06	6.7	14.2	3.5	0.9	1.2

Таблица 39
**Гранулометрический состав глеезема криометаморфического
на водораздельном увале, % на сухую навеску**

Горизонт	Глубина, см	Содержание фракции, %; размер фракции, мм						Сумма частиц <0.01, %
		1-0.25	0.25- 0.05	0.05- 0.01	0.01- 0.005	0.005- 0.001	<0.001	
Bg	12–33	1	3	71	6	8	11	25
CRM1	33–51	2	3	61	7	12	15	34
CRM2g	51–125	1	4	53	8	7	27	42
CRM3g	125–142	1	3	52	8	9	27	44
CRM,Cg	142–150	2	4	51	9	8	26	43

Реградация почвы бывшего пахотного участка на данном этапе ее развития заключается в соответствующей трансформации морфологического строения профиля. Бывший пахотный горизонт, сравнительно однородный по строению и составу, в соответствии с потенциалом природных факторов почвообразования, со временем дифференцируется на генетические горизонты. Выделяются поверхностный гумусово-слаборазвитый (Ov), а также дерновый (AYrz,ao и AYao) с включением грубогумусового материала, состоящего из механической смеси различных по степени разложённости органических остатков и минеральных компонентов, горизонты. Нижняя граница пахотного горизонта (AYra,g), проходившая на глубине около 15 см, постепенно исчезает. В освоенной почве под одернованным гумусоаккумулятивным слоем (AY) оглеение и тиксотропность практически не выражены. В соответствии с морфологическим строением профиля, почва залежного участка может быть отнесена к глееземам криометаморфическим постагрогенным.

Глеезем криометаморфический постагрогенный имеет слабокислую реакцию среды и характеризуется относительно высоким содержанием азота, фосфора и калия по сравнению с почвой целинной тундровой экосистемы (табл. 40). Это является результатом не только длительного внесения минеральных и органических удобрений в период эксплуатации сеяного луга, но и высвобождения этих элементов при разложении травянистых растительных остатков в постагрогенный период его существования.

Данные гранулометрического состава приведены в таблице 41.

Сельскохозяйственное освоение тундровых территорий, хотя и чрезвычайно ограниченное по площади, вызывает изменения в сбалансированности биологического круговорота естественных ценозов и трансформацию свойств почв. Агрогенные преобразования в почвах связаны с механической обработкой, применением удобрений и мелиорацией сельскохозяйственных угодий. В данном случае трансформация глеезема криометаморфического на фоне применяемой агротехники привела к образованию окультуренной тундровой почвы. Вместо органогенного горизонта (O), характерного для целинной почвы, сформировался гумусово-аккумулятивный (дерновый) слой (AY), мощность которого после снятия агрорежима составляет около 14 см.

Морфологическое строение профиля

- Оv** 0–3 см Слой из мохового очеса, прошлогодней пожухлой серо-палеовой травы; рыхлый, сухой.
- AУrz,ao** 3–6 см Желтовато-коричневая, плотная, сухая дернина; переплетена многочисленными корнями.
- AУao** 6–7 см Горизонт представлен механической смесью органогенного материала с минеральными (суглинистыми) компонентами; темно-серого цвета, порошистой структуры, рыхлый, свежий, пронизан многочисленными корнями. Переход диффузный, граница прерывистая.
- AУpa,g** 7–17 см Средний суглинок, сизовато-бурый с темно-серыми разводами по всему горизонту и тонкой каймой по верхней и нижней границам горизонта; мелкими черными примазками, а также ржаво-охристыми примазками по ходу корней; со средней пористостью, поры крупные; неясной комковатой структуры, плотный, свежий; множество мелких железисто-марганцевых новообразований, корней. Переход ясный, местами резкий; граница волнистая, карманами.
- Bg** 17–36(39) см Средний суглинок, буровато-сизый с ржавыми и ржаво-охристыми пятнами и языками, вытянутыми вдоль горизонта, тонкими прослойками (толщиной 0.5...1 см), по центру – крупный темно-серый карман; темно-бурые мелкие примазки, низкая пористость, поры крупные; криогенной слоевой структуры, плотный, свежий; много тонких корней, встречаются корни средних размеров. Переход ясный, граница волнистая.
- CRM1** 36(39)–55(57) см Средний суглинок, буровато-коричневый с темно-бурыми, вытянутыми вдоль горизонта примазками; с высокой пористостью, поры тонкие; угловато-крупитчатой зернистой структуры, поверхность граней структурных отдельностей покрыта серовато-белесой кремнеземистой скелетаной; очень плотный, свежий; присутствуют корни тонкие и средних размеров. Переход ясный, граница волнистая, карманами
- CRM2g** 55(57)–110 см Тяжелый суглинок, буровато-коричневый с темно-охристыми разводами и бледно-сизыми, вытянутыми вдоль горизонта пятнами, темно-бурыми мелкими примазками (с глубиной степень оглеения профиля увеличивается); очень низкая пористость, поры тонкие; угловато-ореховатой структуры, кремнеземистая присыпка на поверхностях структурных агрегатов; липкий, очень плотный, свежий; многочисленные мелкие железисто-марганцевые новообразования, корни тонкие, присутствуют в очень малом количестве. Переход постепенный.
- CRM3g** 110–135 см Тяжелый суглинок, неоднородный по цвету: с переходами от буровато-коричневого к темно-охристому, ржаво-охристому и бледно-сизому; очень низкая пористость, поры тонкие; угловато-ореховатой структуры, в межагрегатных промежутках – скелетаны; липкий, очень плотный, свежий; многочисленные мелкие железисто-марганцевые новообразования, очень мало тонких корней, редкие камни (d= до 120 мм). Переход постепенный.

Таблица 40
Химические свойства глееза криогеоморфического постарогенного на водораздельном увале

Горизонт	Глубина, см	ППЦ, %	рН		Нг, смоль/кг	Fe ₂ O ₃ ок, %	С	N	C/N	Обменные катионы		Подвижные формы	
			H ₂ O	HCl						Ca ²⁺	Mg ²⁺	P ₂ O ₅	K ₂ O
							%			смоль/кг		г/кг	
Ov	0-3	45.19	4.8	5.6	36.7	-	37.4	1.3	28.88	33.1	5.5	3.0	27.2
AУгz,ao	3-6	7.13	4.6	5.4	42.0	-	31.1	1.9	16.4	33.6	4.4	4.0	18.8
AУao	6-7	2.84	4.5	5.3	37.5	-	13.4	1.0	13.3	10.7	1.2	3.4	6.3
AУpa, g	7-14	2.97	4.1	4,+7	11.0	-	3.5	0.3	12.1	6.2	0.6	1.5	3.9
Bg	14-36	2.60	4.2	4.8	7.76	0.7	0.6	0.05	11.1	2.2	0.5	0.3	1.3
CRM1	36-57	3.46	4.3	5.0	6.38	0.6	0.3	0.04	7.5	4.6	1.4	0.6	1.6
CRM2g	57-110	3.45	4.7	5.5	4.32	0.4	0.3	0.04	7.5	11.5	3.2	1.2	1.3
CRM3g	110-135	3.59	5.0	5.9	2.31	-	0.3	0.04	6.8	13.5	3.5	1.5	1.4

Таблица 41

**Гранулометрический состав
глеезема криометаморфического постагрогенного на водораздельном увале**

Горизонт	Глубина, см	Содержание фракций, % (размер фракции, мм)						Сумма частиц <0.01, %
		1-0.25	0.25-0.05	0.05-0.01	0.01-0.005	0.005-0.001	<0.001	
AУrz,ao	3–6	0	7	60	8	8	17	33
AУao	6–7	0	8	62	7	8	15	30
AУpa, g	7–14	0	6	62	7	8	17	32
Bg	14–36	0	11	56	6	6	21	33
CRM1	36–57	0	1	57	8	7	27	42
CRM2g	57–110	1	7	50	10	7	25	42
CRM3g	110–135	2	11	42	10	10	25	45

Демонстрационный объект №3

ПОСТАГРОГЕННАЯ ПОЧВА НАДПОЙМЕННОЙ ТЕРРАСЫ

Для исследования постагрогенной трансформации на надпойменной террасе долины р. Воркута выбран участок залежи (рис. 38). Это первый сеяный луг в Заполярье, созданный в 1958 году методом «залужения» мохово-лишайниково-ерниковой тундры. После трехлетних посевов овса (*Avena sativa*) (с 1955 г. по 1958 г.) с целью создания на этом участке сенокосного луга поселяли многолетние травы (лисохвост луговой и мятлик луговой). В течение последующих 40 лет ежегодно производилось сенокосение и внесение минеральных удобрений. Хозяйственное использование луга прекратили в 1998 г. (Панюков и др., 2005). Процессы демулационной сукцессии растительного сообщества проявляются в увеличении неоднородности травяного сообщества – обособлении злаковых и разнотравно-злаковых синузий. Злаковые синузии сохраняют в своем составе ранее высеянные виды трав, которые после снятия агорережима значительно сократили свое обилие. Злаково-разнотравные синузии характеризуются присутствием ви-

дов растений, менее требовательных к богатству почвы по сравнению с высеянными злаками. В их составе отмечены *Deschampsia cespitosa*, *Festuca rubra*, виды рода *Ranunculus*, *Chamaenerion angustifolium*, *Achillea millefolium*, *Equisetum arvense* и др. В этих злаково-разнотравных группировках встречаются также виды, характерные для тундровых сообществ: *Bistorta vivipara*, *Saxifraga cernua*, *Angelica archangelica*, *Cardamine pratensis*, *Geranium albiflorum*, *Luzula multiflora*, *Sanguisorba officinalis*. Внедрение в растительное сообщество постагрогенной экосистемы особой ивы пока незначительное.



Рис. 38. Фото ландшафта постагрогенного лугового сообщества (слева) и почвенного профиля (справа) 16-летней залежи на надпойменной террасе р. Воркута.

Почвенный разрез заложен на участке с координатами $67^{\circ}31'57.90''$ с.ш., $64^{\circ}02'58.70''$ в.д., в 1 км к северо-востоку от г. Воркута. Почва: глеезем криотурбированный постагрогенный.

Морфологическое строение профиля

0v	Светло-палевый, уплотнен, сухой.
0–1 см	
A_{Yr}z_{ao}	Суглинок, буровато-темно-серый, порошисто-зернистой структуры, очень плотный, влажный, переплетен многочисленными корнями. Переход резкий, граница волнистая.
1–5.5 см	

<p>AУра,g 5.5–13(26) см</p>	<p>Средний суглинок, грязно-серый с бледно-сизыми и многочисленными ржавыми пятнами, много темно серых примазок и вытянутых вдоль горизонта черных пятен, с высокой пористостью, поры крупные; зернистой структуры, уплотнен, свежий; множество мелких железисто-марганцевых новообразований, тонких корней. Переход ясный, граница волнистая, карманами.</p>
<p>G1@ 13(26)–39 см</p>	<p>Средний суглинок, грязно-сизый с ржаво-охристыми пятнами и прослойками толщиной до 2 см, длинными узкими темно-серыми, черно-бурыми язычками и примазками; с низкой пористостью, поры тонкие; слабо выраженной комковато-плитчатой структуры, тиксотропный, слитное сложение, липкий, плотный, свежий; многочисленные мелкие железисто-марганцевые новообразования, присутствие тонких корней. Переход постепенный.</p>
<p>G2 39–77 см</p>	<p>Тяжелый суглинок, коричневато-сизый, со средней пористостью в верхней части горизонта, поры тонкие; мелкоореховатой структуры, липкий, очень плотный, свежий до 68 см, ниже – влажный; присутствуют тонкие корни. Переход ясный, граница волнистая.</p>
<p>G3 77–88 см</p>	<p>Тяжелый суглинок, охристо-коричневый с многочисленными яркими ржавыми разводами по всему горизонту, сизовато-серыми прослойками в нижней части; ореховатой структуры, липкий, очень плотный, сырой; мелкие железисто-марганцевые новообразования, в верхней части присутствие тонких корней. Переход ясный, граница волнистая.</p>
<p>CG 88–132 см</p>	<p>Тяжелый суглинок, грязно-сизый с редкими ржавыми пятнами, над мерзлотой – темно-бурые гумусовые линзы; ореховатой структуры, липкий, очень плотный, сырой, со 100 см сочится вода; редкие железисто-марганцевые новообразования. Подстиляется мерзлотным горизонтом.</p>

В освоенной почве окультуренный слой разделяется на дернину (специфический биогоризонт луговых почв) и гумусовые подгоризонты под ней. Общая мощность окультуренного слоя остается и до настоящего времени практически в одних границах, обозначенных изначально глубиной освоения (10–12 см). Мощность дернины 2–7 см. Колебания, вероятно, отражают первоначальную, до освоения, микрокомплексность почвенно-растительного покрова (сочетание бугорков и минеральных пятен). Таким образом, культурный слой характеризуется ясно выраженными морфологическими чертами и границами, остающимися стабильными при сохранении условий поддержания продуктивности лугового сообщества (Панюков и др., 2005). Гумусовый слой слабооструктурен, несмотря на длительность функционирования луговой растительности. Макси-

мум корневой массы приходится на дернину, под ней количество корней резко убывает.

Освоенный слой почвы луга характеризуется слабокислой до нейтральной реакцией почвенного раствора. Под одернованным слоем, на глубине 5–13 см доля гумуса составляет 4–5%, за счет погребенного при освоении растительного материала. С распределением растительного материала и гумуса согласуется аккумуляция элементов-биогенов. Однако, в связи с нарушениями в агрорежиме появились изменения, в первую очередь, в содержании органического вещества: высокое содержание Собщ в верхнем органогенном горизонте (Ov) и замедленное преобразование растительных остатков в гумусовых горизонтах. В минеральных заметно снижается содержание биогенных элементов (табл. 42).

В процессе окультуривания существенно изменился температурный режим. В летнее время освоенные почвы значительно теплее целинных. В пахотных почвах температуры $>10\text{ }^{\circ}\text{C}$ проникают до 30–65 см, в постагrogenных почвах на лугах – до 7–10 см, тогда как в целинных – не более 10 см. Однако за осенне-зимний период освоенные почвы накапливают больший запас холода, чем целинные, так как снежный покров на них менее мощный и они промерзают на большую глубину.

Рассматривая стадияльно-эволюционную сторону агрогенного почвообразования, следует отметить, что исходный профиль целинной тундровой почвы подвергается модификации (задерновыванию). Механизм трансформации почв заключается в ускорении распада органических остатков, одновременно наблюдаются: поверхностная аккумуляция биогенных элементов в верхней минеральной части профиля, которые в фоновых условиях накапливаются слабо, и агрегация почвенной массы из-за присутствия агентов-структурообразователей (гумусовых веществ и соединений кальция). С прекращением агрорежима происходит смена тренда трансформации и регрессионный ход эволюции почв, вследствие выщелачивания оснований и восстановления растительного покрова, характерного для зональных тундровых сообществ.

Таблица 42
Химические свойства глеезема криотурбированного постагрогенного на надпойменной террасе

Горизонт	Глубина, см	рН Н ₂ О	С	N	C/N	Обменные катионы		Подвижные формы	
						Ca ²⁺	Mg ²⁺	P ₂ O ₅	K ₂ O
			%			смоль/кг		г/кг	
Ov	0–1	5.8	28.9	1.5	18.8	40.8	4.7	2.0	2.1
AУrz,ao	1–5.5	6.1	23.7	1.5	15.6	44.7	4.6	2.9	1.2
AУЗpa, g	5.5–13	5.6	3.0	0.2	13.6	28.4	3.4	0.64	0.34
G1@	13–39	6.1	0.2	0.04	4.8	16.2	2.5	0.19	0.15
G2	39–77	6.6	0.2	0.04	5.3	15.6	4.1	0.24	0.23
G3	77–88	6.9	0.2	0.04	5.3	17.9	4.0	0.15	0.19
CG	88–132	6.9	0.2	0.04	5.3	14.7	3.0	0.24	0.19

Демонстрационный объект №4
ЦЕЛИННАЯ ПОЧВА ПОЙМЫ

В пойме р. Воркута в качестве объектов исследования были выбраны участки, в пределах правобережной пойменной террасы. Все почвы изучаемых угодий слоистые и расположены на слоистых песчано-супесчаных аллювиальных отложениях, что говорит о единстве их происхождения. При слоистом сложении супесь чередуется с песком, приносимыми и переотложенными половодьем.

Условно-фоновый участок расположен в пойме р. Воркуты (рис. 39) (67°32'01" с.ш., 64°01'54" в.д.). Типичное сообщество, характерное для речных пойм, средних и нижних частей склонов, ложбин, прирусловых частей рек. Крупнокустарниковый ярус сложен *Salix lanata*, *S. phylicifolia*, *S. viminalis*. Высота яруса до 3–4 м, местами заросли отличаются значительной густотой. Травостой разреженный, высотой до 0.5 м. В его составе преобладают злаки

Calamagrostis langsdorfii Trin., *Alopecurus pratensis*, с небольшой примесью разнотравья (до 20%), в котором более других выделяются *Bistorta major*, *Veronica longifolia*, *Equisetum arvense*, *Ranunculus propinquus*. Напочвенный покров либо отсутствует, либо слабо развит. Редко проективное покрытие мохового покрова достигает 20%, причем в их составе главную роль играют виды рода *Mnium* (рис. 39). Почва: аллювиальная гумусовая глееватая.



Рис. 39. Фото пойменного ивняка (а) и почвенного профиля (справа) в долине р. Воркута.

Морфологическое строение профиля

- | | |
|-----------------------------|--|
| O _у
0–1 см | На поверхности покров из ветоши и листового опада. Темно-бурый, уплотнен, влажный. |
| A _{Уw}
1–3 см | Темно-бурый с черными хорошо разложившимися растительными остатками, рыхлый, свежий. Переход резкий, горизонт отслаивается от нижележащей толщи. |
| A _У
3–20 см | Супесь, серовато-коричневая, светлеет книзу, со средней пористостью в верхней половине горизонта, с очень низкой – в нижней; порошисто-комковатой структуры, слегка уплотнена, свежая; основная масса корней сосредоточена до 12 см, корни тонкие и средних размеров. Переход ясный, граница волнистая (двумя крупными карманами). |
| A _{Уg}
20–34 см | Мелкий песок, темный сизовато-коричневый, с очень низкой пористостью, непрочной комковатой структуры, слегка уплотнен, свежий; корни средних размеров. Переход резкий, граница волнистая. |

- [AY,Cg⁻]** Супесь с линзами песка, желтовато-коричневая с темными сизовато-коричневыми слоями (нижняя часть горизонта) и разводами (верхняя); в левой половине – ржаво-охристые пятна и мелкие железисто-марганцевые новообразования, в правой – крупное (243 см) охристо-бурое пятно с органогенными среднеразложившимися включениями; с очень низкой пористостью, непрочной комковатой структуры, уплотнена, свежая; корни тонкие и мало средних размеров. Переход резкий, граница ровная; по границе темно-серая кайма.
- С1⁻** Супесь, желтовато-коричневая с буроватым оттенком и тонкими буровато-охристыми прослойками, крупнокомковатой структуры, плотная, свежая; корней мало, с 65 см – очень мало; в верхней части частично разложившиеся древесные остатки. Переход ясный, граница ровная.
- С2⁻** Супесь коричневая с линзами желтовато-коричневого песка, количество которых увеличивается с глубиной, непрочной комковатой структуры, слегка уплотнена, свежая; редкие тонкие корни, очень малое количество мелкого и среднего гравия. Переход ясный, граница ровная.
- С3⁻** Мелкий песок, желтовато-коричневый, бесструктурный, рыхлый, влажный.

Почва хорошо дренирована, однако признаки оглеения в профиле присутствуют. Они четко выражены на глубине 10(13)–56 см. На поверхности имеется маломощный покров из полуразложившихся ветоши и листового опада. В почвенном профиле четко выделяются дернина и гумусо-аккумулятивный горизонт, задернение слабое. Окраска гумусового горизонта АУ с глубиной светлеет, меняясь от темно-серой до серовато-коричневой, что связано с уменьшением содержания гумуса. В переходном горизонте [AY, Cg⁻] складывается более контрастный окислительно-восстановительный режим, что, по-видимому, обусловлено активным протеканием здесь наряду с гидроморфным оструктурированием процессов сегрегации, конкрециеобразования, морфологически выраженных в виде ржаво-охристых примазок и пятен, а также мелких, рыхлых, легко размазывающихся в руках Fe-Mn новообразований. Наблюдается трансформация минеральной толщи почв криогенными процессами. Сезонная переувлажненность вызывает развитие криотурбаций – механическое нарушение естественного залегания горизонтов вследствие термального сжатия мерзлого материала при быстром похолодании. Под переходным горизонтом залегают слоистые аллювиальные отложения с включением гравия и гальки. Благодаря дренированности исследуемого участка поймы уровень

грунтовых вод после весеннего половодья снижается за пределы 1.5-метровой толщи почвы.

Почва имеет нейтральную реакцию среды по всему профилю, включая подстилающий аллювий (табл. 43). Более высокая актуальная и гидролитическая кислотность органогенных горизонтов обусловлена высоким содержанием здесь органических веществ ($C_{\text{общ}} \approx 20.4\%$) и замедленное преобразование растительных остатков в биоклиматических условиях тундровой зоны, когда не происходит полной нейтрализации кислых продуктов их разложения, несмотря на довольно высокую степень насыщенности ППК (почвенного поглощающего комплекса) катионами Ca и Mg (до 98%). Наибольшее количество обменных катионов кальция и магния отмечено в верхних гумусированных горизонтах, с глубиной их содержание постепенно убывает. Такое распределение обменных оснований, а также подвижных форм фосфора и калия происходит благодаря аккумулярующей роли дернового и аллювиального процессов. Влияние дернового процесса в пойменных почвах прослеживается также в относительно высоком содержании гумуса и азота, по сравнению с почвами тундровых водоразделов. Количество подвижных форм фосфора, зафиксированное в гумусово-аккумулятивном (AY) горизонте, позволяет говорить о низкой обеспеченности исследуемых почв данным элементом питания.

Таблица 43

**Химические свойства аллювиальной гумусовой глееватой почвы
на пойменной террасе**

Горизонт	Глубина, см	pH		Нг, смоль/ кг	С	N	C/N	Обменные катионы		Подвижные формы	
		H ₂ O	HCl					Ca ²⁺	Mg ²⁺	P ₂ O ₅	K ₂ O
								%	смоль/кг		г/кг
O	0–1	6.4	6.3	25.0	20.4	0.98	20.8	31.1	4.3	1.3	1.4
AYw	1–3	6.5	6.2	3.05	9.8	0.52	18.8	30.5	3.3	1.3	1.2
AY	3–20	7.4	6.8	0.76	3.9	0.15	25.5	21.6	1.9	0.3	0.7
AYg	20–34	7.4	7.1	0.55	1.9	0.11	17.8	20.8	1.2	0.3	0.1
[AY. Cg [~]]	34–56	7.5	7.3	0.40	1.5	0.08	19.1	20.5	1.1	0.3	0.06
C1 [~]	56–96	6.6	6.5	1.40	2.1	0.18	11.7	15.5	1.5	0.1	0.05
C2 [~]	96–107	6.9	6.9	0.76	1.6	0.11	14.3	15.3	1.2	0.3	0.04
C3 [~]	107–130	6.9	6.2	0.78	0.3	0.04	8.0	8.2	1.2	0.2	0.04

Таблица 44

**Химические свойства
аллювиальной гумусовой глееватой постагрогенной почвы
на пойменной террасе**

Гори- зонт	Глуби- на, см	рН		Нг, смоль/ кг	С	N	C/N	Обменные катионы		Подвиж- ные фор- мы	
		H ₂ O	HCl					Ca ²⁺	Mg ²⁺	P ₂ O ₅	K ₂ O
								%		смоль/кг	
Ov	0–2	6.1	5.9	17.5	24.1	0.88	27.4	35.1	4.2	1.8	1.6
AУrz	2–6	6.7	6.5	1.60	4.2	0.30	14.0	22.4	2.5	1.4	0.6
AУpa	6–20	7.3	6.9	0.72	2.6	0.15	17.4	17.1	1	0.4	0.1
AУpa,g	20–30	6.9	6.6	1.18	2.6	0.19	13.7	16.5	1	0.4	0.07
AУg,Cg~~	30–45	6.8	6.1	1.18	0.8	0.082	9.6	9.7	0.9	0.2	0.05
C1~~	45–111	6.9	6.0	1.01	0.4	0.045	9.6	7.6	0.9	0.2	0.06
C2~~	111–128	6.8	5.8	1.06	0.3	0.035	8.6	4.9	1.6	0.2	0.07
C3g~~	129–170	6.8	5.7	1.10	0.4	0.038	9.2	3.1	1.4	0.3	0.08

**Демонстрационный объект №5
ПОСТАГРОГЕННАЯ ПОЧВА ПОЙМЫ**

Участок поймы в долине р. Воркута был включен в сельскохозяйственное производство в 50-х годах прошлого столетия. Строительство ТЭЦ, возведение водохранилища и плотины выше по течению реки от рассматриваемого участка, осуществленное в эти же годы, способствовали выходу пойменной террасы в окрестностях г. Воркуты из режима ежегодного затопления. Это благоприятствовало возможности создания пахотного угодья на аллювиальных пойменных почвах. На рассматриваемом участке поймы в течение 40 лет возделывали преимущественно однолетние культуры – овес и овсяно-гороховую смесь (Хантимер, 1974). Его хозяйственное использование в качестве пашни было прекращено в 2001 году (Панюков и др., 2005). На момент исследования (2014 г.) на месте пашни сформировался разнотравно-злаковый луг с доминированием костреца безостого (*Bromus inermis*). Следует отметить, что

в формировании травостоя значимую роль играют виды, приуроченные в данном районе именно к пойме. Кроме костреца безостого, необходимо выделить виды разнотравья: *Veronica longifolia*, *Pachipleurum alpinum*, *Angelica archangelica*, ряд других (рис. 40).



Рис. 40. Фото ландшафта пойменного луга (а) и почвенного профиля (справа) 13-летней залежи на пойменной террасе в долине р. Боркута.

Под оформившимся разнотравно-злаковым сообществом в настоящее время распространена аллювиальная гумусовая глееватая постагрогенная почва, развитая на песчано-супесчаных аллювиальных слоистых отложениях, залегающих с глубины 45 см. Разрез заложен на участке с координатами 67°32'01" с.ш., 64°01'53" в.д.

Морфологическое строение почвы

Оv 0–2 см	На поверхности покров из ветоши крупностебельных трав. Серо-палевый, уплотнен, свежий.
AУrz 2–6 см	Легкий суглинок, темно-серый с ржавыми прожилками по ходу корней, со средней пористостью, мелкокомковато-порошистой структуры, уплотнен, свежий, обильно пронизан корнями растений средних размеров. Переход ясный, граница волнистая, языками и карманами.
AУpa 6–20 см	Супесь, темно-серая, со средней пористостью, мелкокомковато-зернистой структуры, слегка уплотнена, свежая; основная масса корней сосредоточена до 44 см. Переход ясный, граница волнистая.
AУpa,g 20–30 см.	Супесь, серовато-коричневая с мелкими грязно-сизыми пятнами и ржавыми прожилками по всему горизонту, с высокой пористостью, мелкокомковатой структуры, плотная, свежая; много корней. Переход ясный, граница волнистая.

<p>AУ, Cg⁻ 30–45 см</p>	<p>Супесь, коричневая с многочисленными очень мелкими грязно-сизыми пятнами и ржавыми прожилками, с очень низкой пористостью, комковатой структуры, плотная, свежая; корней среднее количество. Переход ясный, граница волнистая.</p>
<p>C1⁻ 45–111 см</p>	<p>Супесчаные коричневые слои чередуются с желтовато-коричневыми песчаными прослойками, непрочной комковатой структуры, плотный, свежий; корней мало, с 81 см – очень мало. Переход ясный, граница ровная.</p>
<p>C2⁻ 111–128 см</p>	<p>Мелкий песок, коричневые слои чередуются с желтыми прослойками, длинные вытянутые вдоль всего горизонта бледно-сизые языки и мелкие ржаво-охристые пятна; бесструктурный, уплотнен, влажный; мелкие железисто-марганцевые новообразования, малое количество тонких корней. Переход ясный, граница ровная.</p>
<p>C3g⁻ 128–170 см</p>	<p>Мелкий песок, сизовато-коричневый с темно-охристыми прожилками по всему горизонту, непрочной комковатой структуры, уплотнен, влажный; мелкие железисто-марганцевые новообразования, очень малое количество тонких корней до 150 см.</p>

В соответствии с потенциалом природных факторов почвообразования ранее однородный пахотный горизонт почвы в процессе постагрогенной трансформации дифференцируется на серию подгоризонтов. В верхней части гумусово-аккумулятивного горизонта мощностью около 30 см выделяется слой ветоши крупностебельных трав (Ov), накапливающийся вследствие замедленной в биоклиматических условиях тундры минерализации растительного субстрата. Следующий за ним поверхностный подгоризонт AУ около 4 см пронизан корнями травянистых растений, содержит значительное количество полуразложившихся органических остатков. Нижележащий подгоризонт AУра сохраняет черты былой агрогенной преобразованности: характеризуется высокой пористостью и хорошо выраженной мелкокомковато-зернистой структурой. Его нижняя часть AУра,g, отличающаяся от вышележащей толщи наличием четких морфологических признаков оглеения, сменяется переходным горизонтом (AУg, Cg) с сизыми и ржавыми пятнами на буром фоне, свидетельствующими о частой смене окислительно-восстановительных условий. Срединная часть профиля представлена чередованием прослоек песка и супеси (C), под которыми залегает оглеенный слой песка (Cg).

Выявленные особенности морфологического строения профиля свидетельствуют о его дифференциации по условиям увлажнения. Благодаря хорошей дренированности исследуемого участка пой-

мы и легкому гранулометрическому составу аллювиальных отложений, уровень почвенно-грунтовых вод находится за пределами 170-сантиметровой толщи почвенного профиля. Однако, за счет капиллярного поднятия в нижней его части отмечается избыточное увлажнение, что обуславливает развитие здесь восстановительных процессов. Недостаток тепла, слабая испаряемость, отсутствие интенсивного иссушения профиля в летний период и уплотнение подгоризонтов АУра, g (20–30 см) и АУg, Сg⁻ (30–45 см) способствуют созданию условий для избыточной влажности, развития процессов оглеения и, следовательно, неблагоприятного газообмена, о чем свидетельствуют грязно-сизые пятна, ржаво-охрстые прожилки, приуроченные к данным горизонтам (глубина 20–45 см).

Имеющаяся мощность гумусированной толщи профиля (около 30 см) обусловлена как длительным сельскохозяйственным использованием данного пойменного участка, связанным с применением технологических приемов возделывания однолетних трав (дискование, регулярное внесение удобрений и известковых материалов), так и биологическими процессами трансформации в постагrogenный период остатков травянистых растений, богатых биогенными элементами. Как видно из таблицы 44 именно в новообразованных в процессе реградации пахотного горизонта слоях почвенного профиля (подгоризонты Ов и АУ) отмечается аккумуляция органического вещества и основных биогенных элементов. Высокие значения отношения С:N в гумусо-аккумулятивном горизонте свидетельствуют о низкой обогащенности почвенного органического вещества азотом. С глубиной содержание основных биогенных элементов резко снижается, что позволяет сделать вывод о замкнутости биологического круговорота в постагrogenный период функционирования аллювиальной пахотной почвы в верхних горизонтах профиля.

Аллювиальная гумусовая глееватая постагrogenная почва имеет нейтральную и близкую к нейтральной реакцию среды (табл. 44). Однако в верхней части профиля (глубина 0–6 см), где идут современные процессы трансформации растительного опада и гумификации, наблюдается тенденция к некоторому снижению величины рН водной вытяжки при сохранении достаточно высокого содержания обменных катионов кальция и магния.

Спустя 13 лет после снятия агрорежима почвенно-поглощающий комплекс постагrogenной почвы характеризуется кислотнo-основными свойствами аналогичными свойствам целинных пойменных почв, формирующихся в долине реки.

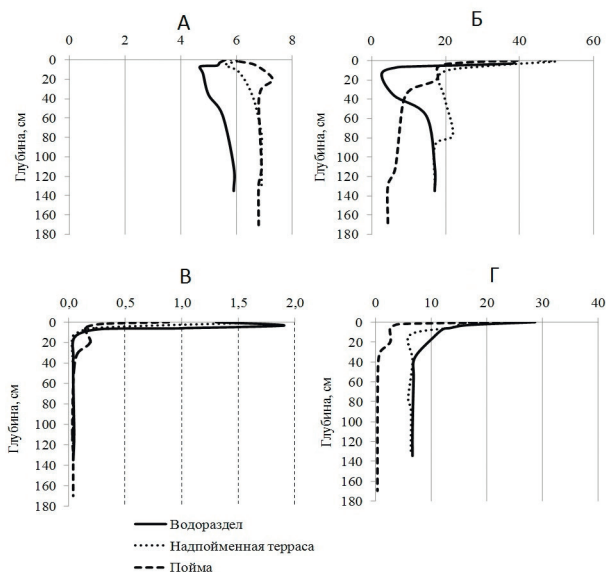
Сравнительная характеристика растительности и почв постагрогенных экосистем, представленных в ряду «водораздел – надпойменная терраса – пойма реки»

Растительные сообщества постагрогенных экосистем, находящиеся на вершине водораздела, характеризуются активным внедрением тундровых видов ив, что изменяет состав фитоценоза. Это определяется близостью кустарниковой моховой тундры. На надпойменной террасе и в пойме постагрогенные системы сохраняют целостность лугового сообщества несмотря на то, что состав травянистых растений изменился со времени их сельскохозяйственного использования. На момент исследования залежный участок на надпойменной террасе в целом сохранил облик агроэкосистемы – лисохвостно-мятликового луга. Внедрение в травостой тундровых кустарников незначительно. Растительное сообщество 13-летней залежи в пойме реки представляет собой злаковый луг с доминированием ковра безостого без заметного внедрения тундровых видов. Этот участок характеризуется наиболее однородным составом растительного сообщества в этом ландшафтном ряду.

Все постагрогенные почвы характеризуются биоаккумуляцией химических элементов в подстилке и гумусово-аккумулятивных горизонтах. Некоторая предрасположенность биологически активных процессов к верхним горизонтам почв связана с небольшой глубиной проникновения корней растений в почву и неблагоприятными физико-химическими условиями в минеральной толще (Панюков и др., 2005; Экологические принципы..., 2009).

Почвы экосистем в период исследования сохранили химические и морфологические признаки, сформировавшиеся в период их сельскохозяйственного использования. Внесение минеральных удобрений в течение длительного времени определило высокое содержание биогенных элементов в органических и гумусово-аккумулятивных горизонтах почв исследуемых экосистем (рис. 41). Почвы водораздела имеют слабокислую реакцию среды, а постагрогенные почвы надпойменной и пойменной террас характеризуются нейтральной и слабощелочной (в зависимости от горизонта). Распределение обменных оснований по почвенным профилям соответствует общей тенденции распределения биогенных элементов в постагрогенных почвах. Содержание общего углерода в ор-

ганогенных горизонтах снижается в ряду постагрогенных почв: водораздел → надпойменная терраса → пойма. Данный факт может быть обусловлен высокой долей мхов в напочвенном покрове и формированием оторфованной подстилки в почвах постагрогенных экосистем на вершине водораздела. В почвах на водоразделе и надпойменной террасе отмечено резкое снижение органического углерода при переходе от органогенных к минеральным горизонтам. В постагрогенной пойменной почве содержание общего углерода в гумусово-аккумулятивных горизонтах после снижения стабилизируется на относительно высоком уровне по сравнению с другими почвами, в пределах 3–4%. При этом процессы минерализации идут более активно в пойменной почве, на что указывают низкие показатели соотношения C/N по всему почвенному профилю, кроме подстилки.



1.

Рис. 41. Химические показатели постагрогенных почв: А – рН; Б – сумма обменных оснований (Ca²⁺+Mg²⁺), смоль/кг; В – C_{общ}, %; Г – C/N.

Демонстрационный объект №6

ПОЧВООБРАЗОВАНИЕ В УСЛОВИЯХ УГЛЕДОБЫЧИ. ПОЧВОГРУНТЫ ШАХТНЫХ ТЕРРИКОНОВ

В районе угольных шахт терриконы оказывают достаточно сильное техногенное влияние на почвы и почвенный покров. В районе терриконов происходят термокарстовые просадки почв, сопровождающиеся заболачиванием прилегающих территорий. Изменение гидротермического и окислительно-восстановительного режимов способствует усилению оглеения почв, формированию тундровых болотных почв. Вследствие вывалов породы, шлака и использования гусеничного транспорта происходит механическое разрушение, уплотнение, дезагрегация или деградация прилегающих к терриконам почв. Эволюция механично-трансформированных почв определяется степенью их трансформации. При сравнительно незначительных воздействиях и частичном сохранении напочвенного покрова следует ожидать регрессивного хода эволюции. В случае деградации возникают техноземы (Лебедева и др., 1996), потенциал самовосстановления которых в тундре очень низок.

Влияние шахтных отвалов на почвенный покров заключается еще и в изменении физико-химических свойств почв. Загрязнение поверхности почв происходит за счет сдувания тонкодисперсной (0.5 мм) угольной пыли с подсохшей поверхности хранилищ, зольность которой составляет 16.1–42.6%. Содержание СаО в золе углей 1–7%. Породные отвалы шахт характеризуются аномальным содержанием ряда элементов (Cu, Zn, Pb, Hg и др.), имеющих техногенное происхождение. Привнос твердой фазы способствует увеличению содержания углерода (угольная пыль), что приводит к изменению не только количества, но и состава органического вещества. Оседание угольной пыли, смешивание породных отвалов шахт с почвенной массой постепенно будет способствовать одерновыванию или формированию гумусово-аккумулятивного горизонта, свойственного почвам более южных природных зон.

Исследования почв проведены на территории расположения породного отвала шахты «Воркутинская», функционировавшего с 1994 по 2012 гг. (рис. 42). Отвал образован шахтными породами углисто-аргиллитового состава. Площадь основания отвала составляет 160 тыс. м², высота около 25 м, объем вмещающей породы более 2500 тыс. м³. На поверхности отвала отсутствует растительный покров.

Нарушенные территории около шахты Воркутинская на защи-

щенных от ветра участках интенсивно зарастают разнотравно-злаковыми ассоциациями под пологом зарослей ивы высотой до 3 м. Участки вблизи отвала в северо-западном и северном направлениях (до 300 м вокруг) представляют собой нарушенную ерниково-ивняковую разнотравно-моховую тундру. Территория характеризуется бугорковатым микрорельефом со следами нарушения напочвенного покрова и верхних горизонтов почвы от проезда транспорта и присутствия свалок промышленного и бытового мусора. В кустарниковом ярусе преобладают карликовая береза (*Betula nana*), ивы филиколистная (*Salix phylicifolia*), шерстистая (*S. lanata*) и серо-голубая (*S. glauca*), высота яруса 0.9–1.2 м, сомкнутость до 60%. В травянисто-кустарничковом ярусе господствуют виды, обычные для тундровой зоны: *Calamagrostis neglecta*, *Cerastium jenisejense*, *Vaccinium vitis-idaea*, *V. uliginosum* и *Salix reticulata*, обнаружены виды влажных мест обитаний – *Eriophorum scheuchzeri*, *Parnassia palustris*, а также элементы флоры антропогенно-нарушенных территорий – *Deschampsia cespitosa* и *Equisetum arvense*.

Участки, расположенные на расстоянии 300–1500 м от подножия шахтного отвала в северо-западном направлении, представляют собой ненарушенную ивняково-ерниковую мохово-кустарничковую тундру. Доля травянистой растительности уменьшается, а доля мхов увеличивается, их проективное покрытие составляет 98%. В северном направлении на расстоянии 300–1800 м от отвала ерниково-ивняковая разнотравно-моховая тундра сменяется ерниково-ивняковой пушицево-моховой тундрой. Нарушений напочвенного и почвенного покровов не выявлено, редко встречается строительный мусор. Данный тип растительных сообществ характерен для пологих склонов моренных гряд и увалов. Микрорельеф слабоволнистый, мелкобугорковатый, кустарниковый ярус развит, высота ив до 0.8–1.0 м, общее проективное покрытие до 60%. Травянисто-кустарничковый ярус хорошо выражен, с ведущим положением *Eriophorum scheuchzeri*. В небольшом обилии отмечены кустарнички: *Empetrum hermafroditum*, *Vaccinium uliginosum*, *Rubus arcticus* и трав – *Festuca ovina*, *Calamagrostis neglecta* и ряда других. Напочвенный покров сплошной и на 79% состоит из зеленых мхов.

На глубине перемешивания породных отвалов шахт и шлака с почвой происходит изменение физико-химических свойств: нейтрализация реакции, повышение содержания обменных оснований. Аккумуляция углерода и азота наблюдается в маломощном поверхност-

ном слое, наиболее насыщенном органическими остатками, корнями растений. Органо-аккумулятивный горизонт почвы, сформированный в течение 50 лет под влиянием, в основном, травянистых растений, достигает мощности 3 см. В трансформированной почве интенсивно протекают гумус-аккумулятивные процессы. Микростроение дернового горизонта характеризуется агрегированностью, темно-бурой гумусо-глинистой тонкодисперсной массой. Подстиляющие горизонты являются компактными, с множеством конкреций и частиц угля, с темно-бурой или черной тонкодисперсной массой.

Трансформация глееземов криометаморфических (условно фоновых почв) заключается в разрушении и перемешивании поверхностных горизонтов, гомогенизации, а также нейтрализации кислотности, обогащении обменным кальцием за счет угольной пыли и отходов угледобычи. Одновременно происходит аккумуляция в них битумов и гуминовых кислот, содержащихся в углях, фрагменты которых подвергаются криогенному выветриванию и диспергации в почве. Гумусовые вещества, гуматы кальция способствуют агрегации почвы, обогащению ее элементами питания растений. Этим объясняется формирование «оазисов» на защищенных от ветра территориях.

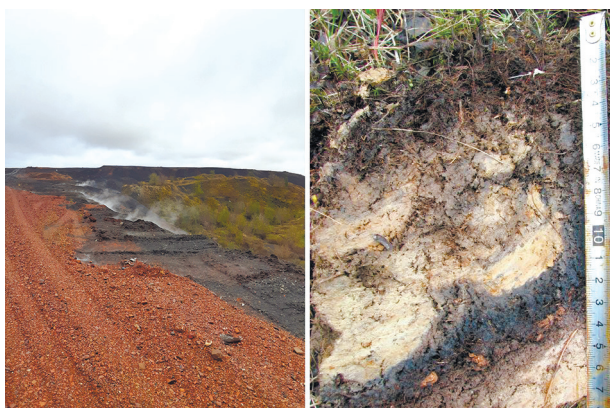


Рис. 42. Фото тундрового ландшафта на границе с терриконом (слева) и почвенного профиля механически нарушенного глеезема криометаморфического (справа) вблизи террикона шахты Воркутинская.

Литература к разделу

Арчегова, И. Б. Возможности и экономическая целесообразность сельского хозяйства в тундре / И. Б. Арчегова, А. Н. Панюков, В. А. Андрианов // Север и рынок: формирование экономического порядка. – 2013. – № 1. – С. 12–15.

Атлас почв Республики Коми / И. В. Забоева, А. И. Таскаев, Г. В. Добровольский, В. А. Безносиков, Г. Я. Елькина, Д. А. Каверин, Е. Д. Лодыгин, Н. Г. Оберман, Е. М. Лаптева, Г. В. Русанова, Е. Д. Никитин, И. Б. Арчегова, Е. В. Жангуров, А. Н. Панюков, А. В. Пастухов, И. А. Лиханова, Г. А. Симонов, Г. Г. Мажитова, Г. М. Втюрин, В. Г. Казаков, В. В. Елсаков, Л. Н. Рыбин, В. В. Мокиев, Б. М. Кондратенко ; ред. Г. В. Добровольский, А. И. Таскаев, И. В. Забоева. – Сыктывкар : ООО Коми республиканская типография, 2010. – 356 с.

Атлас Республики Коми по климату и гидрологии / ред. А. И. Таскаев. – М. : Дрофа; ДиК, 1997. – 115 с.

Вадюнина, А. Ф. Методы исследования физических свойств почв и грунтов / А.Ф. Вадюнина, З. А. Корчагина. – М. : Высш. шк., 1986. – 416 с.

Геокриологическая карта СССР, масштаб 1:2 500 000 / отв. ред. Е. Д. Ершов, К. А. Кондратьев. – М. : Мин. геологии СССР и МГУ, 1998. – 16 л.

Гецен, М. В. Воркута – город на угле, город в Арктике / М. В. Гецен. – Сыктывкар: ГУ «Республиканский экологический центр», 2011. – 512 с.

Государственная почвенная карта России, масштаб 1:1 000 000. Лист Q-41 «Воркута» / отв. ред. Л. Л. Шишов. – М. : ФСГКР, 2000.

Елсаков, В. В. Материалы спутниковых съемок в анализе значений хлорофилльного индекса тундровых фитоценозов / В. В. Елсаков // Исследование земли из космоса. – 2013. – № 1. С. 60–70.

Елсаков, В. В. Растительный покров Югорского полуострова в условиях климатических флуктуаций последних десятилетий / В. В. Елсаков, Е. Е. Кулюгина // Исследование земли из космоса. – 2014. – № 3. – С. 65–77.

Карта четвертичных образований территории Российской Федерации. Масштаб 1:2 500 000 / отв. ред. А. С. Застрожных. – СПб. : ФГУП «ВСЕГЕИ», 2010.

Производство кормов в условиях Крайнего Севера / Н. С. Котелина, И. Б. Арчегова, В. А. Иванов, В. И. Назарова // Вестник сельскохозяйственных наук. – 1985. – № 7. – С. 78–83.

Краснов, И. И. Результаты изучения четвертичных отложений Большеземельской тундры и Печорской низменности / И. И. Краснов // Бюллетень комиссии по изучению четвертичного периода. – 1947. – № 9. – С. 76–79.

Ковалева, В. А. Почвенные грибы как компоненты постагрогенных фитоценозов в тундре / В. А. Ковалева, С. В. Денева, А. Н. Панюков // Вестник Института биологии Коми НЦ УрО РАН. – 2017. – № 3. – С. 7–14.

Лебедева, И. И. Антропогенно-преобразованные почвы в мировых классификационных системах / И. И. Лебедева, В. Д. Тонконогов, М. И. Герасимова // Почвоведение. – 1996. – № 8. – С. 961–967.

Мажитова, Г. Г. Температурные режимы почв в зоне несплошной многолетней мерзлоты европейского северо-востока России / Г. Г. Мажитова // Почвоведение. – 2008. – № 1. – С. 54–67.

Огуреева, Г. Н. Ботанико-географическое районирование СССР / Г. Н. Огуреева. – М. : Изд-во МГУ, 1991. – 188 с.

Биологическое разнообразие и продуктивность антропогенных экосистем Крайнего Севера / А. Н. Панюков, Н. С. Котелина, И. Б. Арчегова, Ф. М. Хабибуллина. – Екатеринбург : УрО РАН, 2005. – 120 с.

Панюков, А. Н. Восстановительная сукцессия на залежах в условиях восточноевропейской тундры / А. Н. Панюков // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. – 2013. – № 8 (Ч. 2). – С. 235–238.

Панюков, А. Н. Трансформация постагрогенных экосистем на Крайнем Севере / А. Н. Панюков, И. Б. Арчегова // Земледелие. – 2011. – № 5. – С. 3–5.

Пьявченко, Н. И. Осушение болот и охрана природы / Н. И. Пьявченко // Проблемы воздействия на окружающую среду. – М., 1955. – С. 79–83.

Русанова, Г. В. Особенности автоморфного почвообразования в ландшафтах Большеземельской тундры / Г. В. Русанова, О. В.

Шахтарова // Известия Коми НЦ УрО РАН. – 2013. – №3(15). – С. 27–34.

Теория и практика химического анализа почв / ред. Л. А. Воробьева. – М. : ГЕОС, 2006. – 400 с.

Федорец, Н. Г. Экологические особенности трансформации соединений углерода и азота в лесных почвах / Н. Г. Федорец, О. Н. Бахмет. – Петрозаводск: Карельский научный центр РАН, 2003. – 240 с.

Хантимер, И. С. Сельскохозяйственное освоение тундры / И. С. Хантимер. – Л. : Наука, 1974. – 226 с.

Экологические принципы природопользования и природовосстановления на Севере / ред. И.Б. Арчегова. – Сыктывкар, 2009. – 176 с.

Oberman, N. G. Contemporary permafrost degradation of the European north of Russia / N. G. Oberman // Proceedings of the Ninth International Conference on Permafrost Fairbanks. – Fairbanks : University of Alaska Press, 2008. – Vol. 2. – P. 1305–1310.

Specificity of soil forming processes and properties of upland soils in the south-east of the Bolshezemelskaya tundra / G. Rusanova, S. Deneva, O. Shakhtarova, E. Lapteva // Soil Science in International Year of Soils: Article book of the Proceedings of the International Congress, 2015. – P. 356–360.

Маршрут №2

АВТОМОРФНЫЕ ПОЧВЫ СРЕДНЕЙ И ЮЖНОЙ ТАЙГИ, ИХ АГРО- И ПОСТАГРОГЕННАЯ ТРАНСФОРМАЦИЯ¹

ПРОГРАММА ЭКСКУРСИИ

14 августа 2022 г.

- 09:00 Отъезд участников экскурсии из г. Сыктывкара
- 09:30 – 10:30 Демонстрационный объект №1. Максимовский стационар. Подзолистая почва с микропрофилем подзола (средняя тайга)
- 10:30 – 11:30 Демонстрационный объект №2. Агродерново-подзолистая почва
- 11:30 – 13:30 Демонстрационный объект №3. Знакомство с экспериментальными площадками и результатами исследований Института агробиотехнологий ФИЦ Коми НЦ УрО РАН
- 13:30 – 14:30 Обед (нас.п . Вьльгорт)
- 14:30 – 18:00 Культурная программа по пути следования: с. Лозым – с. Куратово – с. Визинга. Посещение Ужин.
- 19:30 – 21:00 Размещение на турбазе «Серебряные родники».

15 августа 2022 г.

- 09:00 Отъезд с турбазы «Серебряные родники».
- 9:00 – 11:30 Проезд по маршруту: с. Визинга – с. Летка (дер. Крутотыла)
- 11:30 – 13:30 Демонстрационный объект №4. Летский стационар. Дерново-подзолистая почва. Дерново-подзолистая постагрогенная почва.
- 14:00-15:00 Обед на маршруте с. Летка – г. Киров (нас. п Даниловка)
- 15:00 – 17:00 Проезд по маршруту: Даниловка – г. Киров. Размещение в гостинице г. Киров
- 18:00 – 20:00 Обзорная автобусная экскурсия по вечернему Кирову
- 21:00 Фуршет

¹ Авторы: к.б.н. Е.М. Лаптева, д.с.-х.н. А. М. Прокашев, к.б.н. Ю.В. Холопов, д.с.-х.н. Н.Т. Чеботарев, к.т.н. А.А. Юдин, к.г.н. А.С. Матушкин, Е.М. Перминова, Е.С. Соболева, С.Л. Мокрушин.

16 августа 2022 г.

9:00	Отъезд из гостиницы.
9:00 – 12:00	Демонстрационный объект №5. Дерново-подзолистая почва со вторым гумусовым горизонтом (южная тайга)
12:00 – 13:00	Обед участников экскурсии в полевых условиях
13:00 – 15:00	Демонстрационный объект №5. Агродерново-подзолистая со вторым гумусовым горизонтом (южная тайга)
15.00 – 16.30	Возвращение в г. Киров
16.30 – 18.00	Завершение экскурсии. Ужин. Культурная программа. Отъезд участников.

Специфика географического расположения Республики Коми ограничивает развитие здесь сельского хозяйства. Основные площади пахотных угодий в республике приурочены в основном к подзонам южной и средней тайги. К северу площадь пашни резко снижается. Под пашни в первую очередь вовлекались автоморфные подзолистые почвы вблизи селений, приуроченные к приречным склонам и увалам. Площадь пахотных угодий существенно менялась в течение прошлого столетия. В настоящее время сельскохозяйственные угодья (пашни, луга, пастбища) занимают чуть менее 1% площади республики. В их структуре основную роль играют сенокосы и пастбища, на долю пахотных почв приходится около 20% от общей площади земель сельскохозяйственного назначения. Как и на территории других регионов России, в республике за последние 30 лет произошло значительное сокращение сельскохозяйственных угодий (рис. 35), что обусловило соответствующую постагрогенную трансформацию их почв.

Участники совершат автобусный тур от г. Сыктывкара до южной границы Республики Коми и далее – до г. Кирова (Кировская область). Общая протяженность маршрута – 410 км (рис. 36). В ходе экскурсии вниманию участников будут представлены почвы естественных таежных экосистем, формирующихся в подзонах средней и южной тайги, – подзолистые с микропрофилем подзола, дерново-подзолистые почвы, в т.ч. со вторым гумусовым

горизонтом, а также их агро- и постагрогенно преобразованные варианты. На примере долговременного полевого эксперимента с шестипольным кормовым севооборотом будут рассмотрены результаты влияния различных доз минеральных и органических удобрений на сохранение и поддержание плодородия пахотных почв в условиях подзоны средней тайги. Обсуждены особенности формирования почв в постагрогенных ландшафтах, специфика изменения морфологических и физико-химических свойств дерново-подзолистых почв на этапе постагрогенеза. Кроме того, участникам экскурсии будет предложена обширная культурная программа, в ходе которой можно будет ознакомиться с историей Коми края, его традициями и бытом, познакомиться с достопримечательностями г. Кирова и Кировской области.

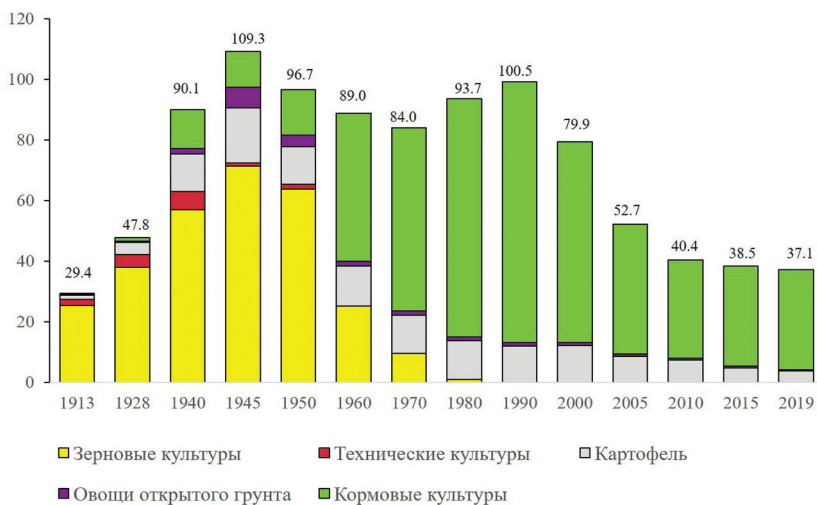


Рис. 35. Динамика структуры пахотных площадей в Республике Коми, тыс. га.

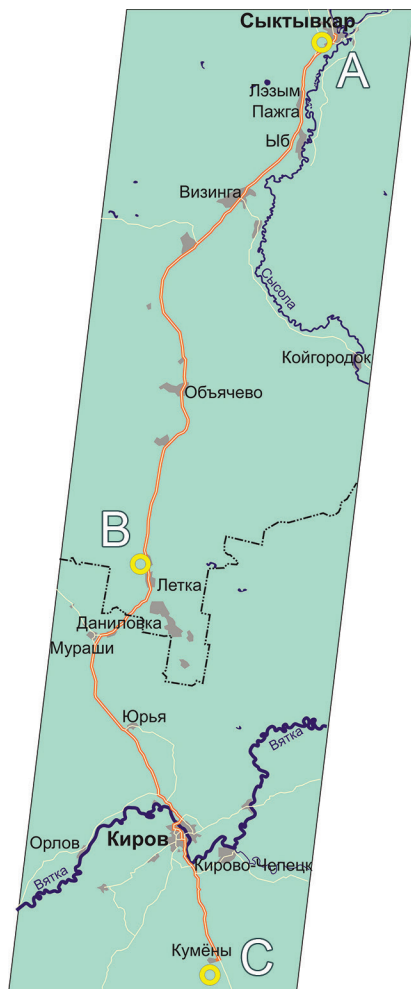


Рис. 36. Маршрут научной почвенной экскурсии. Местоположение демонстрационных объектов, расположенных в подзоне средней тайги: А – объекты №№ 1, 2, 3; южной тайги: В – объект № 4 (В); С – объект № 5.

Демонстрационный объект № 1

ПОДЗОЛИСТАЯ С МИКРОПРОФИЛЕМ ПОДЗОЛА ПОЧВА

Для демонстрации строения и свойств подзолистой почвы с микропрофилем подзола использован почвенный стационар ИБ ФИЦ Коми НЦ УрО РАН – Максимовский стационар. Почвенные исследования на территории Максимовского стационара проводятся сотрудниками отдела почвоведения ИБ ФИЦ Коми НЦ УрО РАН в течение последних 20–25 лет (Структурно-функциональная..., 2001; Путеводитель..., 2002; Шамрикова, 2013; Лодыгин и др., 2007; Холопов, 2018).

Располагается стационар в 6 км к западу от г. Сыктывкара. По ботанико-географическому районированию, его местоположение относится к подзоне средней тайги. В данной подзоне господствуют зеленомошно-черничные еловые леса, класс бонитета III–V, сомкнутость крон 0.7–0.8, высота еловых древостоев составляет в среднем 18–20 м, возраст 110–160 лет. При усилении поверхностного переувлажнения почв в составе напочвенного покрова начинают доминировать политриховые мхи, по мере ухудшения условий увлажнения, леса переходят в зеленомошно-долгомошные и зеленомошно-сфагновые группы V бонитета. Травянистая растительность в напочвенном покрове еловых лесов слаборазвита, что является характерной особенностью хвойных сообществ средней тайги.

Район расположения стационара входит в атлантико-континентальную климатическую область и характеризуется как умеренно-континентальный умеренно-холодный. Среднегодовая температура воздуха +1.0 °С, продолжительность периода с температурой воздуха <0 °С –172 дня, годовая сумма осадков – 556 мм, коэффициент увлажнения по Н.Н. Иванову – 1.2 (Атлас... РК, 1997).

Территория стационара приурочена к холмисто-увалистой моренной равнине времен Московского оледенения (Втюрин, 1991) с узкими волнистыми водоразделами притоков крупных рек – Вычегды и Сысолы. Абсолютные высоты здесь достигают 230 м над ур. м., преобладающие высоты – 160–190 м над ур.

м. Почвообразующие породы – крупнопылеватые покровные и моренные суглинки. Превышения вершин холмов над разделяющими их ложбинами и тальвегами ручьев составляет 15–25 м. Увал сверху перекрыт мощной толщей (до 4.3 м) покровных пылеватых суглинков, вскипающих при обработке раствором HCl с глубины 140–170 см от поверхности. Структура почвенного покрова участка состоит из сочетаний подзолистых почв с Al-Fe гумусовым субпрофилем, занимающих наиболее дренированные места выпуклых микроводоразделов, и торфяно-подзолисто-глеевых почв, формирующихся на наиболее выровненных участках склонов, в низинах, устьях ложбин и лощин (Путеводитель..., 2002). Согласно принципам классификации и диагностики почв России (Классификация..., 2004; Полевой..., 2008), исследованные здесь почвы представлены следующим рядом: подзолистая с микропрофилем подзола → торфяно-подзолисто-глеевая мелкоторфянистая → торфяно-подзолисто-глеевая торфянистая, относящихся к отделу: Текстурно-дифференцированные почвы.

Строение и свойства профиль подзолистой с микропрофилем подзола почвы рассмотрены на примере разреза Р-2 (координаты: 61°39' с.ш., 50°41' в.д.). Разрез заложен на гребне увала, абсолютная высота 170 м над. ур. м. (рис. 37). Почвообразующие породы покровные пылеватые суглинки. Растительность: ельник чернично-зеленомошный с примесью березы, осины пихты (возраст 110–130 лет). Полнота древостоя 0.6–0.7. В подлеске – рябина, в кустарниковом ярусе – шиповник, в травяно-кустарничковом ярусе – черника, костяника, брусника, линнея северная. В напочвенном покрове вершины увала преобладают зеленые мхи, в микрозападинах – политрихум.

Морфологическое строение профиля

O 0–5 см	Слаборазложившаяся торфянистая темно-коричневая подстилка, покрывающая опадом хвои, листьев, веток, переплетена корнями, гифами грибов, влажная.
EL[e] 5–10 см	Белесый (10YR5/4), с темно-коричневыми примазками, листоватый, легко-суглинистый пылеватый, рыхлый, свежий, обычны корни, граница языковатая, резкая.
EL[hf] 10–15 см	В форме светло-ржавой каймы (10YR4/4) мощностью 2–3 см с яркими ржавыми пятнами диаметром до 8 см вокруг крупных корней, рыхлый, порошистый, легкосуглинистый пылеватый, свежий, переход ясный, граница ровная.

ELf 15–35 см	Палевый (10YR4/4) с серо-палевыми диффузными пятнами, слоеватый, легкосуглинистый пылеватый, слабоуплотнен, единичные корни, переход нечеткий.
BEL 35–60 см	Серовато-бурый (10YR4/4), легкосуглинистый пылеватый, плитчато-комковатый, на гранях плиток интенсивная кремнеземистая присыпка (10YR5/4), фрагментарные глинистые пленки (7.5YR4/4), свежий, уплотнен, переход нечеткий.
BT1 60–80 см	Бурый (7.5YR4/6), среднеореховатый, среднесуглинистый, пылеватый, глинистые кутаны (7.5YR4/4) сплошные, присыпка на горизонтальных плоскостях фрагментарны, на вертикальных прерывисты, максимально по профилю количество марганцовистых примазок, вертикальные трещины, плотный, свежий, по трещинам редкие корни.
BT2 80–100 см	Аналогичный по цвету (7.5YR5/4), ореховато-плитчатый, толщина плиток около 1 см, тяжелосуглинистый пылеватый, плотный, вязкий, внутри педов черные примазки. Пленки и присыпка на гранях сохраняется.
BT3 100–120 см	Светло-бурый (7.5YR4/6), ореховато-плитчатый средний пылеватый суглинок, тонкопористый, толщина плиток 2-3 см, внутриведная масса чуть темнее поверхностей педов, присыпка очень слабая, встречаются корни.
BC 120–150 см	Светло-бурый (7.5YR4/6), оструктурен слабо: есть признаки плитчатости, тонкопористый, влажный, плотный средний суглинок, корни достигают глубины 150 см.

Характерной диагностической особенностью морфологического строения подзолистых почв Максимовского стационара является сочетание элювиального горизонта (EL) с текстурным (BT). Текстурированный горизонт BT в срединной части профиля почв выделяется хорошо выраженной четкой призматической структурой с белесой присыпкой (скелетаны) и глинистыми натеками (кутаны) по граням агрегатов. Кроме того, специфической особенностью морфологического строения подзолистых почв данного участка следует отнести формирование вложенного микропрофиля подзола EL[e](5–10 см) – EL[hf] (10–15 см) в верхней части профиля, что характерно для профиля среднетаежных подзолистых почв, занимающих наиболее хорошо дренированные позиции в рельефе (Структурно- функциональная..., 2001; Канев, 2002; Путеводитель..., 2002). С повышением влажности почв Al-Fe-гумусовый барьер исчезает и горизонт EL[hf] не образуется.

Автоморфные подзолистые почвы развиваются под влиянием промывного водного режима с кратковременным избыточным переувлажнением в весенне-осенний период. Запасы влаги в верхнем

30-ти сантиметровом слое подзолистых почв данного участка колеблются от влажности завядания (ВЗ) до наименьшей (НВ) и полной (ПВ) влагоемкости, в глубоких горизонтах не превышают НВ.

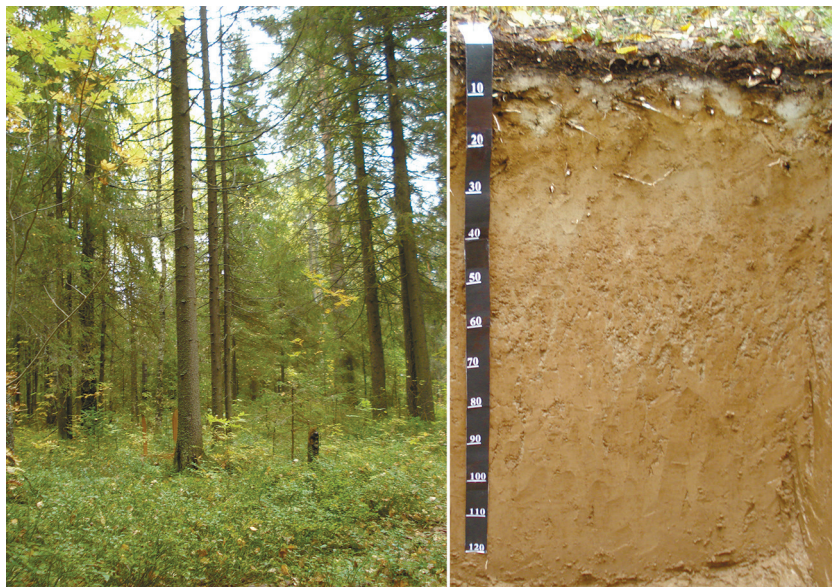


Рис. 37. Ельник чернично-зеленомошный (А) и профиль подзолистой с микропрофилем подзола почвы (Б).

Отрицательные температуры в почвах данного ключевого участка сохраняются в течение 6–7 месяцев (Структурно-функциональная..., 2001; Мокиев, 2009). Наиболее сильно промерзает только подстилка и подзолистый горизонт – до минус 2–4 °С. Нулевые температуры проникают до глубины 85 см, однако, как отмечает В.В. Мокиев (2009), глубина промерзания не всегда совпадает с глубиной перехода температуры через 0 °С, в связи с замерзанием почвенного раствора при температуре ниже 0 °С. Многолетние наблюдения показали, что промерзание подзолистых почв в данном районе достигает 40 см от поверхности почвы в автоморфных условиях и до 24 см в полугидроморфных (Мокиев, 2009). Летом период активных температур выше 10 °С в подзолистой

почве на глубине 20 см обычно длится около месяца (20–40 дней), мощность зоны активных температур чаще всего варьирует в пределах 40–55 см (Структурно-функциональная..., 2001).

Рассматриваемая подзолистая с микропрофилем подзола почва формируется на крупно-пылеватых средних суглинках, подстилаемых пылеватыми тяжелыми карбонатными суглинками (табл. 45). Профиль Р-2 характеризуются достаточно четкой дифференциацией профиля по илу (табл. 46) и полуторным оксидам (табл. 45). Показатель КД илистой фракции в профиле почвы Р-2 достигает 6.1. Результаты валового анализа и расчет молекулярных отношений кремнезема к полуторным оксидам иллюстрирует достаточно сильное обеднение элювиальной толщи соединениями железа и алюминия (табл. 45).

Физико-химические свойства исследуемой почвы представлены в табл. 3, 4. Рассматриваемая почва отличается повышенной кислотностью, с минимальными значениями величины pH_{KCl} в подстильно-торфяном (4.1 ед. pH) и подзолистом (3.8 ед. pH) горизонтах. Подзолообразование обуславливает обеднение биогенными элементами и выщелоченность от обменных оснований осветленных элювиальных горизонтов ЕL. В нижней части почвы насыщенность основаниями значительно увеличивается в связи с карбонатностью подстилающей породы, однако, в связи с промывным водным режимом наличие карбонатов не влияет на современные процессы почвообразования (Забоева, 1975; Структурно-функциональная..., 2001).

Подзолистая с микропрофилем почва малогумусна, аккумуляция органического вещества происходит в подстильно-торфяном горизонте благодаря низкой скорости разложения растительных остатков (табл. 48). Почвенное органическое вещество характеризуется преобладанием фульватного типа гумуса при отсутствии доли фракций, связанных с кальцием (табл. 49). Гуминовые кислоты носят упрощенный характер и представлены гуминоподобными соединениями (темноокрашенными пигментами микромицетов). Гумусовые вещества отличаются агрессивностью по отношению к минералам и подвижностью в профиле (Слобода, 1968; Арчегова, 1974; Забоева, 1975; Лодыгин и др., 2007, 2016; Лодыгин, 2016).

Таблица 45

**Гранулометрический состав подзолистой с микропрофилем подзола почвы,
разрез Р-2**

Горизонт (глубина, см)	W, %	Потеря при обработке HCl, %	Содержание фракции, %; размер фракции, мм							сумма частиц < 0.01
			1- 0.25	0.25- 0.05	0.05- 0.01	0.01- 0.005	0.005- 0.001	< 0.001		
EL[e] (5–10)	0.54	0.61	1	24	58	5	7	5	17	
EL[hf] (10–15)	1.03	0.99	3	22	58	3	6	9	18	
ELf (20–35)	0.56	0.3	1	19	59	8	8	5	20	
BEL1 (35–42)	1.14	0.66	1	20	52	5	9	14	28	
BEL2 (45–60)	2.89	1.02	0	9	40	8	8	34	51	
BT1 (62–80)	2.77	1.09	1	16	44	4	2	34	40	
BT2 (80–100)	2.47	0.89	0	14	49	5	2	31	37	
BT3 (100–120)	2.4	1.16	0	16	49	3	4	27	34	

Таблица 46

**Валовой химический состав
подзолистой с микропрофилем подзола почвы**

Горизонт (глубина, см)	SiO ₂	Fe ₂ O ₃	Al ₂ O ₃	P ₂ O ₅	CaO	MgO	Na ₂ O	K ₂ O	Молекулярные отношения			КД*	
	%								SiO ₂ / Fe ₂ O ₃	SiO ₂ / Al ₂ O ₃	SiO ₂ / P ₂ O ₅	Fe ₂ O ₃	SiO ₂
EL[e] (5–10)	85.5	1.1	7.8	0	0.7	0.3	1.6	2.1	206.5	18.6	17.1	–	–
EL[hf] (10–15)	77.1	3.8	12.1	0.1	0.9	1.0	1.6	2.4	54.1	10.8	9	3.5	0.9
ELf (20–35)	78.5	3.4	11.2	0	0.9	1.1	1.2	2.6	61.4	11.9	10	3.1	0.9
BEL1 (35–42)	79.0	3.3	11.1	0.1	1.0	1.1	1.0	2.6	63.9	12.1	9.3	3.0	0.9
BEL2 (45–60)	76.4	4.1	13.4	0.1	0.8	1.1	1.2	2.1	49.7	9.7	8.1	3.7	0.9
BT1 (62–80)	71.5	6.2	13.8	0.1	1.3	1.6	1.6	2.9	30.8	8.8	6.8	5.6	0.8
BT2 (80–100)	71.1	6.1	14.2	0.1	1.6	1.8	1.3	2.6	31.1	8.5	6.7	5.5	0.8
BT3 (100–120)	72.9	5.3	13.2	0.1	1.6	1.8	1.3	2.8	36.7	9.4	7.5	4.8	0.9

Примечание. *КД – коэффициент профильной дифференциации (отношение содержания оксидов железа (Fe₂O₃) или оксида кремния (SiO₂) в соответствующем горизонте к таковому в горизонте EL).

Таблица 47

**Кисотно-основные свойства подзолистой с микропрофилем подзола почвы,
разрез Р-2**

Горизонт (глубина, см)	W, %	рН		Обменная кислотность			Нг
		H ₂ O	KCl	Н	Al	Н+Al	
АО (0–5)	5.5	4.50±0.10	4.10±0.10	0.64	4.96	5.6	43.9±5.3
EL[e] (5–10)	0.54	4.62±0.10	3.94±0.10	0.06	2.21	2.27	4.61±0.55
EL[hf] (10–15)	1.03	4.48±0.10	3.87±0.10	0.01	1.71	1.72	7.92±0.95
ELf (20–35)	0.56	4.89±0.10	3.86±0.10	0.01	2.07	2.08	3.82±0.46
BEL (35–42)	1.14	5.14±0.10	3.64±0.10	0.01	2.07	2.08	4.82±0.58
BEL (45–60)	2.89	5.13±0.10	3.53±0.10	0.01	2.83	2.84	8.11±0.97
BT1 (62–80)	2.77	5.40±0.10	3.72±0.10	0.02	0.92	0.94	5.11±0.61
BT2 (80–100)	2.47	5.77±0.10	4.00±0.10	0.01	0.33	0.34	3.4±0.41
BT3 (100–120)	2.4	–	–	0.004	0.02	0.02	–
BC (130–150)	–	7.10±0.10	5.75±0.10	–	–	–	1.13±0.14
BC (150–170)	–	7.58±0.10	6.63±0.10	–	–	–	0.6±0.07

По всему профилю подзолистой почвы в составе илистой фракции диагностируются иллит и каолинит (табл. 50). Разбухающий компонент по горизонту EL включительно представлен монтмориллонитом, находящимся в виде индивидуальной фазы, хотя какая-то его часть может входить в состав смешаннослойного иллит-монтмориллонита с малым содержанием иллитовых пакетов. В верхней части профиля идентифицируется хорошо упорядоченный смешаннослойный иллит-монтмориллонитовый минерал с приблизительно равным соотношением компонентов, а в толще компонентов EL[hf]–ELf – хлорит. В пределах элювиальной и переходной BEL толщ наблюдается увеличение доли минералов, входящих в группу «каолит+хлорит», что приводит к возрастанию доли алюминия в валовом химическом составе.

Таблица 48

**Некоторые физико-химические свойства подзолистой с микропрофилем
подзола почвы, разрез Р-2**

Горизонт, (глубина, см)	С	N	Обменные катионы		Vs, %	Fe ₂ O _{3ox}	Al ₂ O _{3ox}	Fe ₂ O _{3d}
			Ca ²⁺	Mg ²⁺				
	%		смоль/кг почвы		%			
АО (0–5)	33.5±1.4	1.550±0.230	30.5±2.3	19.1±1.4	53	–	–	–
EL[e] (5–10)	0.31±0.07	0.020±0.006	0.60±0.10	1.10±0.11	30	0.31±0.10	0.15±0.04	0.36
EL[hf] (10–15)	0.70±0.04	0.051±0.010	0.60±0.10	0.20±0.02	14	0.56±0.08	0.23±0.05	0.58
ELf (20–35)	0.16±0.04	0.018±0.005	0.90±1.40	0.60±0.06	26	0.37±0.13	0.14±0.03	0.54
BEL (35–42)	0.14±0.03	0.021±0.006	1.80±0.16	0.80±0.08	37	0.46±0.07	0.17±0.04	0.69
BEL (45–60)	0.38±0.09	0.058±0.012	4.7±0.4	2.40±0.18	58	0.76±0.11	0.39±0.09	1.08
BT1 (62–80)	0.20±0.05	0.035±0.010	9.0±0.7	2.60±0.20	77	0.41±0.06	0.28±0.07	0.81
BT2 (80–100)	0.16±0.04	0.032±0.009	11.3±0.8	2.20±0.17	85	0.33±0.11	0.24±0.06	0.75
BT3 (100–120)	0.18±0.04	0.028±0.008	11.3±0.8	3.20±0.24	–	0.41±0.06	0.26±0.06	0.81
BC (130–150)	0.17±0.04	0.030±0.009	11.2±0.8	3.70±0.28	93	0.24±0.08	0.17±0.04	–
BC (150–170)	0.17±0.04	0.030±0.009	14.0±1.1	3.80±0.29	97	0.20±0.07	0.18±0.04	–

Таблица 49

**Фракционно-групповой состав гумуса подзолистой
с микропрофилем подзола почвы***

Горизонт (глубина, см)	Сорг.**, %	Гуминовые кислоты (ГК)			Фульвокислоты (ФК)			Сумма			C _{ГК} :C _{ФК}	C _{НО}
		ГК-1	ГК-2	ГК-3	ФК-1	ФК-2	ФК-3	ГК	ФК	ГК+ФК		
АО (0–5)	33.5	9	–	3	11	–	3	12	14	26	0,85	74
EL[e] (5–10)	0.47	11	–	6	40	–	11	17	51	68	0,33	32
EL[hf] (10–15)	0.75	11	–	3	41	–	11	13	52	65	0,26	35
ELf (20–35)	0.31	10	–	10	39	–	6	19	45	65	0,43	35
BEL (35–42)	0.23	13	–	9	39	–	9	22	48	70	0,45	30

Примечание. *Фракционно-групповой состав гумуса определен методом последовательного выделения групп и фракций из одной навески почвы (модификация пирофосфатного метода Кононовой-Бельчиковой); С_{общ.} – определяли методом Тюрина со спектрофотометрическим окончанием; C_{НО} – углерод негидролизующего остатка.

Таблица 50

**Качественный минералогический состав илистой (<0.001 мм) фракции
подзолистой с микропрофилем подзола почвы**

Горизонт, (глубина, см)	Каолинит	Иллит	Хлорит	Монтмо- риллонит	Хлорит- вермикулит	Иллит- монтмо- риллонит	Кварц	Плагио- клязы	Калиевые Полевые шпаты
EL[e] (5–10)	+	+		+	+	+	+	+	+
EL[hf] (10–15)	+	+	+	+	+		+	+	+
ELf (20–35)	+	+	+	+	+		+	+	+
BEL (35–42)	+	+	+	+	+		+	+	+
BEL (45–60)	+	+		+	+		+		
BT1 (62–80)	+	+		+	?		+		
BT2 (80–100)	+	+		+	?		+		
BT3 (100–120)	+	+		+	?		+		
BC (130–150)	+	+		+	+		+		
BC (150–170)	+	+		+	+		+		

Примечание. (+) – минерал присутствует; (?) – присутствие минерала возможно, но он достоверно не диагностируется.

Реологические свойства подзолистой почвы Р-2 представлены в табл. 51. Наиболее прочные межчастичные контакты ($G' = 1.29 \cdot 10^6 - 1.36 \cdot 10^6$ Па) зафиксированы в подгоризонтах микропрофиля подзола – EL[e] (5–10 см) и EL[hf] (10–15 см). Повышенная прочность обусловлена иллювиальной пропиткой и цементацией почвенной массы высоко- и низкомолекулярными органическими веществами в сочетании с влиянием альфегумусовых соединений. В этих горизонтах (EL[e]–EL[hf]) выявлено наиболее высокое для минеральной части профиля содержание Собщ. (0.31–0.70%) и повышенное – оксалаторастворимых форм соединений железа (Fe_2O_3 0.31–0.56%) (таблица 48). Повышенная жесткость подгоризонтов микропрофиля подзола может быть обусловлена также дилатантным упрочнением частиц в начале деформационного процесса, вследствие низкого содержания здесь частиц илистой фракции. Дополнительным фактором, определяющим формирование контактов с повышенной прочностью в верхних горизонтах почвы, могут служить процессы промерзания, достигающие на данном участке до глубины 40 см. Воздействие всех этих факторов приводит к

образованию очень прочных конденсационных взаимодействий с низким диапазоном упругого деформирования (величина LVE-range составляет 0.0033%). Такие контакты, быстро разрушаются при механическом воздействии, медленно и слабо восстанавливаясь впоследствии.

В направлении к нижней части профиля наблюдается ослабление прочности межчастичных контактов с минимальными значениями G' ($4.65 \cdot 10^5$ Pa) в нижней части текстурно-дифференцированного горизонта ВТ (100–120 см). При этом значения диапазона упругой деформации, наоборот, несколько увеличиваются (LVE-range 0.0049%). Ослабление прочности контактов обусловлено постепенным утяжелением гранулометрического состава породы и более гидрофильными свойствами минеральных глинистых частиц. Присутствие влаги увеличивает расстояние между почвенными частицами, ослабляя тем самым межчастичное взаимодействие (Хайдапова и др., 2016). Поверхностные пленки влаги, за счет сил поверхностного натяжения, увеличивают упругое сопротивление почвы (LVE-range) в начале деформационного воздействия, при преодолении которого (по мере увеличения нагрузки), система переходит в упруго-вязкое или пластичное состояние. В срединной части профиля, а именно в горизонте ВЕЛ (45–60 см), зафиксированы повышенные значения содержания оксалаторастворимых форм железа по Тамму (0.76%) и органического углерода (0.38%). Однако, в связи с максимально высоким содержанием здесь илистых (34%) и глинистых (51%) частиц, эти соединения на усиление прочности контактов уже не оказывают влияния.

Значения предела пластичной деформации (CROSSOVER) практически не меняются по профилю. Наиболее высокие показатели этого параметра характерны для подгоризонтов микропрофиля подзола $EL[e]-EL[hf]$ (2.8%). Механизм увеличения предела пластичной деформации в этой части профиля подзолистой текстурно-дифференцированной почвы, скорее всего, обусловлен повышенным трением выветрелых и диспергированных минеральных частиц в процессе оподзоливания и промораживания (Лепорский и др., 1990; Соколова и др., 1983).

Приведенные аналитические материалы для разреза Р-2 подтверждают, что дифференциация профиля подзолистой с микропрофилем является результатом подзолообразования и альфе-гумусового процесса.

Таблица 51

**Реологические свойства подзолистой с микропрофилем подзола почвы,
разрез Р-2**

Гори зонт	Глу- бина, см	Влаж- ность макси- мального набу- хания, %		Предел упругой деформации LVE-range, %		Модуль упругости G', Pa		Предел пластичной деформации CROSSOVER, %		Integral Z	
		ω	±Δ	ω	±Δ	ω	±Δ	ω	±Δ	ω	±Δ
ЕЦ[e]	10-15	8.3	1.0	0.00328	0.00043	1.29·10 ⁶	0.17·10 ⁶	2.80	0.33	2.26	0.29
ЕЦ[hf]	15-25	28.4	3.4	0.00328	0.00043	1.36·10 ⁶	0.17·10 ⁶	2.80	0.33	1.63	0.21
BEL1	35-42	24.7	3.0	0.00328	0.00043	9.34·10 ⁵	1.20·10 ⁵	2.34	0.27	1.62	0.21
BEL2	45-60	32.7	3.9	0.00488	0.00064	8.79·10 ⁵	1.13·10 ⁵	2.34	0.27	1.33	0.17
BT1	62-80	33.0	4.0	0.00488	0.00064	6.72·10 ⁵	0.86·10 ⁵	2.34	0.27	1.44	0.19
BT2	80-100	31.9	3.8	0.00488	0.00064	5.83·10 ⁵	0.75·10 ⁵	2.34	0.27	1.54	0.20
BT3	100-120	31.4	3.8	0.00488	0.00064	4.65·10 ⁵	0.60·10 ⁵	2.34	0.27	1.45	0.19

Демонстрационный объект № 2

АГРОДЕРНОВО-ПОДЗОЛИСТАЯ ПОЧВА

Основу пахотных почв республики составляют автоморфные подзолистые суглинистые почвы. Они, вследствие нормальных условий увлажнения, в большей мере освоены под пашню. Характеристику подзолистой окультуренной почвы даем на примере разреза 1 Р-Б, который заложен в 5 км юго-западнее г.Сыктывкара. Рельеф равнинный, с небольшими всхолмлениями (рис. 38). Почвообразующая порода — средний крупнопылеватый суглинок, с глубины 140 см карбонатные включения. Срок освоения около 40 лет. Участок осушен. Посев горохо-овсяной смеси.



Рис. 38. Пахотный участок (А) и профиль агродерново-подзолистой почвы (В).

Морфологическое строение профиля

Р 0–30 см	Легкосуглинистый пылеватый, серый (10YR3/3), вкрапления торфа, мелкие конкреции, непрочно-комковатый, влажный, много корней, имеются белесые пятна подзолистого и бурые иллювиального горизонтов. Переход четкий, ровный.
ВЕL 30–47(50) см	Средний пылеватый суглинок, светло-коричневый (10YR4/4) с серыми пятнами, пластинчато-ореховатой структуры с белесой присышкой (10YR5/4) Верхняя часть горизонта уплотнена (плужная подошва), встречаются тонкие корни, темные подтеки, много ржавых пятен, сочится вода на верхней границе горизонта, переход неровный.
ВТ1 47(50)–82 см	Легкая пылеватая глина буровато-коричневая (7.5YR4/5) крупно-ореховатой структуры, по гляцевым граням структурных отдельностей белесая присышка (10YR5/4), единичные корни, имеются ортштейновые зерна, по порам сочится вода, переход постепенный. На глубине 64-71 см – черное пятно, по краям которого окраска менее интенсивна, чем в середине.
ВТ2 82–115(120) см	Тяжелый пылеватый суглинок коричневого цвета (7.5YR5/4), крупно-ореховатой структуры, встречаются мелкие ортштейны, единичные тонкие корни растений, переход постепенный.

BC 115(120)-140 см	Тяжелый пылеватый суглинок коричневого цвета (7.5YR4/6), бесструктурный, вязкий, встречаются ржавые пятна.
Cg 141-151 см	Средний пылеватый суглинок коричневого цвета, в нижней части сизые пятна, бесструктурный, вязкий, встречаются ржавые пятна, вскипает от HCl.

Почва агродерново-подзолистая окультуренная на пылеватом покровном суглинке, с глубины 140 см суглинок карбонатный.

Почвообразующей породой являются крупнопылеватые средние суглинки (табл. 52). Верхняя часть профиля (около 40 см) существенно обеднена илом. Зоной преимущественной аккумуляции ила является иллювиальная толща.

Валовой химический анализ (табл. 53) показывает характерный для подзолистых почв профиль: молекулярные отношения кремнезема к полуторным оксидам указывают на наличие подзолообразовательного процесса в пахотных почвах. Сохраняется четкая дифференциация профиля: пахотный горизонт является частью элювиального слоя. На глубине 140–150 см суглинки карбонатные, но благодаря промывному водному режиму наличие карбонатов не оказывает влияния на свойства вышележащих горизонтов. В иллювиальной толще на глубине 64–71 см имеется гумусовое пятно. Валовой химический анализ пятна выявляет его резкое отличие от вмещающей породы: в нем больше оксидов алюминия, железа, марганца, возникновение его, возможно, связано с палеокриогенными процессами.

Агрохимические свойства слабоокультуренных и окультуренных подзолистых почв представлены в табл. 54. Слабоокультуренная пахотная подзолистая почва имеет высокую кислотность, бедна гумусом, слабо обеспечена доступными для растений фосфором и калием. Слабоокультуренные почвы преобладают в Республике Коми.

Для окультуренной пахотной подзолистой почвы характерно высокое содержание гумуса, она хорошо обеспечена элементами питания, имеет нейтральную реакцию почвенного раствора, насыщена основаниями. Пашня, которую характеризует разрез 1 Р-В, входит в состав овощного севооборота, где систематически вносятся высокие дозы органических удобрений и извести.

Освоение подзолистых почв приводит к существенной трансформации углеродного скелета макромолекул ГК, проявляющейся

в относительном увеличении общего содержания ароматических молекулярных фрагментов и уменьшении карбоксильных функциональных групп. Усиление микробиологической активности в окультуренных почвах обуславливает меньшую, по сравнению с целинными почвами, агрессивность гумусовых кислот и их накопление в пахотном горизонте (Лодыгин и др., 2007). В отличие от ГК, ФК пахотной подзолистой почвы менее термодинамически устойчивы и в большей степени подвержены микробиологической деструкции. Это обусловлено тем, что при окультуривании происходит более интенсивная трансформация молекул ФК

Таблица 52

Гранулометрический состав агродерново-подзолистой почвы, разрез 1-Р-Б

Горизонт	Глубина, см	W*, %	Потеря при обработке HCl, %	Содержание фракции, %; размер фракции, мм						
				1-0.25	0.25-0.05	0.05-0.01	0.01-0.005	0.005-0.001	< 0.001	сумма частиц < 0.01
Р	0–10	1.8	1.3	0.0	19.5	54.9	5.0	7.1	13.5	25.7
Р	10–20	2.1	1.3	0.6	19.0	52.8	5.9	6.4	15.3	27.6
Р	20–30	1.8	1.5	0.6	18.1	57.7	5.2	6.4	12.0	23.5
BEL	30–40	2.2	0.9	0.0	17.2	46.7	7.6	9.4	19.1	36.2
BEL1	40–50	3.5	1.3	0.0	18.9	36.9	5.6	7.8	30.8	44.2
BT1	50–60	2.4	3.7	0.0	11.6	37.2	4.9	7.4	38.9	51.2
BT1	60–70	3.1	2.7	0.0	6.2	41.7	6.2	5.8	40.1	52.2
Пятно	64–71	5.0	1.6	0.0	8.8	43.0	14.0	0.0	34.2	48.2
BT1	70–80	3.7	1.4	0.1	8.8	34.1	5.9	11.6	39.5	57.0
BT2	80–90	3.7	1.6	0.0	11.4	42.1	5.3	7.5	33.7	46.6
BT2	90–100	3.0	1.2	0.0	18.9	35.1	10.2	6.0	29.8	46.0
BT2	100–110	2.9	1.1	0.0	16.5	42.5	7.1	6.4	27.5	40.9
BT2	110–120	2.9	1.2	0.0	8.7	47.2	8.1	7.0	29.0	44.1
BC	120–130	1.7	2.4	0.0	9.5	46.4	8.0	6.6	29.5	44.1
BC	130–140	2.5	3.6	0.0	13.5	45.8	6.2	7.9	26.6	40.7
Cg'	140–150	2.0	5.1	0.0	13.6	47.2	6.7	9.2	23.3	39.1

Таблица 53

Валовой химический состав агродерново-подзолистой почвы

Горизонт	Глубина, см	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	Na ₂ O	K ₂ O	P ₂ O ₅	Молекулярные отношения		
		%									SiO ₂ / Fe ₂ O ₃	SiO ₂ / Al ₂ O ₃
P	0–10	81.2	9.4	2.6	1.3	0.8	1.3	2.3	0.2	84	15	30
P	10–20	79.6	10.2	3.0	1.4	0.9	1.3	2.3	0.2	71	13	26
P	20–30	80.7	9.6	2.6	1.5	0.8	1.3	2.4	0.3	82	14	29
BEL	30–40	78.3	10.3	4.3	1.2	1.2	0.8	2.6	0.1	49	13	23
BEL1	40–50	73.7	12.4	6.1	1.1	1.5	1.0	2.9	0.1	32	10	17
BT1	50–60	71.0	14.6	6.3	1.2	1.9	1.1	2.7	0.1	30	8	15
BT1	60–70	72.1	13.7	6.0	1.4	1.8	1.1	2.8	0.1	33	9	16
Пятно	64–71	70.3	14.5	6.7	1.4	2.1	1.2	2.6	0.1	28	8	14
BT1	70–80	71.2	13.5	6.1	1.5	2.0	1.6	2.9	0.1	31	9	16
BT2	80–90	72.3	13.9	5.7	1.6	1.7	1.0	2.7	0.1	34	9	16
BT2	90–100	72.7	13.6	5.4	1.6	1.8	1.1	2.6	0.1	37	9	17
BT2	100–110	73.4	13.2	5.1	1.6	1.7	1.1	2.7	0.1	38	9	18
BT2	110–120	73.7	13.1	5.0	1.6	1.8	1.1	2.7	0.1	40	9	18
BC	120–130	73.4	13.0	5.1	1.6	1.9	1.2	2.6	0.1	39	9	18
BC	130–140	71.8	12.4	4.5	4.1	2.1	1.2	2.7	0.1	42	10	18
Cg'	140–150	71.1	12.1	4.4	5.3	2.1	1.3	2.7	0.1	43	10	19

Таблица 54

Агрохимические свойства агродерново-подзолистых почв разной степени окультуренности

Горизонт	Глубина, см	pH _{ксл}	Кислотность		Поглощенные катионы			N, %	Гумус, %	Подвижные формы		V _s , %
			гидролитическая	обменная	Ca ²⁺	Mg ²⁺	H ⁺			P ₂ O ₅	K ₂ O	
Окультуренная, разрез 1 P-B												
P	0-10	6.5	1.0	0.02	9.4	5.8	0.0	0.09	2.80	103	34	94
P	10-20	6.6	0.8	0.01	9.2	5.8	«	0.06	2.40	93	43	95
P	20-30	6.6	0.8	0.01	9.2	5.1	«	0.07	2.90	156	48	95
BEL	30-40	5.3	1.2	0.01	7.1	6.4	«	0.02	0.50	7	42	84
BEL	40-50	4.3	2.9	0.99	8.8	8.0	«	0.00	0.50	6	41	86
BT1	50-60	4.2	3.3	1.09	11.4	9.5	«	0.03	0.50	9	24	94
BT1	60-70	4.2	2.9	0.80	13.1	9.9	«	0.02	0.50	14	17	89
Пятно	64-71	4.1	4.5	1.12	13.6	10.1	«	0.07	1.60	6	14	84
BT1	70-80	4.5	2.0	0.37	13.9	9.9	«	0.03	0.30	23	12	92
BT2	80-90	4.8	1.4	0.07	13.5	9.5	«	0.04	0.20	28	11	94
BT2	90-100	5.2	1.2	0.04	13.8	8.9	«	0.03	0.20	30	10	95
BT2	100-110	5.5	1.0	0.03	13.0	9.0	«	0.02	0.20	33	9	96
BT2	110-120	5.7	0.8	0.03	13.4	9.1	«	0.03	0.20	35	8	96
BC	120-130	6.3	0.6	0.02	12.8	8.5	«	0.03	0.40	37	9	97
BC	130-140	7.3	0.2	0.00	26.5	8.6	«	0.01	0.30	23	16	99
Cg' _{сн}	140-150	7.5	< 0.2	0.00	33.7	8.1	«	0.02	0.20	3	21	99
Слабоокультуренная, разрез 2 - ЗЮ												
P	0-10	4.0	7.9	2.07	1.5	0.4	3.6	0.10	1.76	5	7	35
P	10-20	4.0	6.4	2.32	1.8	1.0	2.6	0.08	1.76	5	8	51
P	20-30	4.0	7.0	1.92	2.5	1.1	2.1	0.06	1.15	7	-	65
EL	30-38	3.9	5.7	2.13	1.8	1.0	2.3	0.03	0.34	8	15	55
BEL	38-48	3.9	7.2	3.18	3.3	2.6	2.5	0.03	0.23	7	7	70
BT1	48-58	3.7	7.1	3.67	5.6	3.4	3.2	0.03	0.33	8	9	67
BT1	58-62	3.7	7.5	3.42	6.4	4.5	3.4	0.02	0.36	8	8	76
BT2	62-72	3.9	7.1	2.28	7.5	5.0	2.0	0.02	0.26	9	5	86
BT2	72-82	3.8	6.8	1.73	8.8	4.9	1.4	0.02	0.31	6	13	90
BT2	82-92	4.0	5.2	1.21	9.3	6.6	1.0	0.02	0.34	9	16	94
BC	92-102	3.9	5.2	0.91	7.3	6.8	0.7	0.02	0.27	10	18	95
BC	102-112	4.0	4.2	0.71	8.9	6.8	0.6	0.02	0.27	9	16	96
BC	112-122	4.2	3.9	0.64	9.2	6.8	0.5	0.02	0.31	7	14	97
BC	122-132	4.1	3.6	0.46	9.0	9.8	0.5	0.01	0.30	7	15	97

Демонстрационный объект № 3

ВЛИЯНИЕ СИСТЕМАТИЧЕСКОГО ПРИМЕНЕНИЯ ОРГАНИЧЕСКИХ И МИНЕРАЛЬНЫХ УДОБРЕНИЙ НА АГРОХИМИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ДЕРНОВО-ПОДЗОЛИСТОЙ ПОЧВЫ

Повышение продуктивности агроценозов европейского Северо-Востока требует неотложного решения вопросов сохранения и повышения плодородия почв, сокращения материальных и энергетических затрат на производство сельскохозяйственной продукции. В связи с недостаточными ресурсами органических удобрений и высокой стоимостью минеральных, в повышении плодородия почв возрастает роль севооборотов с высокой насыщенностью однолетними и многолетними травами, позволяющими без значительных затрат повышать продуктивность культур при высоком качестве сельскохозяйственной продукции. Наиболее полно изучить возможность применения таких севооборотов и оценить влияние вносимых доз удобрений на их продуктивность и качество продукции, рациональное использование материальных ресурсов и возмещение в почву элементов питания и органического вещества позволяют длительные полевые опыты.

На землях Института агробιοтехнологий ФИЦ Коми НЦ УрО РАН в течение более чем 40 лет, начиная с 1978 г. проводится долговременный полевой эксперимент с внесением различных доз удобрений в кормовом севообороте согласно методике ВИУА им. Д.Н. Прянишникова по географической сети опытов с удобрениями (рис. 39).

Почва опытного участка – сильноподзолистая легкосуглинистая на покровных суглинках. На начало эксперимента (1978) содержание гумуса варьировало в пределах 2.1–2.5%; pH_{KCl} – 4.8–5.6; сумма поглощенных оснований – 10.3–16.8 ммоль/100 г почвы, содержание подвижных форм фосфора – 180–240, калия – 146–190 мг/кг почвы.



Рис. 39. Экспериментальные площадки с долговременным полевым экспериментом по оценке свойств пахотных почв при применении различных доз минеральных и органических удобрений в кормовом севообороте.

В 1978–2019 гг. проводили изучение влияния различных доз минеральных удобрений (расчетная, 1/3 и 1/2 от расчетной) и действия двух доз органических удобрений (40 и 80 т/га) на плодородие дерново-подзолистой почвы, рост и развитие картофеля в шестипольном кормовом севообороте со следующим чередованием культур: картофель, однолетние травы + многолетние травы, многолетние травы 1 г.п., многолетние травы 2 г.п., однолетние травы, картофель. Органические удобрения вносили осенью в период с 1977–2018 г. в чистом виде и на фоне действия минеральных удобрений, а также в 2018 году для снижения обменной и гидролитической кислотности проведено известкование известняковой муки по полной гидролитической кислотности (8.0 т/га). Расчетные дозы NPK под картофель $N_{60}P_{30}K_{180}$, однолетние травы – $N_{40}P_{32}K_{116}$ и многолетние травы – $N_{40}P_{32}K_{108}$. Площадь опытной делянки 100 м² (12.5x8), повторность опыта четырехкратная, площадь участка под опытом 4800 м².

Схема опыта

- | | | |
|-----------------------------------|-----------------------|-----------------------|
| 1. Контроль | 5. ТНК40 т/га (фон 1) | 9. ТНК80 т/га (фон 2) |
| 2. $N_{20}P_{10}K_{60}$ (1/3 NPK) | 6. фон 1 + 1/3NPK | 10. фон 2 + 1/3NPK |
| 3. $N_{30}P_{15}K_{90}$ (1/2 NPK) | 7. фон 1 + 1/2NPK | 11. фон 2 + 1/2NPK |
| 4. $N_{60}P_{30}K_{180}$ (1 NPK) | 7. фон 1 + 1NPK | 12. фон 2 + 1NPK |

В результате длительных научных исследований (1978–2019 гг.) по использованию органических и минеральных удобрений в кормовом севообороте установлено (табл. 55):

1. Комплексное длительное применение удобрений положительно влияло на содержание гумуса в почве. При применении трех доз НРК по фону двух доз ТНК содержание гумуса повысилось до 2.5–2.8%, трех доз НРК – 2.4–2.5%, в контроле – 2.1%. Удобрения снижали обменную кислотность почвы, наиболее значительно при использовании НРК и ТНК – 5.3–5.4 ед. pH_{KCl} , в контроле – 5.1 ед. pH_{KCl} . Подобная закономерность отмечалась и по гидролитической кислотности.

2. Количество подвижного фосфора значительно накапливалось в почве, особенно при совместном применении органических и минеральных удобрений и использовании двух доз ТНК (180–402 мг/кг почвы). Содержание обменного калия в почве накапливалось в незначительной степени и его количество составляло 70 – 300 мг/кг в различных вариантах опыта из-за высокого его выноса растениями и вымыванием по профилю почвы.

3. Наибольшая средняя урожайность сухого вещества картофеля получена в варианте 80 т/га + 1 НРК и составила 5.8 т/га, что на 61.1% превышала контроль. Минеральные удобрения повышали урожайность картофеля до 3.9–4.7 т/га (на 8.3–30.5% выше контроля), органические до 4.1–4.7 т/га (на 13.9 и 30.6% превышало контроль) (табл. 56)

4. Отмечено, что с повышением доз минеральных удобрений снижалось содержание сухого вещества на 2–3%. По количеству крахмала в картофеле различия были незначительными. При использовании минеральных удобрений 12.7–13.5% (в контроле – 13.6%), двух доз органических удобрений его содержание было 13.08 и 13.3%, применение трех доз НРК на фоне органических удобрений оно составило 12.4–13.1%. Количество витамина «С» в клубнях картофеля было достаточно значительным – 16.9–25.5 мг%. Содержание нитратного азота не превышало ПДК (ПДК – 500 мг/кг с.м.).

5. В результате длительных научных исследований установлено, что с повышением доз удобрений энергетический коэффициент снижался. При использовании трех доз НРК по годам исследований он составил 1.5–2.0 единиц, совместного применение ТНК и НРК – 0.6–1.6 и двух доз ТНК – 0.4–1.6 единиц. На контроле энергетический коэффициент был 1.6–2.0 единицы.

Таблица 55

Действие органических и минеральных удобрений
на агрохимические свойства почвы (0 – 20 см), 1978 – 2019 г.г.

№ п/п	Вариант	Гумус, %							Нг, ммоль/100 г почвы										
		0 ^{xx}	1	2	3	4	5	6	7	Сред- нее	0 ^{xx}	1	2	3	4	5	6	7	
1	Без удобрений (контроль)	2.1	2.0	2.0	1.9	2.1	2.1	2.1	2.1	2.6	2.1	3.1	3.5	3.3	.4	3.3	3.3	5.4	2.0
2	1/3 NPK	2.3	2.4	2.3	2.4	2.3	2.3	2.2	2.8	2.4	3.7	3.6	3.6	3.6	3.7	3.7	3.5	5.1	
3	S NPK	2.5	2.4	2.4	2.5	2.4	2.4	2.3	2.9	2.5	3.4	.1	3.2	3.4	3.3	3.4	3.6	5.1	
4	1 NPK	2.5	2.4	2.4	2.5	2.5	2.5	2.4	2.7	2.5	3.4	4.3	4.0	3.5	3.4	3.5	5.3	1.9	
5	ТНК 40 т/га – фон 1	2.5	2.6	2.5	2.6	2.7	2.8	2.7	2.8	2.6	3.7	3.4	3.5	3.4	3.3	3.2	4.8	2.2	
6	фон 1 + 1/3 NPK	2.4	2.6	2.4	2.5	2.6	2.7	2.6	2.6	2.5	3.7	3.3	3.2	3.3	3.4	3.3	5.0	1.7	
7	фон 1 + S NPK	2.4	2.6	2.5	2.6	2.6	2.6	2.7	2.8	2.6	3.4	3.3	3.2	3.3	3.2	3.1	5.1	2.1	
8	фон 1 + 1 NPK	2.1	2.6	2.5	2.6	2.6	2.7	2.5	3.0	2.6	4.2	3.6	3.7	3.6	3.8	3.9	4.9	2.1	
9	ТНК 80 т/га – фон 2	2.4	2.7	2.6	2.7	2.7	2.8	2.8	3.5	2.8	3.8	3.4	3.5	3.4	3.6	3.7	4.6	2.0	
10	фон 2 + 1/3 NPK	2.0	2.7	2.6	2.6	2.5	2.6	2.4	3.6	2.6	3.9	2.9	3.3	3.4	3.6	3.7	4.8	1.9	
11	фон 2 + S NPK	2.6	2.7	2.6	2.7	2.7	2.9	2.9	3.1	2.8	4.4	3.2	3.4	3.5	3.7	3.8	4.6	0.7	
12	фон 2 + 1 NPK	2.3	2.7	2.6	2.6	2.8	3.0	2.6	3.2	2.7	3.6	3.3	3.4	3.5	3.3	3.5	4.7	0.6	
	НСР _{0.5}	0.24	0.26	0.25	0.26	0.27	0.28	0.26	0.30	-	0.37	0.34	0.33	0.34	0.36	0.37	0.48	0.31	

Здесь и далее: 0^{xx} – 1978 г., 1 – 1983 г., 2 – 1989 г., 3 – 1995 г., 4 – 2001 г., 5 – 2007 г., 6 – 2013 г., 7 – 2019 г.

Продолжение таблицы 55

№ п/п	Вариант	pH _{ксл} , ед.							Сред- нее	P ₂ O ₅ , мг/кг почвы								
		0 ^{ок}	1	2	3	4	5	6		7	0 ^{ок}	1	2	3	4	5	6	7
1.	Без удобрений (контроль)	5.5	5.0	5.1	5.3	5.2	5.2	4.1	5.8	5.1	223	198	215	220	214	208	165	266
2.	1/3 NPK	5.6	4.9	5.0	5.2	5.1	5.3	4.4	5.3	5.1	193	204	225	240	280	315	195	285
3.	S NPK	5.6	5.0	5.2	5.2	5.3	5.3	4.5	5.4	5.2	187	304	410	420	392	386	217	260
4.	1 NPK	5.4	4.8	5.1	5.2	5.0	5.2	4.4	5.7	5.1	201	364	424	540	415	364	235	234
5.	ТНК 40 т/га - фон 1	5.2	5.3	5.2	5.3	5.3	5.4	4.5	5.5	5.2	211	234	288	310	344	402	187	309
6.	фон 1 + 1/3 NPK	5.3	5.0	5.1	5.3	5.4	5.5	4.4	5.8	5.2	211	262	335	360	392	421	204	332
7.	фон 1 + S NPK	5.2	4.9	5.1	5.2	5.4	5.5	4.5	5.9	5.2	246	317	443	490	412	392	242	443
8.	фон 1 + 1 NPK	4.8	5.0	5.0	5.1	5.2	5.3	4.6	5.7	5.1	184	218	437	680	425	369	254	314
9.	ТНК 80 т/га - фон 2	5.3	5.3	5.2	5.3	5.4	5.6	4.7	5.7	5.3	201	237	293	330	362	401	222	342
10.	фон 2 + 1/3 NPK	5.1	5.5	5.3	5.2	5.3	5.4	4.6	5.8	5.3	180	218	344	380	377	385	256	371
11.	фон 2 + S NPK	5.2	5.4	5.3	5.5	5.4	5.5	4.7	6.7	5.5	240	250	352	390	396	409	274	313
12.	фон 2 + 1 NPK	5.3	5.2	5.3	5.2	5.4	5.5	4.8	6.8	5.4	227	342	428	470	466	464	289	318
	НСР _{0,5}	0.54	0.55	0.52	0.53	0.55	0.56	0.46	0.57	-	22.4	28.4	36.7	41.5	38.4	42.2	24.5	37.6

Продолжение таблицы 55

№ п/п	Вариант	K ₂ O, мг/кг почвы							
		0xx	142	134	0xx	121	0xx		
1	Без удобрений (контроль)	146	142	134	130	121	96	46	119
2	½ NPK	148	154	161	170	175	187	66	130
3	S NPK	152	196	212	290	223	212	70	132
4	1 NPK	156	217	288	320	266	199	89	133
5	ТНК 40 т/га – фон 1	148	152	165	180	195	206	62	108
6	фон 1 + ½ NPK	162	182	218	240	231	218	70	111
7	фон 1 + S NPK	178	227	324	370	246	196	72	125
8	фон 1 + 1 NPK	181	230	318	360	320	211	81	106
9	ТНК 80 т/га – фон 2	170	190	194	210	203	192	67	129
10	фон 2 + ½ NPK	173	197	215	240	218	202	82	105
11	фон 2 + S NPK	185	216	233	270	253	212	87	116
12	фон 2 + 1 NPK	190	227	274	300	265	234	98	136
	НСР _{0,5}	17,5	21,6	26,5	32,4	25,2	21,6	7,4	12,6

Таблица 56

**Влияние комплексного применения органических и минеральных удобрений
на продуктивность и качество картофеля, 1978-2019 гг.**

№ п/п	Вариант	Урожайность, т/га сухого вещества									Прибавка к контролю, %
		0хх	1	2	3	4	5	6	7	Среднее	
1	Без удобрений (контроль)	3.6	3.0	3.6	0.6	3.2	3.3	4.3	4.3	3.6	–
2	½ NPK	4.6	4.1	5.3	1.2	3.4	3.5	4.4	4.7	3.9	8.3
3	S NPK	5.0	4.6	5.6	1.7	4.1	4.5	4.7	5.3	4.4	22.2
4	1 NPK	5.4	4.9	5.8	2.1	4.3	4.7	5.1	5.7	4.7	30.5
5	ТНК 40 т/га – фон 1	3.9	3.4	4.8	1.4	3.8	4.1	5.8	5.4	4.1	13.8
6	фон 1 + ½ NPK	5.5	5.1	5.6	2.0	4.0	4.2	5.6	5.2	4.8	33.3
7	фон 1 + S NPK	6.0	5.6	5.6	2.2	4.1	4.3	6.1	6.8	5.1	41.7
8	фон 1 + 1 NPK	6.2	5.9	5.3	2.4	4.5	4.9	6.1	7.6	5.4	50.0
9	ТНК 80 т/га – фон 2	4.1	4.1	5.5	1.7	4.2	4.5	7.1	6.2	4.7	30.5
10	фон 2 + ½ NPK	5.9	5.5	6.0	2.4	4.4	4.6	6.8	6.9	5.3	47.2
11	фон 2 + S NPK	6.0	5.8	6.2	2.5	4.5	4.7	6.8	7.7	5.6	55.5
12	фон 2 + 1 NPK	6.3	6.0	6.9	2.8	4.7	4.8	7.0	8.1	5.6	55.6
	НСП _{0,5}	0.56	0.52	0.6	0.22	0.42	0.46	0.61	0.76	–	–

В почве опытного участка в вариантах опыта рассчитывали баланс гумуса (табл. 57). Длительное применение органических и минеральных удобрений в кормовом севообороте способствовало поступлению в почву 1.9–2.7 т/га корнепозитивных остатков, наибольшее их количество отмечено при внесении 80 т/га ТНК + 1NPK. Образование гумуса из растительных остатков составило 0.14–0.38 т/га. Наибольшее накопление органического вещества наблюдалось при внесении органических удобрений в дозе 80 т/га. Несущественная минерализация гумуса в почве отмечена в вариантах с органическими удобрениями и при совместном применении органических и минеральных удобрений, а наименьшая – в вариантах с тремя дозами NPK и на контроле.

Применение минеральных удобрений в возрастающих дозах на дерново-подзолистой почве привело к отрицательному балансу гумуса (-0.74...-0.82 т/га в среднем за год).

Положительный баланс гумуса формировался при использовании различных доз органических удобрений (0.51–1.44 т/га) и совместном их применении с NPK (0.35–0.39 и 1.52–1.68 т/га), наибольшие значения получены при высоких дозах ТНК и NPK (+1.68 т/га).

Применение ТНК и NPK по-разному сказалось на групповом и фракционном составе гумуса. Использование ТНК и совместное внесение его с NPK способствовало увеличению в составе гумуса доли фракции гуминовых кислот. Существенно увеличилась (с 3.9 до 5.8%) доля наиболее ценной фракции гуминовых кислот – ГК-2, связанной с кальцием и магнием в пахотном горизонте почвы (табл. 58).

В результате использования органических и минеральных удобрений содержание наиболее агрессивной фракции фульвокислот (ФК-1а) снизилось с 7.0–4.1%, что положительно повлияло на соотношение фракций гуминовых кислот. Сумма гуминовых кислот увеличилась, а фульвокислот снизилось.

Использование минеральных удобрений способствовало переходу гумуса в фульватно-гуматный тип, а совместное применение органических (ТНК 80 т/га) и минеральных удобрений повысило соотношение $C_{гк} : C_{фк}$. Снизилось содержание неэкстрагируемого остатка.

Органические и минеральные удобрения способствовали улучшению качества гумуса (из гуматно-фульватного он перешел в фульватно-гуматный тип), соотношение $C_{гк} : C_{фк}$ в вариантах совместного применения высоких доз ТНК (80 т/га) и минеральных удобрений составило 1.28–1.33, в вариантах с минеральными удобрениями с применением ТНК (40 т/га) и NPK – 0.93–1.21; в варианте без удобрений – 0.92

Таблица 57

**Влияние органических и минеральных удобрений
на баланс гумуса дерново-подзолистой почвы (2021 г.)**

Вариант	Содержание гумуса, %	Запасы гумуса	Поступление растительных остатков	Образование гумуса из растительных остатков	Образование гумуса из органических удобрений	Образование гумуса всего	Минерализация гумуса	Баланс гумуса, +/-
Контроль	2.4	62.4	2.2	0.21	–	0.21	1.02	-0.81
1/3 NPK	2.5	65.0	2.3	0.22	–	0.22	1.04	-0.82
1/2 NPK	2.4	62.4	2.2	0.21	–	0.21	1.02	-0.81
1 NPK	2.2	57.2	2.0	0.18	–	0.18	0.92	-0.74
ТНЦ 40 т/га – фон 1	2.1	54.6	1.9	0.18	1.2	1.38	0.87	+0.51
Фон 1 + 1/3 NPK	2.4	62.4	2.2	0.21	1.2	1.41	1.02	+0.39
Фон 1 + 1/2 NPK	2.5	65.0	2.3	0.22	1.2	1.42	1.04	+0.38
Фон 1 + 1 NPK	2.6	67.6	2.4	0.23	1.2	1.43	1.08	+0.35
ТНЦ 80 т/га – фон 2	2.7	70.2	2.0	0.14	2.4	2.54	1.10	+1.44
Фон 2 + 1/3 NPK	2.7	70.2	2.6	0.24	2.4	2.64	1.12	+1.52
Фон 2 + 1/2 NPK	2.3	59.8	2.4	0.19	2.4	2.59	1.05	+1.54
Фон 2 + 1NPK	2.7	70.2	2.7	0.38	2.4	2.78	1.10	+1.68
НСР _{0.5}	0.25	6.28	0.24	0.024	0.18	0.14	0.11	–

Таблица 58
Влияние удобрений на групповой и фракционный состав гумуса в почве (0 – 20 см), 2021 г.

Вариант	Гумус, %	С _{орг} , %	Гуминовые кислоты						Фульвокислоты						C _{гк} / C _{фк}	Негидро- лизуемый остаток
			1	2	3	Сумма C _{гк}	1а	1	2	3	Сумма C _{фк}					
Контроль	2.4	1.72	12.2	4.4	8.8	25.4	6.7	12.1	3.5	5.2	27.5	0.92	47.1			
1/3 NPK	2.5	1.72	13.4	4.5	7.4	25.3	7.0	10.8	5.6	3.4	26.8	0.94	47.9			
1/2 NPK	2.4	1.74	13.6	4.6	8.9	27.1	6.3	10.6	6.1	4.5	27.5	0.98	45.4			
1 NPK	2.2	1.78	11.9	4.1	8.3	24.3	6.1	10.4	5.6	2.9	25.0	0.97	50.7			
ТНС 40 т/га-фон 1	2.1	1.82	12.8	3.9	8.1	24.8	6.4	10.8	6.4	4.7	28.3	0.88	46.9			
фон 1 + 1/3 NPK	2.4	1.74	13.6	4.6	8.9	27.1	6.3	11.0	6.6	5.1	29.0	0.93	43.9			
фон 1 + 1/2 NPK	2.5	1.72	13.9	5.1	10.3	29.3	5.8	11.6	4.9	3.9	24.2	1.21	46.8			
фон 1 + 1 NPK	2.6	1.74	14.7	5.4	11.6	31.7	4.6	12.3	5.3	4.2	26.4	1.20	41.9			
ТНС 80 т/га-фон 2	2.7	1.85	15.2	5.8	7.4	28.4	4.9	12.3	5.1	3.6	26.8	1.01	44.8			
фон 2 + 1/3 NPK	2.7	1.85	15.2	5.8	12.4	33.4	4.1	13.9	4.0	3.1	25.1	1.33	41.5			
фон 2 + 1/2 NPK	2.3	1.81	15.3	5.5	12.3	33.1	4.7	13.7	3.7	3.0	25.1	1.32	41.8			
фон 2 + 1 NPK	2.7	1.85	15.2	5.8	12.4	33.4	4.1	15.4	3.8	2.8	26.1	1.28	40.5			
HCP _{0,5}	0.25	0.16	1.38	0.48	1.04	2.88	0.57	1.17	0.45	0.38	2.72	0.12	4.52			

Демонстрационный объект № 4

ДЕРНОВО-ПОДЗОЛИСТАЯ ПОЧВА

(южная тайга)

Ключевой участок «Летский стационар» находится в 1.2 км к северу от д. Крутотыла (Прилузский район РК). Он выделен в качестве стационарного участка В.В. Каневым совместно с профессором МГУ Ф.Р. Зайдельманом в 1986 г. для изучения гидро-термического режима дерново-подзолистых почв южной тайги (Канев, 2002). Исследования на данном участке проводились с 1986 по 1990 гг. (Канев, 2002), а также в более поздний период – при изучении кислотно-основных свойств почв (Шамрикова, 2013), строения и свойств гумусовых веществ (Лодыгин, 2016; Лодыгин и др., 2016) и реологических свойств почв (Холопов, 2018).

Район расположения Летского стационара входит в атлантико-континентальную климатическую область и характеризуется как умеренно-континентальный умеренно-холодный. Климатические условия характеризуются следующими многолетними параметрами: среднегодовая температура воздуха составляет +1.0 °С, продолжительность периода с температурой воздуха <0 °С – 172 дня, годовая сумма осадков – 622 мм, коэффициента увлажнения по Н.Н. Иванову в пределах 1.1–1.2 (Атлас РК, 1997).

По ботанико-географическому районированию участок относится к подзоне южной тайги. В данной подзоне господствуют еловые и елово-пихтовые кислично-зеленомошные и кислично-папоротниковые леса. Древесный ярус развит хорошо, имеет III и II бонитет. В составе древостоя присутствует примесь липы. В травяно-кустарничковом ярусе на дренированных местообитаниях значительна примесь трав (сныть, копытень). В смешанных лесах иногда формируется пестрый по видовому составу кустарничковый ярус из шиповника, калины, жимолости лесной.

В геоморфологическом отношении территория Летского стационара приурочена к водно-ледниковым отложениям и принадлежит к крупной системе возвышенностей – Северные Увалы, разделяющей Северо-Двинский и Волжский бассейны. Рельеф участка представляет собой склон водораздельного увала юго-западной экспозиции, уклоны склона не превышают 0.02°. Превышение верхней части склона над ложбиной составляет около 1.5–1.7 м,

длина склона – 140 м. До глубины 1.2–1.7 м почвообразующие породы представлены покровными пылеватыми суглинками, ниже залегают моренные отложения.

По данным почвенно-географического районирования, данная территория относится к Летскому округу дерново-подзолистых почв Среднерусской провинции (Атлас почв..., 2010). Согласно принципам новой классификации почв (Классификация и диагностика..., 2004; Полевой..., 2008), в пределах увала, на котором расположен Летский стационар, почвенный покров представлен различными разновидностями дерново-подзолистых почв, образующих в зависимости от степени гидроморфизма следующий ряд: дерново-подзолистые типичные (Folic Albic Retisol) → дерново-подзолистые поверхностно-глееватые (Haplic Albic Retisol) → дерново-подзолистые глееватые мелкоторфянистые (Haplic Albic Retisol).

Характеристика типичной автоморфной дерново-подзолистой почвы южной тайги Республики Коми дана на примере разреза Р-1 (рис. 40). Разрез заложен на территории Летского стационара, на вершине межручейного увала, абсолютная высота 230 м над. ур. м. Координаты: 59°38' с.ш., 49°22' в.д. Почвообразующие породы – покровные пылеватые суглинки. Растительный покров представлен ельником кислично-зеленомошным с примесью березы, осины, пихты. Бонитет III. Напочвенный покров мелкотравно-моховый или мелкотравный с участием костяники, сныти, сочевника кислицы, майника, копытня с незначительным присутствием зеленых мхов.

Морфологическое строение профиля

O 0–4 см	Подстилка одернована, темно-коричневая торфянистая, хорошо разложившаяся, рыхлая.
AУ 4–12 см	Темно-серый, среднесуглинистый пылеватый, крупитчатая структура, много тонких корней, граница перехода неровная.
EL 12–23 см	Светло-серый, пылеватый средний суглинок, тонкослоистый, плотный, много мелких оршштейновых зерен. Переход постепенный.
BEL 23–47 см	Буровато-палевый пылеватый средний суглинок, тонко-плитчатый, плотный, имеются оршштейны. Переход заметный по цвету и структуре.
BT1 47–75 см	Бурый пылеватый тяжелый суглинок, хорошо выраженная ореховатая структура, по граням структурных отдельностей тонкая светлая кремнеземистая присыпка, более плотный, переход постепенный.

BT2 75–120 см	Ярко-бурый пылеватый тяжелый суглинок, ореховатый с призматичностью, по граням тонкие пылевато-иловые желтовато-бурые пленки – кутаны, плотный, вязкий, переход постепенный
BC 120–135 см	Желтовато-бурая глина слабо выраженный плитчатой структуры, иловатые натеки по трещинам, вязкий, переход постепенный.
C 135–145 см	Желтовато-бурая глина, бесструктурная, вязкая, единичная галька.



Рис. 40. Ельник кислотно-зеленомошный (А) и профиль дерново-подзолистой почвы (В) южнотаежной подзоны Республики Коми

Особенностью морфологического строения дерново-подзолистых почв южной тайги Республики Коми является сочетание их профиле элювиального горизонта (EL) с текстурным (BT). Текстуальный горизонт (BT) мощностью до 100 см выделяется хорошо выраженной многопорядковой призматической структурой с белесой присыпкой на гранях структурных отдельностей. Отличительной чертой морфологического строения дерново-подзолистых почв является также наличие серо-гумусового горизонта АУ с зернистой структурой. Серо-гумусовый горизонт АУ формируется непосредственно под подстильно-торфяным горизонтом АО и характеризуется аккумуляцией органических веществ, гумуса (Канев, 2002; Шамрикова, 2013; Лодыгин и др., 2016). В то же время, по мнению В.В. Канева (2002), на морфологическое строение дерново-подзолистых почв немаловажное влияние оказывают пер-

одические ветровальные вывалы деревьев, изменяющих естественное развитие зональных процессов (дернового, оподзоливания, оглеения и торфонакопления).

Дерново-подзолистая почва (Р-1) Летского стационара формируется на крупнопылеватых средних суглинках, подстилаемых пылеватыми тяжелыми карбонатными суглинками (табл. 59). Характерной чертой данной почвы является четкая дифференциация профиля по гранулометрическому и валовому химическому составу (табл. 60). Коэффициент профильной дифференциации (КД) илистых частиц, рассчитанный как отношение содержания фракции ила (<0.001 мм) в соответствующем горизонте к таковому в горизонте ЕL (табл. 59), составляет 4.1–4.3. В.В. Каневым (2002) отмечено влияние многолетних циклов промерзания-оттаивания на гранулометрический состав почв ключевого участка, в результате которого происходит накопление в верхнем 30–40 см слое почв крупной пыли за счет дезинтеграции более крупных первичных минералов и коагуляции глинистых минералов исходной породы. По данным температурных наблюдений, выполненных в период с 1987 по 1989 гг. (Канев, 2002), в зимний период глубина промерзания на данном участке доходила до 55 см в течение 100–128 дней. Автором отмечено, что глубина и мощность промерзания зависит от высоты снежного покрова. Однако, не исключено, что в настоящее время, в условиях происходящих глобальных климатических изменений (IPCC, Climate Change..., 2014) глубина промерзания дерново-подзолистой почвы данного участка могла несколько уменьшиться.

Физико-химические свойства дерново-подзолистой почвы Р-1 представлены в табл. 61, 62. Почва с достаточно кислой средой, наиболее кислыми являются (pH_{KCl} 3.5–3.8 ед. pH) – серо-гумусовый АУ и подзолистый ЕL горизонты. Это обусловлено активным поступлением из подстилки органических соединений кислой природы, в том числе ненасыщенных низкомолекулярных органических кислот (Шамрикова, 2013). Нейтрализуются зольными элементами при разложении травянистой растительности, поэтому кислотность здесь несколько ниже (pH_{KCl} 4.3–4.8 ед. pH), чем в почвах средней тайги. Вниз по профилю кислотность несколько снижается (pH_{KCl} 4.3–4.8 ед. pH), что обусловлено постепенным увеличением насыщенности почвенного поглощающего комплекса основаниями. В органогенных горизонтах содержание общего углерода в пределах 32–42%. При переходе к минеральной части

профиля содержание органических веществ резко снижается до 1% и менее. Гумус гуматно-фульватного типа с присутствием в его составе доли фракций ГК и ФК, связанных с кальцием. Подзолистый процесс прослеживается в выщелоченности биогенных элементов и обменных оснований из верхних минеральных горизонтов. В нижней части профиля содержание обменных оснований существенно возрастает. Основная часть ненасыщенных высоко- и низкомолекулярных органических кислот, поступающих из подстилки, осаждается ниже по профилю в форме алюмо- и железогумусовых соединений. Это диагностируется по максимальному содержанию оксалат- и дитионитрастворимых соединений железа. В автоморфных условиях накопление этих соединений происходит в основном в верхней части профиля почв – в серо-гумусовом горизонте АУ. Процессы оглеения с переводом железа в растворимое состояние наиболее интенсивно протекают в весенне-осенний период, летом происходит миграция подвижных форм соединений железа в составе почвенно-грунтовых вод вниз по профилю почв. По данным В.В. Канева (2002), количество дней с избыточным увлажнением (>ППВ) в слое 0–20 см за май-сентябрь в неоглеенной почве вершины увала составляет до 13–58 дней. Водопроницаемость верхней части рассматриваемой почвы (АО, ЕЛ горизонты) составляет 16.8–0.16 м/сут, в нижней части (ВТ горизонты) снижается до 0.034–0.084 м/сут.

Таблица 59

Гранулометрический состав дерново-подзолистой почвы Р-1

Горизонт (глубина, см)	W, %	Потеря при обработке HCl, %	Содержание фракции, %; размер фракции, мм						Сумма частиц < 0.01
			1- 0.25	0.25- 0.05	0.05- 0.01	0.01- 0.005	0.005- 0.001	< 0.001	
АУ (4–12)	1.69	0.86	9	3	57	7	13	11	30
ЕЛ (12–23)	1.19	0.43	4	4	64	7	12	9	27
ВЕЛ (23–34)	1.7	0.52	1	2	65	6	13	14	33
ВЕЛ (34–47)	2.87	0.74	1	2	56	4	9	29	41
ВТ1 (47–62)	3.68	0.94	1	0	49	5	8	36	50
ВТ1 (62–75)	3.91	0.97	1	1	48	5	7	38	50
ВТ2 (75–92)	3.96	0.88	1	1	49	5	5	39	49
ВТ2 (92–110)	4.15	0.7	1	3	47	3	10	37	50
ВТ2 (110–120)	4.22	1.05	1	0	46	7	9	37	53

Таблица 60

Валовой химический состав дерново-подзолистой почвы Р-1*

Горизонт (глубина, см)	SiO ₂	Fe ₂ O ₃	Al ₂ O ₃	P ₂ O ₅	CaO	MgO	MnO	N ₂ O	K ₂ O	Молекулярные отношения			КД	
										SiO ₂ / Fe ₂ O ₃	SiO ₂ / Al ₂ O ₃	SiO ₂ / R ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	SiO ₂
АТ (4–8)	77.2	3.37	11.53	0.2	1.14	0.78	0.92	1.66	2.97	56.3	10.5	8.9	0.9	–
ЕЛ (9–16)	79.29	3.58	9.89	0.08	0.84	0.84	0.2	1.63	3.14	59.0	13.6	11.1	1.0	–
ЕЛ (20–28)	79.51	3.17	11.26	0.09	0.56	0.95	0.11	1.67	2.77	66.9	12.0	10.2	0.9	1.0
ВЕЛ (30–37)	76.94	4.24	11.43	0.08	0.88	1.3	0.06	1.59	2.99	48.4	11.4	9.2	1.3	1.0
ВТ1 (40–50)	73.68	5.07	14.85	0.12	0.67	1.6	0.09	1.31	2.5	38.7	8.4	6.9	1.6	0.9
ВТ1 (50–60)	74.88	4.93	14.21	0.12	0.8	1.46	0.08	1.02	2.16	40.5	9.0	7.3	1.6	0.9
ВТ1 (63–70)	71.96	6.6	14.09	0.13	0.95	1.88	0.11	1.29	2.8	29.1	8.7	6.7	2.1	0.9
ВТ2 (75–80)	72.00	6.28	14.48	0.13	0.99	1.84	0.09	1.19	2.7	30.6	8.5	6.6	2.0	0.9
ВТ2 (80–90)	72.56	5.29	15.35	0.12	0.73	1.68	0.09	1.45	2.64	36.5	8.0	6.6	1.7	0.9
ВТ2 (93–100)	72.00	6.3	13.7	0.11	1.07	1.8	0.1	1.6	2.82	30.5	8.9	6.9	2.0	0.9
ВС (120–130)	71.59	6.35	14.49	0.13	1.11	1.89	0.12	1.32	2.69	30.1	8.4	6.6	2.0	0.9

*По: Канев (2002).

Таблица 61

Физико-химические свойства дерново-подзолистой типичной текстурно-дифференцированной почвы Р-1

Горизонт (глубина, см)	W, %	рН		Обменная кислотность			Нг
		H ₂ O	KCl	Н	Al	Сумма Н+Al	
				смоль/кг почвы			
АО1 (0-2)	–	5.15±0.10	4.80±0.10	1.2	0.6	1.8	41.1±4.9
АО2 (2-4)	–	4.87±0.10	4.33±0.10	0.14	0.4	0.5	45.9±5.5
АУ (4-12)	1.69	4.35±0.10	3.55±0.10	0.03	2.3	2.3	11.5±1.4
ЕЛ (12-23)	1.19	4.56±0.10	3.81±0.10	–	–	–	7.76±0.93
ВЕЛ (23-34)	1.7	4.88±0.10	3.78±0.10	0.02	2.7	2.7	8.34±1.00
ВЕЛ (34-47)	2.87	5.14±0.10	3.64±0.10	0.05	2.8	2.9	9.04±1.08
ВТ1 (47-62)	3.68	5.17±0.10	3.59±0.10	–	–	–	8.65±1.04
ВТ1 (62-75)	3.91	5.22±0.10	3.58±0.10	–	–	–	7.28±0.87
ВТ2 (75-92)	3.96	5.30±0.10	3.63±0.10	–	–	–	6.38±0.77
ВТ2 (92-110)	4.15	5.36±0.10	3.69±0.10	–	–	–	5.73±0.69
ВТ2 (110-120)	4.22	5.55±0.10	3.79±0.10	–	–	–	5.03±0.60
ВС (120-130)	–	5.63±0.10	3.83±0.10	–	–	–	4.52±0.54
С (135-145)	–	5.67±0.10	3.97±0.10	–	–	–	2.74±0.33

Таблица 62

Физико-химические свойства дерново-подзолистой южной тайги, разрез Р-1

Горизонт (глубина, см)	С	N	Обменные катионы		V _s , %	Fe ₂ O _{3ox}	Al ₂ O _{3ox}	Fe ₂ O _{3d}
			Ca ²⁺	Mg ²⁺				
			СМОЛЬ/КГ ПОЧВЫ					
АО1 (0-2)	42.3±1.5	1.45±0.16	33.7±2.5	6.0±0.5	49	—	—	—
АО2 (2-4)	32.7±1.2	1.1±0.1	30.0±2.2	3.81±0.29	42	-	—	—
АУ (4-12)	1.17±0.27	0.084±0.017	0.82±0.14	0.38±0.04	9	1.39±0.21	0.29±0.07	1.81
ЕL (12-23)	0.30±0.07	0.031±0.009	0.63±0.11	0.38±0.04	12	0.55±0.08	0.23±0.05	0.76
ВЕL (23-34)	0.25±0.06	0.031±0.009	1.81±0.16	1.57±0.16	29	0.38±0.13	0.29±0.07	0.86
ВЕL (34-47)	0.23±0.05	0.031±0.009	7.1±0.5	4.8±0.4	57	0.43±0.06	0.36±0.09	1.2
ВТ1 (47-62)	0.24±0.06	0.036±0.010	10.2±0.8	7.2±0.5	67	0.31±0.11	0.37±0.09	1.3
ВТ1 (62-75)	0.20±0.04	0.034±0.010	11.8±0.9	8.2±0.6	73	0.27±0.09	0.30±0.07	1.28
ВТ2 (75-92)	0.19±0.04	0.035±0.010	12.4±0.9	8.6±0.6	77	0.26±0.09	0.31±0.08	1.23
ВТ2 (92-110)	0.22±0.05	0.033±0.010	13.6±1.1	9.6±0.7	80	0.21±0.07	0.24±0.06	1.35
ВТ2 (110-120)	0.19±0.04	0.036±0.010	14.5±1.1	10.2±0.8	83	0.22±0.08	0.24±0.06	1.3
ВС (120-130)	—	—	13±1.0	9.1±0.7	83	0.25±0.09	0.24±0.06	1.22
С (135-145)	—	—	6.6±0.5	3.81±0.29	79	0.21±0.07	0.13±0.03	1.15

Результаты изучения реологических свойств дерново-подзолистой почвы Р-1 представлены в таблице 63. В профиле рассматриваемой почвы наиболее прочные межчастичные контакты (G' до $1.00 \cdot 10^6 - 1.23 \cdot 10^6$ Па) формируются в верхней части профиля почв (горизонты АУ, ЕL, ВЕL), в области накопления гумуса, низкомолекулярных органических веществ и органо-минеральных альфегумусовых соединений (табл. 62). Содержание железа по Тамму в серо-гумусовом горизонте (АУ) достигает 1.39%. Повышение прочности связи, с одной стороны, обусловлено влиянием подвижных форм альфегумусовых соединений, которые обволакивают частицы почв, способствуя созданию прочных и жестких «мостиков» в местах контактов между минеральными

частицами. С другой стороны, существенный вклад в повышение прочности межчастичных контактов может вносить сезонное промерзание. Промораживание почв способствует уплотнению частиц и формированию более прочных конденсационных типов межчастичных контактов (Абрукова, Манучаров., 1986; Khaydarova et al., 2018; Холопов и др., 2018). Как указывалось выше, по данным температурных наблюдений на конец 80-х годов (Канев, 2002) максимальная глубина промерзания почв на данном ключевом участке в разные годы достигала 30–55 см. При этом, несмотря на возможное ослабление в настоящее время (IPCC, Climate Change..., 2014) интенсивности промерзания дерново-подзолистых почв, влияние фактора промерзания на их реологические свойства не следует исключать. Альфегумусовая пропитка, а также процессы промерзания способствуют созданию прочных, но более хрупких межчастичных связей, которые легко разрушаются и слабо восстанавливаются при механическом воздействии. На это указывает узкий диапазон упругости (фиксируемый по параллельному ходу кривой G' в области линейной вязкоупругости LVE-range) и пластичности (определяемый по пересечению (CROSSOVER) модулей упругости и вязкости ($G'=G''$) почвенной системы. В серо-гумусовом горизонте АУ значения упругости (LVE-range) и пластичности (CROSSOVER) достигают 0.00328% и 1.57% соответственно, ниже по профилю в элювиальных горизонтах (ЕL, ВЕL) происходит резкое увеличение пластичности до 5.18% без изменения упругости контактов, что может быть обусловлено повышенным трением выветрелых и диспергированных минеральных частиц в процессе оподзоливания и промораживания (Лепорский и др., 1990; Соколова и др., 1983).

Высокая прочность контактов (G') постепенно ослабляется к низу профиля до $4.41 \cdot 10^5$ Па, величины пластичности (CROSSOVER) при этом выходят на средние по профилю значения 3.48%. В то же время значения упругой деформации (LVE-range), наоборот, увеличиваются от 0.00328% в горизонте АУ до 0.00726% в горизонте ВТ. Такое изменение реологических свойств обусловлено постепенным ослаблением вниз по профилю педогенных факторов и проявлением в большей степени реологических свойств, связанных (опосредованно) с гранулометрическим и минералогическим составом почвообразующей породы. Текстурированный горизонт ВТ и материнская порода ВСg отличаются более тяжелым гранулометрическим составом, высокой степенью насыщенности основаниями, способствующим повышенному накоплению влаги.

Таблица 63
 Реологические свойства дерново-подзолистой типичной текстурно-дифференцированной почвы Р-1

Горизонт	Глубина, см	Влажность максимального набухания, %		Предел упругой деформации LVF- range, %		Модуль упругости G', Pa		Предел пластичной деформации CROSSOVER, %		Integral Z*	
		ω	$\pm\Delta$	ω	$\pm\Delta$	ω	$\pm\Delta$	ω	$\pm\Delta$		
AY	4-12	31.9	3.8	0.00328	0.00043	1.23·10 ⁶	0.16·10 ⁶	1.57	0.18	1.02	0.13
EL	12-23	27.5	3.3	0.00328	0.00043	1.13·10 ⁶	0.14·10 ⁶	5.18	0.61	3.54	0.46
BEL	23-34	30.1	3.6	0.00327	0.00043	1.16·10 ⁶	0.15·10 ⁶	3.48	0.41	2.36	0.31
BEL	34-47	33.3	4.0	0.00328	0.00043	7.79·10 ⁵	1.00·10 ⁵	4.16	0.49	2.87	0.37
BT1	47-62	37.6	4.5	0.00488	0.00064	6.29·10 ⁵	0.81·10 ⁵	4.16	0.49	2.78	0.36
BT1	62-75	37.9	4.5	0.00488	0.00064	6.36·10 ⁵	0.81·10 ⁵	4.16	0.49	2.31	0.30
BT2	75-92	36.0	4.3	0.00488	0.00064	6.00·10 ⁵	0.77·10 ⁵	4.16	0.49	2.36	0.31
BT2	92-110	39.0	4.7	0.00726	0.00095	5.15·10 ⁵	0.66·10 ⁵	4.16	0.49	2.58	0.34
BT2	110-120	39.0	4.7	0.00726	0.00095	4.74·10 ⁵	0.61·10 ⁵	4.16	0.49	2.21	0.29

Присутствие влаги увеличивает расстояние между почвенными частицами, ослабляя тем самым межчастичное взаимодействие (Хайдапова и др., 2016). Поверхностные пленки влаги, за счет сил поверхностного натяжения, увеличивают упругое сопротивление почвы (LVE-range) в начале деформационного воздействия, при преодолении которого (по мере увеличения нагрузки), система переходит в упруго-вязкое или пластичное состояние. Показатель структурной устойчивости в почвах таежной зоны во многом зависит от величин пластичности и, возможно, не всегда адекватно отражает реальное структурное состояние почв. Таким образом, в верхней части профиля исследуемой почвы, структурная устойчивость несмотря на высокие показатели в подзолистом горизонте, ограничивается хрупкостью формирующихся контактов с низкими упругими свойствами. Наиболее устойчивыми свойствами к механическим нагрузкам является иллювиальная текстурный горизонт (ВТ), отличающийся высоким содержанием обменных оснований и более тяжелым гранулометрическим составом.

Демонстрационный объект №5

ПОЧВЫ С ПОЛИГЕНЕТИЧЕСКИМ ПРОФИЛЕМ ЮЖНОЙ ТАЙГИ И СМЕШАННЫХ ЛЕСОВ ВЯТСКОГО ПРИКАМЬЯ (КИРОВСКАЯ ОБЛАСТЬ)

В завершении экскурсионного тура вниманию участников представлены почвы с полигенетичным гумусовым профилем – с т.н. вторым гумусовым горизонтом – ВГГ (АЕL[hh], АU[hh], в ряде случаев В[hh] и др.). Наличие таких почв на территории Вятского края объясняется рядом причин. Во-первых, экотонным положением её южной половины – на стыке лесных и лесостепных биомов, определяющих повышенную сенсорность и рефлекторность почв к возможным изменениям зональных и азональных условий педогенеза. Во-вторых, широким распространением здесь специфических типов почвообразующих пород – покровных суглинков и элювия коренных пермских пород, обладавших в прошлом, а на юге Вятского края и в настоящее время заметной степенью карбонатности, и оказывающих положительное влияние на процессы

биоаккумулятивной природы. В-третьих, сложной историей формирования почв на послеледниковом этапе развития природы: прогрессирующей развивающей эволюцией в бореально-атлантическую стадию раннего голоцена и наследующую стадию с элементами стирающей эволюции в позднем голоцене.

Почвы с ВГГ локально сохранились на территории Чепецко-Кильмезской возвышенности, Ярано-Вятской наклонной равнины, Уржумского и Мари-Турекского плато (рис. 41).

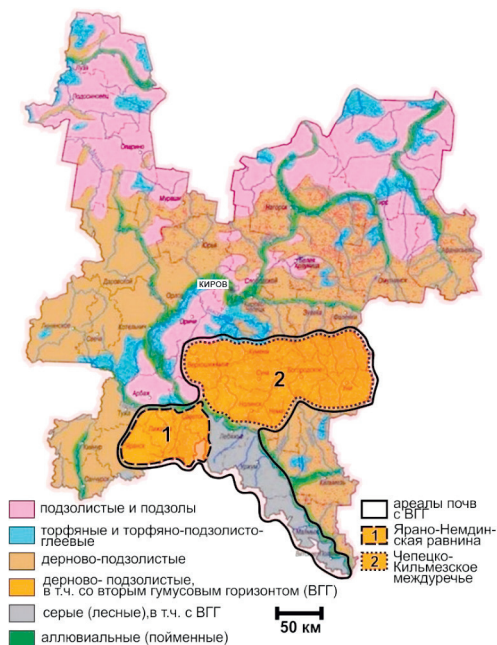


Рис. 41. Карта-схема почв Вятского Прикамья (в границах Кировской области)

Ввиду обширности ареала их распространения, вниманию участников предлагаются сведения только о дерново-подзолистых почвах с ВГГ южно-таёжных и смешанно-лесных ландшафтов Вятского Прикамья, сформированных на покровных бескарбонатных и, реже, карбонатных суглинках, некоторых других генетических

типах отложений. Разрезы заложены во вторичных и в условно коренных мелколиственно-хвойных лесах, а также в агроландшафтах.

Среднегодовая температура района исследования составляет 1.8–2.8 °С, сумма $T > 10$ °С – около 2000 °С; количество осадков за год равно 680–640 мм, КУ по Иванову – 1.2–1.0, тип водного режима переходный от промывного к периодически промывному.

Специфика строения и свойств дерново-неглубокоподзолистой среднесуглинистой почвы с ВГГ на покровном суглинке рассмотрена на примере участка «Кумены: лес» (рис. 42). В средней части склона (угол наклона 2°) водораздела северо-западной экспозиции под целинным еловым лесом описан Разрез К-28а (рис. 43, 44). Древостой представлен елью европейской (доминирует), берёзой, пихтой. Кустарниковый ярус образуют рябина, жимолость лесная, малина, бузина сибирская. В травостое присутствуют звездчатка (обильно), кипрей, чистотел, копытень европейский, вороний глаз (единично), майник двулистный, кислица заячья, вероника дубравная (редко), перловник поникший.

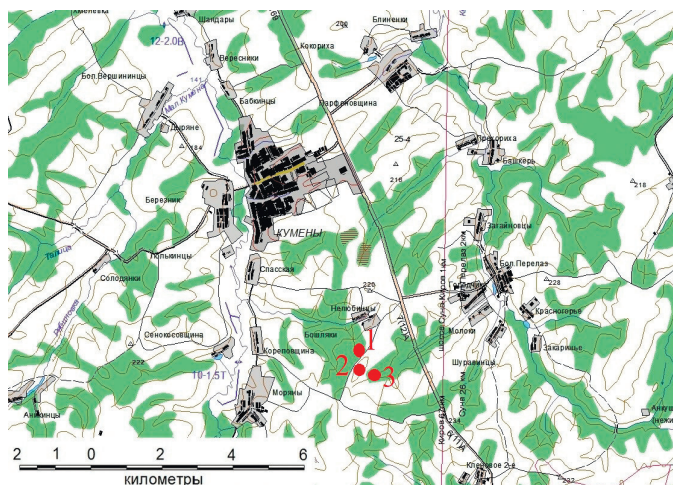


Рис. 42. Местоположение разрезов дерново-подзолистых почв с ВГГ. Участок «Кумены: лес»: 1 – разрез К-28а; 2 – разрез К-28б; 3 – разрез К-28в.



Рис. 43. Участок «Кумены: лес». Ельник-кисличник на дерново-подзолистых почвах со вторым гумусовым горизонтом.



Рис. 44. Участок «Кумены: лес». Ельник-кисличник на дерново-подзолистых почвах со вторым гумусовым горизонтом.

Морфологическое строение профиля:

- О** 0–5 см Влажный, серовато-буроватый, с глубины 3 см – буровато-чёрный, рыхлый, слабо-среднеразложившийся опад из хвои, сучков и шишек ели, стеблей трав, с глубины 3 см – сильноразложившийся, переход ясный, ровный.
- AY** 5–18 см Влажный, темно-серый с коричневатым оттенком, средне-суглинистый, зернисто-мелкокомковатый с признаками слоеватости, рыхлый, изредка встречаются черновато-бурые мелкие рыхлые стяжения гидроксида железа и марганца величиной до 1 мм и более, рыхлый, с редкими корневыми порами диаметром менее 1 мм, обильно пронизан корнями, переход ясный, волнистый.
- AEI[hh]** 18–29 см, языками до 45 см Влажный, углисто-чёрный со сталистым, местами с седоватым или белесоватым оттенком, среднесуглинистый, зернисто-пластинчатый, уплотненный, локально, особенно в нижней части, встречается белесая присыпка скелетаны, часты мелкие рыхлые стяжения 1 мм в поперечнике, корней мало, переход ясный, волнисто-языковатый.
- BEI** 29–35 см Влажный, белесовато-буроватый с частыми тёмными гумусовыми пятнами, пятнистый по окраске, тяжелосуглинистый, зернисто-пластинчатый, уплотненный, наблюдается слабая белесая присыпка скелетаны, часто встречаются мелкие буроватые стяжения гидроксидов железа 1 мм в диаметре, корни редкие, переход ясный, языковатый.
- BT1** 35–66 см Зернисто-ореховатый с признаками укрупнения структурных отдельностей в нисходящем направлении, красновато-бурый, вдоль языков горизонта BEI – белесоватый, глинистый, в верхней части горизонта часто встречаются мелкие буровато-чёрные стяжения гидроксида железа примерно 1 мм в диаметре (с глубиной их количество постепенно уменьшается), плотный, корней мало, переход ясный, постепенный.
- BT2** 66–97 см Сырой, красновато-бурый с темной, слабо выраженной гумусовой лакировкой на поверхности агрегатов и вдоль корневых ходов, глинистый, ореховато-призмовидный, часты черновато-бурые стяжения гидроксида железа примерно 1–2 мм в диаметре, корни единичные, вдоль горизонта выявлен корень древесной растительности диаметром 5–7 мм.

- B2C** Сырой, бурый с красноватым оттенком, глинистый, призмовидный, слегка вязкий, менее оструктуренный, чем гор. B2, слабовыраженная гумусовая лакировка на поверхности агрегатов и вдоль корневых ходов, на поверхности структурных отдельностей наблюдаются колломорфные глинистые потеки, плотный, переход постепенный, заметный по исчезновению структуры и усилению вязкости.
- C** Бурый с темной гумусовой лакировкой на поверхности агрегатов и черноватыми пятнами, глинистый, бесструктурный, плотный, с редкими тонкими порами корневого происхождения.

На участках «Фаленки – Раменцы – Медвежена: поля с сенокосными угодьями» и «Фалёнки – Медвежена: поле с пуговым карьером» описаны агродерново-подзолистые почвы с ВГГ (рис. 45, 46). Разрез Ф-Рам-1 агродерново-неглубокоподзолистой среднесуглинистой почвы с ВГГ на покровном суглинке заложен на верхней части слабовыпуклого водораздела севернее д. Раменцы, западнее дороги Фаленки – Уни под сенокосным угодьем; экспозиция северная (угол наклона – 1–2 °) (рис. 45).

Морфологическое строение профиля:

- O** Сухой, серовато-желтоватый слаборазложившийся опад из стеблей злаков и разнотравья, корней нет, переход к следующему горизонту ясный, ровный.
- AУ** Свежий, коричневато-серый, среднесуглинистый, зернисто-мелко-среднекомковатый, плотный, много мелких черноватых рыхлых стяжений гидроксидов железа и марганца величиной 1–2 мм, корней много, переход ясный, ровный.
- AEL[hh]** Свежий, пепельно-серый, среднесуглинистый, зернисто-пластинчатый, плотный, на поверхности педов много беле-сой скелетаны и мелких черноватых рыхлых стяжений гидроксидов Fe и Mn величиной около 1 мм, корней мало, переход резкий, волнистый; горизонт представлен только локально сохранившимися нижними частями ВГГ с волнистыми очертаниями его границы.
- BEI** Свежий, белесовато-буроватый, тяжелосуглинистый, зернисто-мелко-среднеореховатый, плотный, много белесоватой скелетаны и мелких черноватых рыхлых стяжений гидроксидов Fe и Mn величиной 1–2 мм, корни редкие, переход ясный, волнисто-языковатый.

BT1 43–62 см	Влажный, буро-коричневый, в верхней части с белесоватым (из-за скелетаны), в средней и нижней части с шоколадным оттенком (внутрипедная масса бурая), глинистый, зернисто-ореховатый, плотный, тонкопористый, на поверхности агрегатов много глинистых кутан, корни редкие, переход постепенный.
BT2 62–103 см	Влажный, бурый, с шоколадным оттенком на поверхности педов, глинистый, зернисто-ореховатый, плотный, в верхней части до глубины 78 см, преимущественно вдоль корневых пор и межагрегатных трещин наблюдаются вертикально вытянутые осветленные участки с присыпкой скелетаны, много буровато-чёрных рыхлых точечных стяжений гидроксидов Fe и Mn размером около 2 мм, корни редкие, переход постепенный.
B2C 103–135 см	Сырой, бурый, на поверхности педов со слабым шоколадным оттенком, глинистый, ореховатый с признаками призма—тической структуры, плотный, встречаются редкие буровато-чёрноватые стяжения гидроксидов Fe и Mn, слабовыраженная гумусовая лакировка на поверхности агрегатов и вдоль корневых ходов, на поверхности структурных отдельностей наблюдаются колломорфные глинистые потеки, плотный, корни единичные, переход постепенный, заметный по исчезновению структуры и усилению вязкости.
C 135–150 см	Бурый, местами со слабым коричневатым оттенком, глинистый, бесструктурный, слегка вязкий, вдоль редких корневых пор отмечается тёмная гумусовая лакировка, много точечных буровато-чёрных стяжений гидроксидов Fe и Mn величиной около 1 мм, корней нет.

Разрез Ф-Мед 1 агродерново-глубокоподзолистой тяжелосу-глинистой почвы с ВГГ на покровно-моренном суглинке проблематичного генезиса вскрыт в 2 км севернее д. Медвежена на стенке небольшого карьера глубиной около 1.5–2 м по периферии песчано-гравийного холма (пуга)¹, венчающего вершину высокого водораздела; экспозиция северная (угол наклона 1–2°). Угодье сенокосно-полевое.

¹ При отборе образцов был исключен залегающий под подстилкой нанос мощностью 9 см, возникший при разработке карьера.



Рис. 45. Участок «Фалёнки – Раменцы: поле». Вершина водораздела Чепецко-Кильмезской возвышенности (слева) с разрезом дерново-подзолистой почвы с ВГТ (Разрез Ф-Рам-1 с выпаханным гор. АЕЛ[hh]) (справа).



Рис. 46. Участок «Фалёнки – Медвежена: поле с пуговым карьером» (слева). Местоположение разреза дерново-подзолистой почвы с ВГТ на периферии пугового холма с мелким карьером – Разрез Ф-Мед 1 (справа).

Морфологическое строение профиля:

O 0–1 см	Сухой, желтоватый, слаборазложившиеся листья и стебли разнотравной луговой растительности, рыхлый, корней нет, переход ясный, ровный.
AУ 1–9 см	Сухой (на стенке карьера), светло-бурый, тяжелосуглинистый, с редкими включениями песчано-гравийного материала, зернисто-плитчатый, рыхлый, слабозаметная белесая присыпка скелетаны, корней много, переход ясный, ровный.
EL 9–13, до 20 см	Сухой, белесый, в нижней части с буроватым оттенком, среднесуглинистый, листовато-пластинчатый, с включениями дресвы, очень много присыпки скелетаны, встречаются редкие буровато-черноватые конкреции гидроксидов Fe и Mn величиной до 1 мм, корней меньше, чем в гор. АУ, переход ясный, волнисто-языковатый.
AEI[hh] 13–40, до 42 см	Сухой, белесовато-серый, среднесуглинистый, с редкими включениями гравия и дресвы, плитчатый в верхней части с глубины 34 см – зернисто-ореховатый, уплотненный, на поверхности агрегатов много белесой присыпки скелетаны, внутренняя часть агрегатов темная, переходящая с глубиной в пятнистую серо-коричневую по окраске массу в следствие различной степени гумусовой пропитки агрегатов, корней мало, переход ясный, волнисто-кармановидный (горизонт представлен в виде единичного крупного кармана протяженностью около 53 см по горизонтальной оси).
BT1 40–56 см	Влажный, коричнево-бурый, тяжелосуглинистый, с редкими включениями гальки и дресвы до 3 см в поперечнике, плотный, на поверхности агрегатов, особенно в верхней части горизонта наблюдается слабая присыпка скелетаны, отмечаются сосочковидные кутаны, корней мало, переход постепенный.
BT2 56-77 см	Сырой, буровато-коричневый, глинистый, с редкими включениями дресвы и гальки, зернисто-ореховатый, плотный, на отдельных участках наблюдается заметная присыпка скелетаны, переход постепенный.
BC 77–89 см	Сырой, красновато-коричневый, тяжелосуглинистый, с редкими включениями дресвы, зернисто-ореховатый, плотный, более вязкий, чем гор. BT2, встречаются черноватые рыхлые, неправильные формы стяжения гидроксидов Fe и Mn, корни редкие, переход ясный, волнистый.
C 89–130 см	Сырой, буровато-сероватый, неоднородный по окраске, с локализацией сероватых участков, в виде обширных пятен и полос, легкосуглинистый, с частыми включениями дресвы, комковато-бесструктурный, уплотненный, корни единичные.

Дополнительно приводим данные морфологического описания и результатов физико-химических исследований разрезов, за-

ложенных на других участках Вятского Прикамья. На участке «Яранск – Верхоуслино: лес и пашня» описан Разрез Я-1 дерново-глубокоподзолистой среднесуглинистой остаточной-карбонатной почвы с ВГТ на покровном карбонатном суглинке (Пижанское плато: Ярано-Ижское междуречье). Он заложен в верхней вышележающей части обширного пологоволнистого водораздела под целинным елово-пихтовым кислично-снытьевым лесом. Увлажнение атмосферное, достаточное.

Морфологическое строение профиля:

- | | |
|---------------------------|---|
| О
0–2 см | Влажный опад из хвои, сучьев, шишек, листьев, стеблей травянистой и моховой растительности, бурый, слаборазложившийся, рыхлый, переход в следующий горизонт ясный, ровный, заметный по цвету и степени разложения органики. |
| ОАУ
2–5 см | Влажный, буровато-черный, среднесуглинистый, крупитчатый, рыхлый, рассыпчатый, обогащен органическим веществом перегнойного характера, корни обильны, переход ясный, заметный по окраске. |
| АУ
5–14 см | Влажный, темно-серый, неоднородный по цвету, при подсыхании выделяются более и менее интенсивно-окрашенные комочки, встречаются агрегаты светло-серые с поверхности и темно-серые внутри, среднесуглинистый, зернисто-комковатый, рыхлый, рассыпчатый, много мелких округлых серо-бурых ортштейнов величиной до 2–3 мм и более, густо переплетен корнями, переход ясный, заметный по изменению цвета и структуры. |
| ЕL[hh]
14–24 см | Влажный, дымчато-серый, сильно светлеющий при подсыхании, внутренняя часть агрегатов более темная, среднесуглинистый, чешуйчато-листоватый, рыхлый, на поверхности структурных отдельностей интенсивная белесая присыпка скелетаны, обильны мелкие серовато-бурые ортштейны, корни редкие, переход постепенный, волнистый с единичным крупным карманом на глубине до 52 см. |
| ЕL
24–32 см | Влажный, палево-белесый, тяжелосуглинистый, листовато-пластинчатый, рыхлый, рассыпчатый, обильна отбеленная присыпка скелетаны, много серовато-бурых мелких ортштейнов, корни редкие, переход постепенный, языковатый. |
| ВЕL
32–41 см | Влажный, белесо-бурый, глинистый, плитчато-ореховатый, уплотненный, рассыпчатый, много белесой, ослабевающей с глубиной осветленной присыпки скелетаны, ортштейнов очень мало, корни редкие, переход постепенный, языковатый. |

- B[hh]**
24–52 см Карман шириной от 40 см в верхней до 25 см в нижней части, влажный, углисто-черный, вверху с белесой присыпкой скелетаны, постепенно исчезающей на глубине 48 см, агрегаты равномерно пропитаны гумусом, по периферии кармана заметно ослабление интенсивности пропитки, здесь же на глубине 32–50 см встречаются локальные белесые пятна величиной до 3–4 см в поперечнике, тяжелосуглинистый, переходящий с глубиной в глинистый, неоднородный по структуре, в нисходящем направлении наблюдается постепенный переход от плитчатых к мелко- и крупноореховатым агрегатам, уплотненный, корни редкие, переход ясный, заметный по цвету.
- Bt1**
41–58 см Сырой, бурый, с темной гумусовой лакировкой, глинистый, ореховатый, легко распадается на структурные отдельности, плотный, на поверхности агрегатов заметна белесая, ослабевающая с глубиной присыпка скелетаны, на нижних гранях агрегатов мелкие глинистые сосочковидные кутаны, корни редкие, переход постепенный.
- Bt2**
58–94 см Сырой, желтовато-бурый, с темной гумусовой лакировкой, менее интенсивной, чем в горизонте Bt1, глинистый, призмовидно-ореховатый, плотный, слегка вязкий, белесая присыпка только на стенках крупных межагрегатных трещин, кутан мало, корни единичные, переход постепенный.
- BcCa**
94–135 см Сырой, желтовато-бурый, со слабой гумусовой лакировкой на поверхности агрегатов и по стенкам корневых пор, тяжелосуглинистый, призмовидный, плотный, более вязкий, чем горизонт Bt2, глинистых кутан мало, на глубине 120 см появляются мелкие карбонатные трубочки, слабое вскипание от раствора HCl, корни единичные, переход постепенный.
- Cca**
135–160 см Сырой, желто-бурый, неоднородный по цвету, с редкой сетчатой гумусовой лакировкой по корневым порам, тяжелосуглинистый, вязкий, бесструктурный, с глубины 150 см отмечены вкрапления красноватых и серовато-зеленоватых отдельностей, состоящих из элювия пермских глин, встречается мягкая розовато-белая карбонатная крошка, в нижней части почвенная масса с признаками перемешивания и перемещения, корни единичные, переход постепенный.
- CDea**
160–220 см Сырой, буровато-красноватый, неоднородный, с розоватыми и серовато-зеленоватыми вкраплениями, глинистый, ореховатый, плотный, пестроцветных карбонатных включений меньше, чем в горизонте Cca, минеральная масса с признаками перемещения.

Разрез П-4 дерново-неглубокоподзолистой среднесуглинистой остаточнокarbonатной почвы с ВГГ на покровном карбонатном суглинке заложен на территории Ярано-Немдинского междуречья в верхней части обширного пологоволнистого водораздела под вторичным березняком земляничным.

Морфологическое строение профиля:

- ОА** Слабо-среднеразложившийся опад из листьев, тонких ветвей и коры березы, злаков и разнотравья, сухой, бурый сверху и сырой, почерневший снизу, рыхлый, переход к следующему горизонту ясный, ровный.
- 0–2 см**
- АУ** Влажный, тёмно-серый, среднесуглинистый, непрочнокомковатый, рыхлый, много буро-серых мелких ортштейнов, копролитов дождевых червей, корней, переход ясный, ровный.
- 2–19 см**
- АЕI[hh]** Влажный, дымчато-серый, с углистым оттенком, тяжелосуглинистый, чешуйчато-листоватый, рыхлый, с присыпкой скелетаны на поверхности педов, много буро-чёрных мелких ортштейнов и ходов дождевых червей с копролитами, горизонт выражен не повсеместно, переход постепенный, волнистый.
- 19–28 см**
- BEI** Влажный, белесо-бурый, с пятнами и линзами горизонта EI до 4 см в поперечнике, тяжелосуглинистый, пластинчато-ореховатый, рыхлый, заметна присыпка скелетаны, встречаются редкие мелкие ортштейны, корни, переход постепенный, языковатый.
- 28–39, до 54 см**
- BT1** Сырой, коричнево-бурый с шоколадным глянцем, глинистый, ореховатый, легко распадается на структурные отдельности, на поверхности агрегатов заметная, ослабевающая с глубиной белесая присыпка скелетаны и слабовыраженные сосочковидные глинистые кутаны с нижней стороны педов, корни редкие, тонкие, переход постепенный, заметный по увеличению плотности и вязкости.
- 39–66 см**
- BT2** Сырой, бурый, с шоколадным глянцем на поверхности агрегатов и по корневым порам, глинистый, крупноореховатый, в нижней части ореховато-призмовидный, агрегаты микропористые, со слабозаметными сосочковидными глинистыми кутанами с нижней стороны педов, корни редкие, переход постепенный, заметный по ослаблению структурности и облегчению гранулометрического состава.
- 66–104 см**
- CD** Сырой, красно-бурый с сетчатой гумусовой лакировкой по корневым порам, глинистый, бесструктурный с признаками призмовидности, плотный, микропористый, с фиолетово-чёрными пятнами гидроксидов марганца, корни единичные, переход постепенный, заметный по усилению вязкости и исчезновению признаков опесчанности.
- 104–135 см**
- CDca** Сырой, красновато-бурый с желтоватыми пятнами от разложившихся карбонатов и фиолетово-чёрными налетами гидроксидов марганца, тяжелосуглинистый, вязкий, бесструктурный, много мелких карбонатных журавчиков, бурное вскипание от раствора 10% HCl с глубины 135 см.
- 135–170 см**

Разрез С-8 дерново-мелкоподзолистой почвы с ВГГ на покровном бескарбонатном суглинке заложен на территории Вятских Увалов

(Кукарское плато) в верхней части обширного выровненного водораздела под целинным ельником папоротниково-травяным. Увлажнение атмосферное, достаточное (рис. 47).

Морфологическое строение профиля:

О 0–2 см:	Опад из хвои, листьев, мелких сучков, отдельных шишек ели, влажный, черновато-бурый, слаборазложившийся, переход в следующий горизонт ясный, ровный.
ОАУ 2–5 см:	Влажный, буровато-черный, среднесуглинистый, крупитчатый, рыхлый, рассыпчатый, обогащен сильно гумифици-рованными органическими остатками, с обилием молодых тонких корешков светло-серого и беловатого цвета, переход ясный, ровный.
АУ 5–17 см:	Влажный, пепельно-серый с белесоватым оттенком, среднесуглинистый, мелкокомковато-слоеватый, рыхлый, много мелких серо-бурых ортштейнов, встречаются локальные белесые пятна скелетаны, корней много, переход ясный, до резкого, заметный по потемнению цвета.
АЕL[hh] 17–25 см:	Влажный, углисто-серый, с отдельными более темными участками, тяжелосуглинистый, крупнозернисто-плитчатый (плитчатость выражена значительно слабее, чем у аналогичных горизонтов других вышеописанных разрезов), рыхлый, много мелких серо-бурых ортштейнов, заметна белесая присыпка, более интенсивная по периферии языков и кармашков в нижней части горизонта, агрегаты полностью пропитаны гумусом, корней мало, переход постепенный, волнистый, с отдельными языками до глубины 39 см.
ВТ1 25–51 см:	Влажный, бурый, со слабым белесоватым оттенком и с заметным гумусовым гляncем по граням агрегатов и корневым порам, глинистый, ореховатый, плотный, легко распадающийся на структурные отдельные, в верхней части слабая присыпка скелетаны, на стенках агрегатов встречаются мелкие глинистые кутаны в виде чечевичек, корни редкие, переход постепенный, заметный по цвету и структуре.
ВТ2 51–81 см:	Влажный, бурый с очень слабым белесоватым налетом присыпки и со слабой матово-серой гумусовой лакировкой, глинистый, мелко-крупноореховатый, плотный с натечными глинистыми кутанами, корни редкие, переход постепенный, заметный по изменению структуры и вязкости.
ВС 81–103 см:	Близкий к сырому, бурый, с едва заметной матово-серой и сегчатой гумусовой лакировкой и белесоватым налетом по стенкам крупных меж-агрегатных трещин, глинистый, призмовидно-глыбистый, плотный, вязкий, со слабовыраженной структурностью, корни редкие, переход постепенный, заметный по исчезновению структуры.

С 103–145 см:	Сырой, желтовато-бурый, с редкой сетчатой гумусовой лакировкой по корневым порам, глинистый, бесструктурный, плотный, вязкий, корни единичные.
------------------	--

Разрез С-9 агродерново-мелкоподзолистой среднесуглинистой почвы с ВГГ на покровном бескарбонатном суглинке заложен в аналогичных геоморфологических условиях на пашне в 250 м к югу от разреза С-8 (рис. 47). Культура: озимая рожь в стадии кущения. Засоренность слабая: сурепка, мокрица. Увлажнение атмосферное, достаточное.



Рис. 47. Участок «Ваничи»: Кукарское плато (слева) и профиль дерново-мелкоподзолистой почвы Сов-8а (справа).

Морфологическое строение профиля:

РУ 0–21 см	Влажный, темно-серый, среднесуглинистый, пылевато-комковатый, рыхлый, много мелких серо-бурых ортштейнов, корней много, переход в следующий горизонт резкий, ровный.
АЕЦ[hh] 21–28 см	Влажный, углисто-черный, тяжелосуглинистый, плитчатый, уплотненный, на поверхности агрегатов слабая присыпка скелетаны, внутренняя часть структурных отдельностей равномерно прокрашена гумусом, много серо-бурых ортштейнов, корни обильны в верхнем 10-сантиметровом слое горизонта, переход ясный, волнистый.

BT1 28–57 см	Влажный, бурый со слабой гумусовой лакировкой, глинистый, ореховатый, плотный, на поверхности агрегатов белесая, ослабевающая с глубиной присыпка скелетаны, корни редкие, переход постепенный.
BT2 57–89 см	Влажный, бурый со слабым матово-черным глянецом, глинистый, крупноореховатый, плотный, на поверхности агрегатов слабая отбеленная присыпка скелетаны, в их нижней части редкие слабозаметные глинистые кутаны, корни редкие, переход постепенный.
BC 89–126 см	Сырой, бурый с матовыми гумусовыми пленками на поверхности агрегатов и по корневым порам, глинистый, ореховато-призматический, на нижней поверхности граней слабо выраженные глинистые кутаны, корни редкие, переход постепенный, заметный по изменению структуры.
C 126–150 см	Сырой, бурый, с сегчатой гумусовой лакировкой, глинистый, призмовидно-комковатый, вязкий, очень слабоструктурный, с мелкими сосочками натечной глины на поверхности агрегатов, корни единичные.

Как видно из приведенных описаний, профиль почв со сложным органопрофилем четко дифференцирован на аккумулятивно-элювиальную и иллювиальную части. Оба гумусовых горизонта в основном совпадают по положению с верхней из них, но значительно различаются по внешнему облику. Горизонт АУ целинных почв обладает признаками типичного аккумулятивного горизонта (значительная гумусированность, зернисто-комковатая структура и т.д.). Пахотные слои освоенных почв утратили естественное структурное состояние и характеризуются пылевато-комковатым сложением. Обычно верхний органо-минеральный горизонт непосредственно сменяется вторым гумусовым, хотя отмечены случаи разделения их белесой прослойкой типично элювиального горизонта ЕL толщиной около 3 см и более.

Горизонту АЕL[hh] свойственно контрастное сочетание признаков аккумулятивных и элювиальных горизонтов: тёмно-серая или углисто-чёрная окраска, непрочная пластинчатая или зернисто-пластинчатая структура, седоватая скелетана на поверхности агрегатов, насквозь пропитанных гумусовыми веществами, низкое содержание корней. Последнее косвенно указывают на современную биологическую инертность горизонта АЕL[hh]. Цветовая выраженность нижнего гумусового горизонта находится в обратной зависимости от степени оподзоленности почв. На интенсивность тёмной окраски сильно влияет степень увлажнения: во влажном состоянии он часто выглядит стально-серым, в близком к воздушно-сыхому состоянию становится светло-серым, вплоть до белесоватого. Не исключается вероятность фотодеструкции тёмной

цветовой гаммы данного горизонта на свету. Среди освоенных почв широко распространены разности с выпаханным ВГГ вследствие его относительно неглубокого залегания (27 см) от поверхности. Во многих случаях нижняя часть горизонта АЕЛ[hh] подстиляется оподзоленным горизонтом ВЕЛ. В пахотных почвах оба горизонта нередко находятся на одном уровне и чередуются друг с другом благодаря волнистым очертаниям их нижних границ.

Таким образом, варьирование морфологического облика дерново-подзолистых почв со сложным органомофилем связано как с естественными, так и с антропогенными факторами. В случае сильной оподзоленности или припаханности нижнего гумусового горизонта они приближаются по внешнему облику к типичным дерново-подзолистым почвам южной тайги.

Гранулометрический состав свидетельствует о четкой дифференциации профиля (табл. 64). Верхняя 30–35-сантиметровая толща почв заметно обеднена физической глиной и имеет преимущественно среднесуглинистый состав. Между обоими гумусовыми горизонтами практически отсутствуют различия в содержании частиц менее 0.01 мм. В горизонте ВЕЛ их доля существенно возрастает. Средняя часть профиля (горизонты ВТ) характеризуется наибольшим количеством частиц физической глины и всегда имеет легкоглинистый состав. На уровне горизонтов С вновь отмечается некоторое уменьшение содержания физической глины, но её здесь обычно больше, чем в верхней части профиля.

Таблица 64

**Гранулометрический состав дерново-подзолистых почв
с ВГГ Вятского Прикамья**

Горизонт, глубина см	ρ , г/см ³	W, %	Содержание фракции, %; размер фракции, мм							НИ, %
			1- -0.25	0.25- -0.05	0.05- -0.01	0.01- -0.005	0.005- -0.001	<0.001	<0.01	
Разрез Я-1: лес										
ОА 2-5	-	8.3	2.0	14.4	47.1	13.0	13.7	9.8	36.5	-72
АУ 5-14	0.96	4.6	0.6	13.5	47.3	16.2	14.6	7.8	38.6	-77

Продолжение таблицы 64

Горизонт, глубина см	ρ , г/см ³	W, %	Содержание фракции, %; размер фракции, мм							НИ, %
			1- -0.25	0.25- -0.05	0.05- -0.01	0.01- -0.005	0.005- -0.001	<0.001	<0.01	
AEL[hh] 14-24	1.23	2.0	0.3	8.0	52.2	13.6	20.3	5.6	39.5	-84
EL 24-32	1.42	1.7	0.2	20.3	38.9	13.1	15.7	11.8	40.6	-66
BEL 32-41	1.47	3.7	0	12.1	34.6	9.1	13.9	30.3	53.3	-12
B[hh] 28- 32	–	1.4	0	14.1	43.4	13.5	16.3	12.7	42.5	-63
B[hh] 32- 45	–	2.3	0	18.0	41.2	10.2	17.1	23.5	50.8	-32
BT1 41-50	1.48	4.7	0	8.3	32.0	9.1	12.7	37.9	59.7	+10
BT1 50-58	1.48	4.9	0	11.6	30.4	9.0	11.4	37.6	58.0	+9
BT2 70-80	1.49	4.6	0	12.7	31.2	8.4	13.3	34.4	56.1	0
BCca 110- 120	–	4.1	0.5	19.1	37.0	9.4	5.5	28.5	43.4	–
Cca 135- 145	–	4.4	3.0	18.6	29.7	6.3	18.7	23.7	48.7	–
CDca 180- 190	–	5.2	6.5	16.0	28.0	14.7	25.9	8.9	49.5	–
CDca210- 220	–	6.2	1.2	13.0	25.9	14.5	31.6	13.8	59.9	–
Разрез П-4: лес										
AY 2-10	1.10	2.5	0.5	22.6	39.4	12.5	17.3	7.7	37.5	-73
AY 10-19	1.10	2.2	0.3	16.5	40.3	13.4	17.8	11.7	42.9	-59
AEL[hh] 19-28	1.22	1.9	0.4	17.3	41.2	12.5	17.9	10.7	41.1	-62
BEL 29-39	1.43	2.6	0	13.4	38.0	9.6	15.1	23.9	48.6	-16
BT1 40-50	1.46	3.6	0	11.8	30.6	12.3	13.5	31.8	57.6	+12
BT1 50-60	1.46	4.0	0	10.5	31.2	8.0	14.1	36.2	58.3	+27
BT2 75-85	–	4.2	0	12.9	33.4	7.3	12.7	33.7	53.7	+18

Продолжение таблицы 64

Горизонт, глубина см	ρ , г/см ³	W, %	Содержание фракции, %; размер фракции, мм							НИ, %
			1- -0.25	0.25- -0.05	0.05- -0.01	0.01- -0.005	0.005- -0.001	<0.001	<0.01	
BT2 90-100	–	3.6	0.2	13.1	38.1	6.9	13.2	28.5	48.6	0
CD 115-125	–	4.6	3.8	25.8	20.0	6.8	20.4	23.2	50.4	–
CDca 150-160	–	4.4	0.3	23.7	28.2	12.0	19.9	15.9	47.8	–
Разрез С-8: лес										
OA 2-5	–	7.4	0	22.3	42.5	9.7	18.3	7.2	35.2	-78
AY 5-17	1.24	1.9	0.3	15.9	44.6	13.4	19.9	5.9	39.2	-82
AEL[hh] 17-25	1.52	1.6	0	13.2	45.1	13.3	18.7	9.7	41.7	-70
BT1 25-35	1.53	3.4	0	9.6	37.1	9.0	16.0	28.3	53.3	-12
BT1 40-50	1.53	4.0	0	10.3	34.1	4.3	17.6	33.7	55.6	+5
BT2 60-70	–	4.3	0	8.8	36.5	7.6	12.4	34.7	54.7	+8
BC 90-100	–	4.3	0	7.8	36.8	8.7	13.1	33.6	55.4	+5
C 135-145	–	4.2	0	9.3	39.5	7.0	12.2	32.0	51.2	0
Разрез С-9: пашня										
PY 0-21	1.29	1.7	0.2	14.1	47.3	13.9	18.2	6.3	38.4	-80
AEL[hh] 21-28	1.56	1.7	0	11.5	46.7	13.7	18.8	9.3	41.8	-70
BT1 30-40	1.57	3.1	0	12.2	37.8	9.7	13.1	27.2	50.0	-12
BT1 40-50	1.57	4.0	0	11.6	35.0	7.4	14.1	31.9	53.4	+3
BT2 60-70	–	4.4	0	11.1	38.4	2.6	12.4	35.5	50.5	+15
BC 100-110	–	4.3	0	9.8	37.1	6.1	13.1	33.9	53.1	+9
C 145-155	–	4.0	0	10.8	38.9	6.0	13.0	31.0	50.3	0
Разрез К-28а: лес										
AY 6-16	–	2.5	2.9	2.3	58.5	10.7	12.8	12.8	36.3	-62

Окончание таблицы 64

Горизонт, глубина см	ρ , г/см ³	W, %	Содержание фракции, %; размер фракции, мм							НИ, %
			1- -0.25	0.25- -0.05	0.05- -0.01	0.01- -0.005	0.005- -0.001	<0.001	<0.01	
AEL[hh] 18-29	–	1.6	1.0	3.4	54.9	17.1	14.6	9.1	40.8	-73
BEL 29-35	–	2.0	0.9	1.4	61.9	9.6	11.9	14.3	35.8	-58
BT1 50-60	–	4.0	0.1	4.8	50.3	10.8	11.8	22.2	44.8	-35
BT2 81-91	–	4.4	0.4	1.8	49.4	8.0	9.4	31.1	48.5	-9
BC 113- 123	–	4.2	0.1	4.7	44.3	8.7	10.7	31.5	50.9	-8
C 140-150	–	3.5	0.1	3.3	44.6	6.7	11.1	34.2	52.0	0
Разрез Ф-25: Поле*										
PY 0-23	–	2.8	1.4	13.1	42.1	13.2	14.4	14.7	43.4	-53
AEL[hh] 23-27	–	2.781	0.9	16.1	41.8	11.6	13.7	14.8	41.2	-53
BEL 27-35	–	4.2	0.4	49.7	11.5	9.0	6.0	22.1	39.4	-30
BT1 48-58	–	6.8	0.2	33.3	13.6	8.7	8.1	34.1	52.9	+8
BT2 77-88	–	6.4	0.1	23.1	27.0	7.7	5.3	34.6	49.8	+9
C 120-130	–	5.9	0.1	41.6	8.4	8.5	7.3	31.6	50.0	0

Примечание. * – по Тюлину [1976]. Здесь и далее: прочерк – не определяли; ρ – плотность почвы (объемный вес); W – гигроскопическая влажность; НИ – накопление ила.

Причиной элювиально-иллювиальной дифференциации является аналогичное внутрипрофильное распределение илистых частиц с минимумом в горизонтах А (менее 10%). Оба гумусовых горизонта имеют близкие показатели. Горизонты В отличаются максимальной концентрацией илистой фракции (свыше 30%). В почвообразующей породе количество ила вновь снижается.

Пересчет различных фракций мелкозема на обезыленную навеску указывает на отсутствие закономерных внутрипрофильных различий в содержании песчано-пылеватых фракций. Это косвенно свидетельствует об отсутствии литогенной неоднородности мине-

ральной части и позволяет произвести оценку степени элювиально-иллювиальной дифференциации профиля по содержанию илистой фракции. Она подтверждает факт резкого обеднения илом верхней 30-сантиметровой толщи почв по сравнению с материнской породой. Потеря илстых частиц в горизонтах АУ (РУ) и АЕL[hh] достигает 70–80%. Верхний и нижний гумусовые горизонты не имеют существенных различий в размерах выноса ила. В переходных горизонтах ВЕL вынос ила резко ослабевает и в иллювиальной толще обычно, но всегда, сменяется частичной аккумуляцией, более интенсивной в почвах на карбонатных породах (до 27%).

Расчёты общей дифференциации профиля с учётом содержания илстых частиц и плотности элювиальных и иллювиальных горизонтов подтверждают вывод о текстурной неоднородности профиля (табл. 65).

Таблица 65

**Степень общей дифференциации дерново-подзолистых почв
С ВГТ Вятского Прикамья**

Разрез, №	Я-1	Я-2	П-4	П-5	С-8	С-9
Степень дифференциации*	8.1	5.9	5.0	5.6	7.3	6.9

* – при величине большей 2-х почвы считаются резко дифференцированными.

Дополнительные балансовые расчеты содержания илистой фракции указывают на отрицательный баланс ила в профиле дерново-подзолистых почв с ВГТ, формирующихся как на бескарбонатных, так и на карбонатных породах (табл. 66). Абсолютный вынос ила в целом из педонов сечением 1 кв. м составляет величины от 31 до 76 кг, что соответствует 6–15% тонкодисперсной массы исходной породы. Потери приходится на аккумулятивно-элювиальные толщи профиля, где они не менее чем в 1.3–2,8 раза превосходят общий дефицит илстых частиц. Последний частично компенсируется за счёт иллювиальной аккумуляции в текстурной толще профиля. Однако она в 1.6–4.3 раза уступает размерам потерь из облегченных илом горизонтов.

Таблица 66

**Баланс илистой фракции в дерново-подзолистых почвах
с ВГТ Вятского Прикамья**

Горизонт, глубина, см	З а п а с ы, кг/кв. м (и в %)					
	без учета свидетеля			с учетом свидетеля – TiO ₂		
	исходные	реальные	баланс	исходные	реальные	баланс
Разрез Я-1: лес						
AY 5-14	38.2	6.7	-31.5	29.7	6.7	-23.0
EL[hh] 14-24	42.5	6.9	-35.6	41.1	6.9	-34.2
EL 24-32	34.0	13.4	-20.6	36.4	13.4	-23.0
BEL 32-41	38.2	40.1	+1.9	41.6	40.1	-1.5
BT1 41-50	38.2	50.5	+12.3	41.4	50.5	+9.1
BT1 50-58	34.0	44.5	+10.5	36.8	44.5	+7.7
BT2 58-94	152.9	184.5	+31.6	152.9	184.5	+31.6
BCca 94-135	174.1	174.1	0	-	-	-
5-94	377.9	346.5	-31.4	380.0	346.5	-33.5
5-135	552.0	520.7	-31.3	-	-	-
Баланс ила ±, %			-5.7			-8.8
Разрез П-4: лес						
AY 2-19	70.7	18.1	-52.6	58.5	18.1	-40.4
AEL[hh] 19-28	37.5	11.8	-25.7	34.8	11.8	-23.0
BEL 28-39	45.8	37.6	-8.2	44.8	37.6	-7.2
BT1 39-66	112.3	134.0	+21.7	112.3	134.0	+21.7
BT2 66-104	158.1	172.5	+14.4	157.0	172.5	+15.5
2-104	424.4	374.0	-50.4	407.4	374.0	-33.4
Баланс ила ±, %			-11.8			-8.2
Разрез С-8: лес						
AY 5-17	58.8	8.8	-50.0	51.4	8.8	-42.6
AEL[hh] 17-25	39.2	11.8	-27.4	47.1	11.8	-35.3
BT1 25-51	127.3	123.3	-4.0	138.2	123.3	-14.9
BT2 51-81	146.9	159.3	+12.4	150.1	159.3	+9.2

Окончание таблицы 66

Горизонт, глубина, см	З а п а с ы, кг/кв. м (и в %)					
	без учета свидетеля			с учетом свидетеля – TiO ₂		
	исходные	реальные	баланс	исходные	реальные	баланс
BC 81-103	107.7	113.1	+5.4	107.2	113.1	+5.9
5-103	479.8	416.3	-63.5	493.9	416.3	-77.6
Баланс ила ±, %			-13.2			-11.9
Разрез С-9: пашня						
РУ 0-21	102.2	17.1	-85.1	89.6	17.1	-72.5
АЕЛ[hh] 21-28	34.1	10.2	-23.9	35.7	10.2	-25.5
ВГ1 28-57	141.1	134.5	-6.6	151.3	134.5	-16.8
ВГ2 57-89	155.7	178.3	+22.6	160.7	178.3	+17.6
BC 89-126	180.1	196.9	+16.8	190.7	196.9	+6.2
0-126	613.2	537.0	-76.2	627.9	537.0	-90.9
Баланс ила ±, %			-11.4			-11.7

Наличие прямой зависимости между интенсивностью выноса илистой фракции из верхних горизонтов и её накоплением в текстурных служит дополнительным аргументом в пользу педогенной природы глинистой дифференциации профиля. Значительные размеры обезыливания на фоне отсутствия перераспределения песчано-пылеватых фракций свидетельствуют о превалировании процессов суспензионного перемещения тонких фракций мелкозема. Величины элювирования ила в размере около 80%, согласно литературным данным, указывают на промежуточное положение исследуемых почв между дерново-подзолистыми и светло-серыми лесными почвами (по классификации 1977 г.).

Валовой химический и минеральный состав дерново-подзолистых почв с ВГГ (таб. 67, 68) тесно коррелирует с гранулометрическим и подтверждает вывод о резкой дифференциации рассматриваемых почв. Их органогенные горизонты О и ОАУ четко обособлены благодаря значительному содержанию элементов-биофилов (Са, Мп, К, Р, S и др.) и относительно низкому количеству оксидов кремния. Нижележащие гумусовые горизонты АУ и АЕЛ[hh] характеризуются максимальной концентрацией SiO₂. Соответственно, они обеднены оксидами железа, алюминия, щелочноземельных катионов. В ил-

лювиальной толще количество последних существенно увеличивается и, наоборот, уменьшается содержание кремнезема. В бескарбонатных породах оксидов кальция и магния не более 2%, а в карбонатных обычно превышает 2–2.5%, достигая в отдельных разрезах 13%. Судя по отношению $\text{SiO}_2:\text{R}_2\text{O}_3$, верхний и нижний гумусовые горизонты имеют сходную степень элювирования, а у отдельных разрезов второй из них даже сильнее оподзолен. Различия объясняются биоаккумуляцией, более интенсивной в верхнем гумусовом горизонте.

Таблица 67

**Валовой химический состав дерново-подзолистых почв
с ВГТ Вятского Прикамья**

Горизонт, глубина, см	Процент от прокаленной массы										
	SiO ₂	CaO	MgO	Fe ₂ O ₃	Al ₂ O ₃	TiO ₂	P ₂ O ₅	MnO	Na ₂ O	K ₂ O	SO ₃
Разрез Я-1: лес											
О 0-2	69.2	6.86	1.29	3.40	12.39	0.82	0.88	0.69	1.66	2.52	0.16
ОА 2-5	72.0	3.72	1.23	3.32	12.28	0.83	0.56	0.58	1.45	2.26	0.15
АУ 5-14	75.0	1.18	1.18	4.37	12.49	0.93	0.14	0.49	1.15	2.04	0.14
ЕL[hh] 14-24	78.5	0.74	0.91	3.80	9.90	0.91	0.06	0.16	1.36	2.20	0.05
ЕL 24-32	78.4	0.73	1.22	4.19	10.83	0.88	0.05	0.07	1.32	2.16	0.05
ВЕL 32-41	73.4	0.89	1.78	5.80	13.25	0.85	0.07	0.08	1.21	2.14	0.05
В[hh] 35-45	75.0	0.92	1.35	4.91	12.66	0.79	0.09	0.09	1.35	2.37	0.05
ВТ1 41-50	70.6	0.76	2.21	6.56	14.62	0.84	0.05	0.09	1.11	2.09	0.05
ВТ2 70-80	71.0	1.36	1.92	6.62	14.06	0.77	0.06	0.09	1.22	2.11	0.05
ВСса 110-120	69.4	3.19	2.25	6.48	13.73	0.77	0.03	0.09	1.21	2.02	0.08
Сса135-145	68.7	3.90	2.56	6.88	13.55	0.72	0.04	0.09	1.24	1.92	0.05
СDса 210-220	62.0	1.57	3.74	10.57	17.10	0.80	0.15	0.11	1.39	1.97	0.05
Разрез П-4: лес											
АУ 2-10	76.48	1.23	1.06	4.50	10.85	0.77	0.15	0.22	1.30	2.35	0.05
АУ 10-19	76.78	1.04	1.03	4.28	11.06	0.81	0.15	0.20	1.37	2.34	0.05

Продолжение таблицы 67

Горизонт, глубина, см	Процент от прокаленной массы										
	SiO ₂	CaO	MgO	Fe ₂ O ₃	Al ₂ O ₃	TiO ₂	P ₂ O ₅	MnO	Na ₂ O	K ₂ O	SO ₃
АЕЛ[hh] 19-28	76.63	0.95	1.34	4.67	10.75	0.80	0.15	0.19	1.35	2.28	0.05
BEL 29-39	74.61	0.93	1.70	4.93	12.46	0.72	0.07	–	1.40	2.20	0.06
BT1 40-50	71.26	1.06	2.08	6.07	14.30	0.72	0.08	–	1.31	2.20	0.05
BT2 75-85	71.40	1.22	2.04	6.25	14.13	0.71	0.10	–	1.31	2.10	0.05
BT2 90-100	71.82	1.46	2.22	6.20	13.71	0.72	0.08	–	1.30	2.12	0.05
CD 115-125	69.58	1.69	2.55	7.00	14.63	0.64	0.14	–	1.44	1.82	0.09
Разрез С-8: лес											
О 0-2	72.7	4.78	1.12	3.53	10.18	0.72	0.69	0.53	1.52	2.35	0.13
ОА 2-5	75.6	2.45	1.03	3.07	11.01	0.78	0.50	0.33	1.61	2.21	0.09
АУ 5-17	78.8	1.03	0.70	3.28	10.33	0.82	0.08	0.27	1.51	2.09	0.05
АЕЛ[hh] 17-25	78.8	0.88	1.08	3.72	10.19	0.92	0.06	0.15	1.51	2.21	0.05
BT1 25-35	73.3	0.97	1.89	5.92	13.32	0.84	0.07	0.08	1.23	2.20	0.05
BT1 40-50	71.8	0.97	2.00	6.49	14.04	0.81	0.06	0.08	1.18	2.26	0.05
BT2 60-70	71.9	1.13	1.91	6.45	13.71	0.78	0.08	0.07	1.19	2.21	0.05
BC 90-100	71.8	1.20	1.90	6.38	13.75	0.76	0.06	0.08	1.31	2.21	0.05
С 135-145	71.8	1.20	1.99	6.43	13.85	0.76	0.07	0.07	1.29	2.26	0.05
Разрез С-9: пашня											
РУ 0-21	78.5	1.11	0.96	3.53	10.14	0.80	0.07	0.22	1.39	2.25	0.05
АЕЛ[hh] 21-28	78.9	1.09	1.04	3.68	10.14	0.79	0.07	0.12	1.47	2.24	0.05
BT1 30-40	73.7	1.04	1.94	6.00	12.84	0.80	0.06	0.08	1.25	2.28	0.05
BT1 40-50	72.0	2.06	2.06	6.54	13.90	0.80	0.08	0.08	1.24	2.27	0.05
Bt2 60-70	71.3	2.03	2.03	6.41	14.26	0.77	0.07	0.07	1.19	2.27	0.05
BC 100-110	71.5	2.07	2.07	6.50	14.22	0.79	0.07	0.09	1.26	2.32	0.05
С 135-145	72.3	2.00	2.00	6.56	13.49	0.75	0.06	0.08	1.21	2.31	0.05

Окончание таблицы 67

Горизонт, глубина, см	Процент от прокаленной массы										
	SiO ₂	CaO	MgO	Fe ₂ O ₃	Al ₂ O ₃	TiO ₂	P ₂ O ₅	MnO	Na ₂ O	K ₂ O	SO ₃
Разрез Ф-25; поле*											
ПУ 0-23	77.1	0.83	1.47	4.07	12.74	0.69	сл.	0.18	1.53	1.91	0.31
АЕЛ[hh] 23-27	77.4	0.66	1.98	3.59	12.95	0.75	сл.	0.09	1.56	1.86	0.31
ВЕЛ 27-35	73.5	1.33	2.34	4.88	14.46	0.66	сл.	0.09	1.42	1.88	0.21
ВТ1 48-58	69.8	1.28	2.45	6.07	17.16	0.77	сл.	0.09	1.20	1.64	0.34
ВТ2 77-88	70.4	2.45	2.34	5.81	16.38	0.70	сл.	0.09	1.30	1.89	0.29
С 120-130	70.6	1.94	2.42	5.57	16.96	0.64	0.12	0.09	1.32	1.98	0.21

* – по Тюлину (1976).

Независимо от степени карбонатности породы элювиальная толща в значительной мере выщелочена от силикатных и несиликатных (обменных) форм кальция и магния. Исключение составляют горизонты О, ОАУ и частично АУ целинных разрезов, в которых наблюдается заметная биогенная аккумуляция кальция. Последняя практически отсутствует в горизонте АЕЛ[hh]. Силикатным кальцием обеднена и верхняя часть иллювиальной толщи. На фоне стабильного содержания кремнезема и алюминия обращает внимание частичная потеря железа, а также кальция и натрия. Это свидетельствует о наличии элювиально-глеевого процесса и выщелачивания в профиле исследуемых почв.

Таблица 68

Валовой химический состав илистой фракции дерново-подзолистых почв с ВГТ Вятского Прикамья

Горизонт, глубина, см	Процент от прокаленной массы										
	SiO ₂	CaO	MgO	Fe ₂ O ₃	Al ₂ O ₃	TiO ₂	P ₂ O ₅	MnO	Na ₂ O	K ₂ O	SO ₃
Разрез Я-1: лес											
АУ 5-14	54.2	2.19	2.95	9.92	24.86	1.00	0.12	0.43	0.40	2.33	0.24
ЕЛ[hh] 14-24	53.9	0.71	3.29	11.73	24.60	0.99	0.16	0.44	0.40	2.43	0.10
ЕЛ 24-32	53.9	1.00	3.40	12.89	24.13	1.09	0.08	0.12	0.32	2.35	0.09
ВЕЛ 32-41	54.9	1.16	3.66	12.21	23.95	0.89	0.06	0.09	0.30	2.45	0.12

Продолжение таблицы 68

Горизонт, глубина, см	Процент от прокаленной массы										
	SiO ₂	CaO	MgO	Fe ₂ O ₃	Al ₂ O ₃	TiO ₂	P ₂ O ₅	MnO	Na ₂ O	K ₂ O	SO ₃
BT1 41-50	55.3	1.17	3.67	12.23	23.88	0.82	0.06	0.09	0.28	2.13	0.07
BT2 70-80	55.0	1.67	4.24	12.16	22.98	0.81	0.08	0.11	0.33	2.17	0.05
BCca 110-120	53.6	2.67	4.12	12.95	22.33	0.86	0.08	0.11	0.37	2.28	0.06
Cca 135-145	54.4	2.50	4.12	12.45	22.07	0.81	0.04	0.10	0.36	2.12	0.05
Разрез П-4: лес											
AY 2-10	54.1	2.00	3.40	11.41	23.28	0.97	0.31	0.26	0.27	2.81	0.10
AY 10-19	54.8	1.63	3.46	11.61	23.02	0.92	0.21	0.27	0.26	2.59	0.15
AEL[hh]19-28	52.8	2.02	3.47	13.00	22.67	0.97	0.31	0.32	0.31	2.65	0.11
BEL 29-39	55.0	1.42	3.92	12.92	23.16	0.82	0.08	0.08	0.20	2.33	0.06
BT1 40-50	55.3	1.48	3.84	13.42	22.14	0.81	0.09	0.07	0.22	2.37	0.06
BT2 75-85	55.7	1.57	4.01	12.78	22.23	0.82	0.09	0.07	0.26	2.38	0.06
BT2 90-100	55.3	1.58	4.11	12.87	22.35	0.83	0.08	0.08	0.25	2.32	0.06
CD115-125	54.9	2.14	4.82	12.63	21.98	0.82	0.08	0.12	0.30	2.23	0.06
Разрез С-8: лес											
AY 5-17	55.6	1.07	3.24	9.99	23.15	1.42	0.15	0.35	0.40	3.09	0.11
AEL[hh] 17-25	54.6	1.50	3.35	11.08	23.08	1.32	0.10	0.20	0.38	3.10	0.08
BT1 25-35	54.7	1.36	3.65	12.84	23.35	0.98	0.07	0.10	0.18	2.59	0.06
BT1 40-50	54.8	1.35	3.74	12.64	22.95	1.03	0.08	0.09	0.18	2.45	0.06
BT2 60-70	55.0	1.35	3.70	12.31	23.08	1.04	0.09	0.09	0.18	2.46	0.06
BC 90-100	55.1	1.43	4.28	12.28	22.81	0.97	0.08	0.10	0.30	2.52	0.06
С 135-145	55.2	1.51	3.62	12.02	22.78	0.97	0.07	0.09	0.26	2.37	0.06
Разрез С-9: пашня											
PY 0-21	54.5	2.48	3.59	9.26	22.92	1.10	0.15	0.40	0.35	3.27	0.15
AEL[hh] 21-28	53.8	2.33	3.48	11.63	22.85	1.20	0.10	0.22	0.25	2.95	0.06
BT1 30-40	54.6	1.53	3.58	12.29	23.22	0.98	0.09	0.18	0.18	2.46	0.06
BT1 40-50	54.6	1.35	4.57	12.50	23.19	1.04	0.08	0.17	0.17	2.46	0.06
BT2 60-70	54.8	1.35	3.77	12.32	22.86	1.04	0.09	0.18	0.18	2.38	0.06
BC 100-110	54.9	1.35	3.82	12.67	22.57	1.04	0.08	0.23	0.23	2.37	0.06

Окончание таблицы 68

Горизонт, глубина, см	Процент от прокаленной массы										
	SiO ₂	CaO	MgO	Fe ₂ O ₃	Al ₂ O ₃	TiO ₂	P ₂ O ₅	MnO	Na ₂ O	K ₂ O	SO ₃
С 135-145	54.6	1.26	3.80	12.48	22.74	0.96	0.08	0.23	0.23	2.44	0.06
Разрез Ф-25: поле*											
РУ 0-23	57.8	0.84	2.90	10.64	24.45	0.96	0.29	0.21	0.34	2.52	сл.
АЕЛ[hh] 23-27	56.9	0.50	2.97	10.96	24.99	1.01	0.22	0.18	0.33	2.52	сл.
BEL 27-35	56.9	0.48	3.19	11.18	25.11	0.74	0.14	0.13	0.28	2.42	сл.
BT1 48-58	56.0	0.48	3.20	11.31	25.63	0.65	0.13	0.11	0.25	2.32	сл.
BT2 77-88	55.8	0.63	2.96	11.30	25.09	0.57	0.13	0.07	0.28	2.28	сл.
С 120-130	57.2	1.00	3.42	11.25	24.88	0.75	0.21	0.07	0.27	2.44	сл.

Валовой состав ила значительно отличается от такового для почвы в целом (табл. 68). Илистые частицы обогащены оксидами железа, алюминия, магния, а также калия и некоторых других элементов. Соответственно, в них понижено содержание кремнезема, что связано с резким возрастанием в тонкодисперсных фракциях глинистых минералов.

Илистая фракция отличается постоянством состава, подтверждаемым профилным распределением валовых кремния, алюминия и величинами отношений SiO₂:Al₂O₃. Последнее указывает на отсутствие заметного химического разрушения алюмосиликатного ядра глинистых минералов, из которых преимущественно состоят илистые частицы. Существенный вынос железа из ила элювиальных горизонтов свидетельствует о наличии поверхностного оглеения.

Рентгенодифрактометрический анализ состояния основных минеральных компонент в илистой и пылеватых фракциях мелкозема (разрез Я-1) указывает на вероятность кислотного гидролиза с выносом наиболее дисперсной смектитовой фазы из ила аккумулятивно-элювиальной толщи и остаточным накоплением здесь хлоритов, хлорит-вермикулитов, каолинита и тонкодисперсного кварца.

Таким образом, происхождение элювиально-иллювиальной дифференциации профиля дерново-подзолистых почв со сложным гумусовым профилем обязано лессиважу, выщелачиванию и, возможно, в некоторой степени истинному оподзоливанию. Тенденция к биогенной аккумуляции зольных элементов в верхнем гумусовом

горизонте указывает на его принципиальные отличия от нижнего гумусового горизонта в направленности современных процессов почвообразования.

Рассматриваемые почвы содержат значительное – до 10–18% – количество ортштейнов (табл. 69), приуроченных почти исключительно к аккумулятивно-элювиальной толще профиля. Среди сегрегаций преобладают гранулы величиной менее 2 мм, что указывает на их происхождение в близких к современным условиям. При этом в ВГГ содержится примерно вдвое большее количество конкреций, чем в горизонте АУ.

Таблица 69

**Содержание ортштейнов в дерново-подзолистых почвах
с ВГГ Вятского Прикамья**

Горизонт, глубина, см	Ортштейны, % от массы почвы	Фракции в мм, %			
		более 3	3–2	2–1	1–0,25
Разрез Я-1: лес					
АУ 5-14	8.0	0.7	7.5	20.2	71.6
ЕL[hh] 14-24	17.6	3.0	10.8	28.0	58.2
BEL 32-41	1.3	-	8.2	28.2	63.6
Разрез П-5: пашня					
РУ 0-23	10.9	6.2	13.5	27.1	53.2
АЕL[hh] 23-32	16.3	2.1	5.0	15.3	77.6
BEL 23-32	1.9	0	4.6	28.0	67.4
Разрез С-8: лес					
АУ 5-17	3.3	0	3.7	16.4	79.9
АЕL[hh] 17-25	7.4	0.4	4.3	22.9	72.4

В новообразованиях повышена концентрация оксидов поливалентных элементов – марганца, фосфора и железа (табл. 70). Коэффициенты концентрации в конкрециях горизонта АУ(РУ) составляют: MnO – 5.3, P_2O_5 – 3.9, Fe_2O_3 – 2.4; в конкрециях горизонта АЕL[hh], соответственно: MnO – 3.9, P_2O_5 – 3.9, Fe_2O_3 – 1.8. Другие химические элементы, за исключением алюминия (коэффициент концентрации 1.2–1,1), практически не накапливаются в ортштей-

нах. Повышенное содержание поливалентных катионов в составе конкреций – косвенный показатель элювиально-глеевого процесса. Факт отсутствия или незначительной концентрации алюминия в орштейнах по сравнению с общей массой горизонтов АУ и АЕЛ[hh] указывает на слабое проявление кислотного гидролиза в пределах элювиальной толщи дерново-подзолистых почв с ВГГ.

Таблица 70

Валовой химический состав орштейнов дерново-подзолистых почв с ВГГ Вятского Прикамья

Горизонт, глубина, см	ППП,	Процент от прокаленной массы										
	%	SiO ₂	CaO	MgO	Fe ₂ O ₃	Al ₂ O ₃	TiO ₂	P ₂ O ₅	MnO	Na ₂ O	K ₂ O	SO ₃
Разрез Я-1: лес												
АУ 5-14 ЕЛ[hh] 14- 24	14.2	66.8	1.55	0.70	10.12	12.62	0.83	0.42	1.86	1.16	1.99	0.06
	6.0	75.4	0.76	0.82	5.58	10.96	0.83	0.11	0.32	1.37	2.30	0.05
Разрез П-5: пашня												
РУ 0-23	9.89	68.65	3.10	0.39	8.44	12.78	0.81	0.29	0.54	1.31	2.06	0.06
АЕЛ[hh] 23-32	6.30	71.87	1.55	1.08	6.45	13.09	0.86	0.12	0.27	1.36	2.35	0.07
Разрез С-8: лес												
АУ 5-17 АЕЛ[hh] 17-25	8.7	68.7	1.27	0.56	10.38	12.50	0.80	0.38	1.75	1.35	2.04	0.05
	6.6	71.3	0.98	0.52	8.86	11.42	0.81	0.47	1.07	1.36	2.19	0.05

Несиликатные аморфные формы железа и алюминия – чуткий индикатор условий педогенеза и состояния почв. Дерново-подзолистые почвы с ВГГ содержат значительное количество аморфного железа, растворимого в реактиве Тамма (табл. 71). В органогенных горизонтах целинных почв его содержание достигает 55%, а в аккумулятивно-элювиальных горизонтах 30–50% от валового. Основными причинами мобилизации железа в этих горизонтах являются их биохимическая активность, способствующая переводу железа в подвижное состояние. По этой причине для верхнего, более биогенного горизонта, заметна тенденция к большему содержанию аморфных форм железа по сравнению с ВГГ. В элювиально-

иллювиальном горизонте подвижность железа резко снижается. Иллювиальные толщи имеют в 2–3 раза меньшее, убывающее с глубиной количество аморфного железа. В почвообразующих породах содержание подвижного железа наименьшее для профиля.

Таким образом, в аккумулятивно-элювиальной толще дерново-подзолистых почв со вторым гумусовым горизонтом на фоне минимума валового содержится максимум подвижного железа. При аналогичном профильном распределении валового и подвижного алюминия для последнего характерны на порядок меньшие величины содержания его мобильных форм. Алюминий, более прочно связанный в кристаллических решетках первичных и вторичных алюмосиликатов и индифферентный к окислительно-восстановительному режиму почвы, является менее подвижным. Максимум оксалаторастворимого железа на фоне минимума валового в аккумулятивно-элювиальных горизонтах указывают на интенсивное проявление элювиально-глеевого процесса в исследуемых почвах.

Таблица 71

Оксалаторастворимые железо и алюминий в дерново-подзолистых почвах с ВГТ Вятского Прикамья

Горизонт, глубина, см	Fe ₂ O ₃			Al ₂ O ₃		
	I	II		I	II	
	%	% к валовому		%	% к валовому	
Разрез Я-1: лес						
ОА 2-5	1.67	0.96	57.5	5.98	0.42	7.0
АУ 5-14	3.71	1.50	40.4	10.61	0.48	4.5
ЕL[hh] 14-24	3.63	1.42	39.1	9.46	0.20	2.1
ЕL 24-32	4.06	0.74	18.2	10.49	0.18	1.7
ВЕL 32-41	5.55	0.72	13.0	12.68	0.20	1.6
В[hh] 28-32	4.66	0.74	15.9	12.02	0.16	1.3
ВТ1 41-50	6.23	0.71	11.4	13.88	0.19	1.4
ВТ2 70-80	6.32	0.55	8.7	13.43	0.19	1.4
ВСса 110-120	6.13	0.27	4.4	12.98	0.17	1.3
Сса 135-145	6.46	0.28	4.3	12.72	0.16	1.2

Окончание таблицы 71

Горизонт, глубина, см	Fe ₂ O ₃			Al ₂ O ₃		
	I	II		I	II	
	%	% к валовому		%	% к валовому	
Разрез П-4: лес						
AY 2-10	4.13	2.05	49.6	9.96	0.37	3.7
AY 10-19	4.04	2.30	56.9	10.44	0.44	4.2
AEL [hh] 19-28	4.46	2.60	58.3	10.26	0.28	2.7
BEL 29-39	4.73	1.05	22.2	11.96	0.11	0.9
BT1 40-50	5.77	0.89	15.4	13.59	0.39	2.9
BT1 50-60	но	0.83	но	но	0.21	но
BT2 75-85	5.95	0.73	12.3	13.44	0.29	2.2
BT2 90-100	5.87	0.58	9.9	13.06	0.32	2.4
CD 115-125	6.64	0.40	6.0	13.88	0.14	1.0
Разрез С-8: лес						
OA 2-5	1.58	0.88	55.7	5.67	0.14	2.5
AY 5-17	3.12	1.45	46.5	9.87	0.29	2.9
AEL [hh] 17-25	3.58	0.79	22.1	9.81	0.15	1.5
BT1 25-35	5.68	0.47	8.3	12.77	0.13	1.0
BT1 40-50	6.21	0.47	7.6	13.43	0.24	2.0
BT2 60-70	6.18	0.48	7.8	13.14	0.26	2.0
BC 90-100	6.12	0.45	7.4	13.20	0.11	0.8
Разрез С-9: пашня						
PY 0-21	3.34	0.74	22.2	9.60	0.30	3.1
AEL [hh] 21-28	3.54	0.44	12.4	9.77	0.28	2.9
BT1 30-40	5.76	0.37	6.4	12.32	0.13	1.0
BT1 40-50	6.26	0.41	6.5	13.80	0.29	2.2
BT2 60-70	6.10	0.43	7.0	13.56	0.33	2.4
BC 100-110	6.19	0.38	6.1	13.54	0.22	1.6
C 145-155	6.27	0.37	5.9	12.89	0.17	1.3

Примечание. I – валовое содержание; II – содержание оксалоторастворимых форм соединений.

Содержание, состав и возраст гумуса – одни из наиболее информативных показателей полигенетической природы органического вещества (ОВ) дерново-подзолистых почв с ВГГ. Они обладают аккумулятивным неполноразвитым типом гумусового профиля со значительной суммарной мощностью органо-минеральной толщи, которая вдвое больше, чем у зональных почв данного типа. Максимальное количество гумуса содержится в верхних аккумулятивных горизонтах целинных (5%) и в пахотном слое освоенных почв (2.5%). В нижнем гумусовом горизонте сохраняется довольно высокое (в среднем 1.7%) количество гумуса, но его здесь всегда меньше по сравнению с горизонтом А(Р)У. Сильное варьирование содержания гумуса в горизонте АУ (коэффициент вариации 64%) при незначительных колебаниях данного показателя в горизонте АЕL[hh] (12%) указывает на специфичность условий гумусонакопления в сопоставляемых горизонтах: верхние находятся в тесной зависимости от существующих особенностей экологии почвообразования, в то время как нижние обнаруживают автономию от них. Последнее косвенно свидетельствует о формировании гумуса ВГГ в условиях, отличных от современных. Другой особенностью этого горизонта является несоответствие содержания гумуса интенсивности его окраски. В горизонте ВЕL количество гумуса резко снижается и далее постепенно уменьшается в направлении к почвообразующей породе. На глубине около одного метра, как правило, содержится менее 0.4–0.5% ОВ.

Групповой состав гумуса обнаруживает ряд принципиальных различий между отдельными частями профиля и, одновременно, между верхним и нижним гумусовыми горизонтами (табл. 72). Гумусоаккумулятивная толща характеризуется фульватно-гуматным и гуматным составом ОВ, иллювиальная часть профиля имеет типично фульватную природу. В верхнем гумусовом горизонте отношение Сгк:Сфк близко к 1, в ВГГ оно, как правило, значительно больше этой величины и в среднем равно 2.5. Гуматный состав согласуется с высокой оптической плотностью ГК и является причиной интенсивных темных тонов окраски горизонта АЕL[hh] при относительно небольшом содержании ОВ. Групповой состав ОВ горизонта АУ в целом сходен с таковым для зональных дерново-подзолистых почв; гуматная природа ВГГ не соответствует современным условиям ВКП. Для внутрипрофильного распределения негидролизуемого остатка закономерно уменьшение

содержания во втором гумусовом горизонте, что может служить свидетельством наибольшей интенсивности деградации ОВ с остаточным накоплением здесь ГК, сравнительно устойчивых к элювированию. Это согласуется с его положением на уровне элювиальных горизонтов зональных дерново-подзолистых почв.

Таблица 72

**Состав гумуса дерново-подзолистых почв
с ВГГ Вятского Прикамья, % от С общ.**

Горизонт, глубина, см	С, %	ГК1	ГК2	ФК1а	ФК1	ФК2	НО	СГК СФК	Е4:Е6	ОМК*
Разрез Я-1: лес										
О 0-2	25.39	15.3	3.4	1.8	13.4	0	66.1	1.2	8.3	–
ОА 2-5	17.77	18.6	3.7	1.4	16.8	0	59.5	1.2	7.7	–
АУ 5-14	5.50	20.0	2.0	4.0	17.5	3.8	52.7	0.9	5.5	3.8
ЕL[hh] 14-24	1.09	28.4	0	11.9	12.8	1.9	45.0	1.1	4.0	13.8
ЕL 24-32	0.46	13.7	4.1	13.0	2.2	1.8	65.2	1.0	4.0	13.0
ВЕL 32-41	0.36	12.2	2.5	13.9	3.3	12.5	55.6	0.5	4.8	13.9
В[hh] 28-32	0.83	25.3	19.3	8.4	3.6	6.0	37.4	2.5	–	–
В[hh] 35-45	0.83	8.4	30.1	7.2	7.2	3.6	43.5	2.1	–	–
ВТ1 41-50	0.41	0	12.4	9.8	18.5	0.8	58.5	0.4	4.9	9.7
ВТ1 50-58	0.38	0	11.8	10.5	14.7	5.1	57.9	0.4	4.1	7.9
ВТ2 70-80	0.31	0	11.9	9.7	7.1	10.0	61.3	0.4	4.3	6.5
ВС 110-120	0.21	0	9.5	9.5	0	0	81.0	1.0	–	–
Сса 135-145	0.19	0	7.9	10.5	0	0	81.6	0.8	–	–
Разрез П-4: лес										
АУ 2-10	2.76	18.1	1.8	5.4	5.8	5.1	63.8	1.2	4.5	7.6
АУ 10-19	1.38	27.5	0	7.2	0.7	8.7	55.9	1.6	4.3	11.0
АЕL[hh] 19-28	1.01	39.6	0	7.9	5.0	0	47.5	3.1	3.9	16.8
ВЕL 29-39	0.37	0	18.9	18.9	8.1	5.4	48.7	0.6	4.2	11.4
ВТ1 40-50	0.31	0	10.6	19.4	7.7	7.5	54.8	0.3	4.2	6.4

Продолжение таблицы 72

Горизонт, глубина, см	С, %	ГК1	ГК2	ФК1а	ФК1	ФК2	НО	СГК СФК	Е4:Е6	ОМК*
BT1 50-60	0.29	0	11.0	15.5	12.1	2.8	58.6	0.4	4.4	19.3
BT2 75-85	0.22	0	11.4	13.6	10.9	9.6	54.5	0.3	–	13.6
BT2 90-100	0.20	0	15.0	10.0	11.0	8.0	56.0	0.5	–	–
Разрез С-8: лес										
О 0-2	1.95	10.8	18.9	4.6	2.6	7.7	55.4	2.0	4.7	–
ОА 2-5	0.94	10.6	34.1	6.4	0	10.6	38.3	3.6	4.1	–
АУ 5-17	0.96	9.4	31.2	6.2	1.0	10.5	40.6	2.3	4.3	–
АЕL[hh] 17- 25	0.52	5.8	21.1	15.4	5.8	19.2	32.7	0.7	4.9	–
BT1 25-35	0.42	0	19.0	11.9	11.9	9.6	47.6	0.6	–	–
BT1 40-50	0.38	0	15.8	13.1	10.5	15.9	44.7	0.4	–	–
BT2 60-70	0.36	0	13.9	11.1	9.7	12.5	52.8	0.4	–	–
BC 90-100	0.21	0	14.3	14.3	10.9	0	60.5	0.6	–	–
С 135-145	0.18	0	13.3	11.1	10.0	1.2	64.4	0.6	–	–
Разрез С-9: пашня										
РУ 0-21	1.77	14.1	13.0	2.8	5.6	5.7	58.8	1.9	4.0	–
АЕL[hh] 21- 28	0.96	7.3	37.5	4.2	2.1	2.0	46.9	5.4	3.8	–
BT1 30-40	0.33	0	18.1	15.2	12.1	6.0	48.5	0.5	3.8	–
BT1 40-50	0.30	0	13.3	13.3	13.3	9.4	50.7	0.4	3.5	–
BT2 60-70	0.30	0	10.0	13.3	13.3	10.7	52.7	0.3	3.7	–
BC 100-110	0.23	0	10.9	13.0	10.9	3.5	61.7	0.4	–	–
С 145-155	0.19	0	12.6	10.5	11.6	1.1	64.2	0.5	–	–
Разрез Ф-25: пашня**										
РУ 0-23	1.64	21.9	6.5	5.3	19.2	0.0	–	1.2	–	–
АЕL[hh] 23- 27	1.01	32.8	17.5	8.6	17.8	0.0	–	1.9	–	–
BEЛ 27-35	0.37	0.0	9.2	10.6	8.3	6.7	–	0.3	–	–

Окончание таблицы 72

Горизонт, глубина, см	C, %	ГК1	ГК2	ФК1a	ФК1	ФК2	НО	СГК СФК	Е4:Е6	ОМК*
BT1 48-58	0.27	0.0	8.9	9.3	5.4	10.6	–	0.3	–	–
BT2 77-88	0.24	0.0	9.9	11.4	0.0	15.6	–	0.4	–	–

Примечание. * – ОМК – органо-минеральные коллоиды; ** – по Тюлину [1976].

Фракционный состав ГК свидетельствует о принципиальных различиях между элювиальной и текстурной частями профиля, что согласуется с распределением обменных оснований. В верхней из них ГК представлены преимущественно бурой, а в нижней – только чёрной фракцией. ГК горизонта АУ целинных почв почти исключительно состоят из фракции ГК1; вторая фракция отсутствует или минимальна по содержанию – не более 4% от общего углерода. Подобный состав ГК характерен для обычных дерново-подзолистых почв. Для ВГГ характерны два варианта фракционного состава ГК. Они могут быть представлены только бурыми ГК, но нередко случаи, когда чёрные ГК составляет до 40% от общего количества данной группы ОВ. В производственных почвах их содержание может быть еще значительнее. В горизонтах В[hh] соотношение между бурыми и чёрными ГК закономерно изменяется с глубиной в пользу последних. Наличие в составе ГК ВГГ значительного количества гуматов Са, при отсутствии таковых в верхнем дерновом горизонте, указывает на их неадекватность современной биоклиматической обстановке.

Генетическая близость между фракциями 1 и 2 ГК горизонта АЕL[hh] почв подтверждается биохимическими данными по обуглероженности, окисленности, ароматизации, содержанию карбоксильных функциональных групп, а также оптической плотности (Богданова, 1994). Последнее свидетельствует о повышенной степени гумифицированности и реакционной способности ГК, с одной стороны, и возможности трансформации фракции ГК2 в ГК1 в результате выщелачивания кальция из ВГГ, с другой стороны.

Профильное распределение фульвокислот указывает на интенсивное новообразование наиболее реактивных фракций ОВ в органогенном и верхнем аккумулятивном горизонте и на

тенденцию их современного вымывания в пределы текстурной толщи. Исследуемые почвы содержат заметное – до 14% от общего углерода – количество органо-минеральных коллоидов (ОМК). Максимум концентрации последних приходится на переходную элювиально-иллювиальную часть профиля, маркируя её как зону активной мобилизации органо-минеральной части почв.

Гумус верхнего дернового горизонта по качественному составу в целом отвечает современным биоклиматическим условиям южной тайги (и смешанных лесов), а гумус горизонтов АЕL[hh] и В[hh] генетически близок зональным почвам лесостепных ландшафтов. Биохимическая дифференциация аккумулятивной части профиля свидетельствует в пользу концепции реликтовости ОВ ВГГ и является одним из показателей полигенетической природы исследуемых почв.

Это подтверждают результаты определения возраста ОВ радиоуглеродным методом (табл. 73). Судя по наиболее датирующим второй и третьей фракциями ГК, формирование горизонта АЕL[hh] произошло во вторую половину бореальной – середину атлантической стадий раннего голоцена (9–6.5 тыс. лет назад). Другой особенностью ОВ изучаемых почв является, как правило, закономерное уменьшение возраста в направлении от фракции ГК3 к ГК1. Меньший возраст фракции ГК1 – результат её более позднего образования. Он фиксирует время смены аккумулятивной бореально-атлантической фазы почвообразования аккумулятивно-элювиальной на атлантико-суббореальном рубеже (около 5.5–5 тыс. лет назад). Близкий возраст ОВ горизонтов АЕL[hh] и В[hh] исключает современное, инфильтрационное, или смешанное – реликтивно-современное происхождение гумусовых карманов.

ГК горизонта АУ имеют современный генезис. Различия возраста между отдельными фракциями ГК обязаны гетерогенной природе гумуса данного горизонта. При этом фракция ГК1, как наиболее молодая, является продуктом современного почвообразования. Малоподвижная фракция ГК3, показательная относительно древним возрастом ОВ, в значительной мере – остаточный продукт предшествующей стадии гумусонакопления; фракция ГК2 занимает промежуточное положение. Принципиальные различия возраста ОВ верхнего и нижнего гумусовых горизонтов не могут быть объяснены наличием возрастного градиента, связанного с возможным замедлением скорости биологического круговорота с глубиной. Это подтверждается близостью возраста ГК горизонтов

АЕL[hh] и В[hh] и его значительными различиями у верхнего и нижнего гумусовых горизонтов.

Таблица 73

**Возраст органического вещества дерново-подзолистых почв
с ВГ Вятского Прикамья, лет**

Разрез, №	Горизонт, глубина, см	Номер образца	Фракция ГК	Возраст* по ¹⁴ С	Календарный возраст
Я-1	АУ 5-14	ЛУ-1502	1	600÷90	1299÷1409 н.э.
		ЛУ-1501	2	1580÷180	260÷645 н.э.
		ЛУ-988	3	2590÷140	895÷430 н.э.
	ЕL[hh] 15-22	ЛУ-994	1	5580÷140	4590÷4250 до н.э.
		ЛУ-993	2	6600÷430	5720÷5325 до н.э.
		ЛУ-984	3	6740÷300	5980÷5375 до н.э.
	В[hh] 40-50	ЛУ-995	1	5530÷160	4550÷4110 до н.э.
		ЛУ-990	2	5630÷230	—
ЛУ-985		3	7630÷390	6680÷6230 до н.э.	
Я-11а	АЕL[hh] 9-26	ЛУ-6673	3	7010÷90	7840÷90 до н.э.
С-8	АЕL[hh] 17-25	ЛУ-997	1	6230÷100	5300÷5055 до н.э.
		ЛУ-991	2	8360÷370	7580÷7085 до н.э.
		ЛУ-987	3	8900÷390	8270÷7755 до н.э.
К-28	АУ 5-13	ЛУ-4512	1	340÷60	1485÷1635 н.э.
		ЛУ-4513	2	560÷50	1307÷1425 н.э.
		ЛУ-4514	3	730÷80	1215÷1387 н.э.
	АЕL[hh] 15-25	ЛУ-4511	1	6240÷80	5301÷5073 до н.э.
		ЛУ-4509	2	6660÷70	5635÷5487 до н.э.
		ЛУ-4510	3	6800÷80	5741÷5623 до н.э.
Ф-Тал/1а	АЕL[hh] 18-25	ЛУ-6671	3	6030÷190	6900÷230 до н.э.
Ф-Мед/1	АЕL[hh] 23-50	ЛУ-6672	3	8680÷90	9720÷130 до н.э.

* – ¹⁴С-датирование выполнено в лаборатории геоморфологических и палеогеографических исследований полярных регионов и Мирового океана института наук о Земле СПбГУ (ранее – ЛГУ).

Наличие в профиле горизонтов, качественно отличающихся по возрасту и составу гумуса, указывает на быструю смену направленности процессов почвообразования, произошедшую около 6.5–7 тыс. лет до н.э. Одновременное существование почв с неодинаковой степенью сохранности ВГТ, свидетельствует о том, что в настоящее время все они эволюционируют в направлении зональных дерново-подзолистых почв. Результаты C^{14} -датирования служат прямым подтверждением реликтовости ОБ горизонта AEL[hh] и полигенетической природы изучаемых почв.

Агропроизводственные свойства дерново-подзолистых почв с ВГТ тесно коррелируют с особенностями вертикального распределения тонкодисперсной минеральной части, содержания и качественного состава ОБ (табл. 74, 75).

Таблица 74

Физико-и агрохимические свойства дерново-подзолистых почв с ВГТ Вятского Прикамья

Горизонт, глубина, см	pH		Hг	Ca+Mg	Ca	ЕКО	Vs	Накоп ление Ca+Mg	Гумус	Подвижные		
	H ₂ O	KCl								Nл/г	P ₂ O ₅	K ₂ O
	смоль/кг				%		мг/кг					
Разрез Я-1: лес												
О 0-2	5.9	4.9	28.0	44.5	38.3	72.5	61	+69	69.2	но	26.2	415
ОА 2-5	5.4	4.6	31.2	37.9	34.1	69.1	55	+44	30.6	но	67	280
АУ 5-14	5.2	4.1	14.0	20.8	18.4	34.8	60	-21	9.5	79	17	118
EL[hh]14-24	5.1	3.7	10.8	4.8	4.2	15.6	31	-82	1.9	43	14	30
EL 24-32	5.3	3.7	7.6	6.7	5.3	14.3	47	-75	0.8	13	10	81
BEL 32-41	5.4	3.7	8.0	16.9	11.5	24.9	68	-36	0.6	14	18	106
BT1 41-50	5.5	3.8	8.2	21.3	17.1	29.5	72	-19	0.7	14	59	159
BT1 50-58	5.7	3.8	7.4	23.4	18.7	30.8	76	-11	0.7	15	59	159
BT2 70-80	6.0	4.3	3.2	26.3	21.5	29.5	89	0	0.5	15	239	118
BC 110-120	7.4	6.8	0.4	28.2	24.5	28.6	99	-	0.4	14	245	93
Cca 35-145	7.6	7.0	0.3	29.9	25.6	30.2	99	-	-	-	-	-
Разрез П-4: лес												
АУ 2-10	6.2	5.6	5.0	15.8	13.5	20.8	76	-31	3.6	62	202	189

Продолжение таблицы 74

Горизонт, глубина, см	pH		Hг	Ca+Mg	Ca	ЕКО	Vs	Накоп ление Са+Mg	Гумус	Подвижные		
	H2O	KCl								%	мг/кг	Nл/г
	смоль/кг						мг/кг					
AY 10-19	6.2	4.8	5.6	12.8	10.9	18.4	70	-44	3.6	62	202	189
AEI[hh] 19-28	6.1	4.7	5.4	11.5	10.1	16.9	68	-50	1.8	47	141	69
BEL 29-39	6.2	4.5	3.7	17.0	13.7	20.7	82	-26	0.6	24	56	106
BT1 40-50	6.1	4.1	4.6	21.6	17.7	26.2	82	-6	0.5	1.9	89	139
BT1 50-60	5.9	4.0	5.6	23.2	19.0	28.8	81	+1	0.5	1.9	89	139
BT2 75-85	6.0	4.0	5.1	24.0	19.8	29.1	82	+5	0.4	1.2	239	12
BT2 90-100	6.0	4.1	4.0	22.9	19.5	26.9	85	0	0.4	1.2	239	12
CD115-125	6.3	4.6	2.8	29.5	26.1	32.3	91	-	-	-	-	-
CD150-160	7.3	6.8	0.3	32.3	29.9	32.6	99	-	-	-	-	-
Разрез П-5: пашня												
PY 0-23	7.3	6.8	0.5	20.2	18.0	20.7	98	-23	3.4	50	106	100
AEI[hh] 23-32	7.1	6.1	2.1	17.9	15.1	20.0	90	-32	1.6	30	48	91
BEL 23-32	6.7	4.9	3.5	18.7	15.1	22.2	84	-29	0.9	32	37	91
BT1 35-45	6.4	4.2	5.1	22.7	19.0	27.8	82	-13	0.7	26	69	127
BT1 45-55	6.2	4.2	4.9	24.5	19.8	29.4	83	-6	0.7	26	69	127
BT1 60-70	6.4	4.4	3.5	26.8	21.7	30.3	88	+2	0.7	26	69	127
BT2 80-90	6.7	5.0	2.1	26.2	21.7	28.3	93	0	0.5	16	262	128
BC105-115	7.5	6.9	0.3	28.6	24.8	28.9	99	-	0.5	-	-	-
CD140-150	7.9	7.1	0.3	28.4	24.2	28.7	99	-	-	-	-	-
Разрез С-8: лес												
O 0-2	5.4	4.6	43.0	31.8	26.0	74.8	42	+39	62.6	но	254	515
OA 2-5	5.0	4.0	49.5	27.8	23.2	77.3	36	+21	31.4	но	50	340
AY 5-17	5.3	3.9	10.2	5.7	4.2	15.9	36	-75	2.5	43	11	49

Продолжение таблицы 74

Горизонт, глубина, см	pH		Hг	Ca+Mg	Ca	ЕКО	Vs	Накоп ление Са+Mg	Гумус	Подвижные		
	H2O	KCl								Nл/г	P2O ₅	K ₂ O
	смоль/кг					%		мг/кг				
AEI[hh] 17-25	5.9	4.2	6.4	8.4	6.9	14.8	57	-63	1.6	21	32	34
BT1 25-35	5.8	4.0	6.1	16.8	13.0	22.9	73	-27	0.6	15	110	109
BT1 40-50	5.7	3.9	6.8	19.5	14.7	26.3	74	-15	0.6	15	110	109
BT2 60-70	5.8	3.9	6.3	21.1	15.6	27.4	77	-8	0.5	12	210	124
BC 90-100	5.8	4.0	5.4	22.3	16.3	27.7	80	-3	0.4	0.6	25.0	12.4
C 135-145	6.1	4.1	3.9	22.9	16.3	26.8	85	0	-	-	-	-
Разрез С-9: пашня												
PY 0-21	6.7	6.0	1.9	12.2	10.3	14.1	86	-44	3.1	17	120	174
AEIh 21-28	6.6	5.5	2.8	11.4	9.8	14.2	80	-48	1.7	10	68	93
Bt1 30-40	6.2	4.4	3.9	17.6	13.8	21.5	82	-20	0.5	11	214	114
Bt1 40-50	6.1	4.1	5.0	20.4	15.7	25.4	80	-7	0.5	11	214	114
Bt2 60-70	6.0	4.0	6.0	21.9	16.1	26.9	81	0	0.5	10	152	132
BC 100-110	6.0	3.9	6.1	21.8	15.3	27.9	78	0	0.4	0.4	237	144
C 145-155	6.2	3.9	5.1	21.9	15.3	27.0	81	0	-	-	-	-
Разрез К-28а: лес												
AY 6-16	4.9	3.8	10.6	11.6	но*	22.2	52	-66	4.1	но	но	но
AEI[hh] 18-29	5.7	4.3	5.6	15.6	но*	21.2	74	-54	2.1	но	но	но
BEL 29-35	5.9	4.2	2.8	20.6	но*	23.4	88	-40	0.2	но	но	но
BT1 50-60	5.8	4.1	3.8	30.5	но*	34.3	89	-11	0.4	но	но	но
BT2 81-91	5.9	4.1	4.0	30.1	но*	34.1	88	-12	0.4	но	но	но
B2C 113-123	5.9	4.2	3.4	33.3	но*	36.7	91	-2	0.3	но	но	но
C 140-150	6.2	4.4	3.1	34.1	но*	37.2	92	0	0.3	но	но	но

Окончание таблицы 74

Горизонт, глубина, см	pH		Hг	Ca+Mg	Ca	ЕКО	Vs	Накоп ление Са+Mg	Гумус	Подвижные		
	H2O	КС1										
			смоль/кг				%		мг/кг			
Разрез Ф-25: пашня**												
РУ 0-23	6.0	4.2	7.8	9.2	но*	17.0	54	-64	2.8	29	38	76
АЕL[hh] 23-27	5.9	4.0	8.7	7.7	но*	16.4	44	-70	1.71	26	66	49
BEL 27-35	5.8	4.2	7.8	10.6	но*	18.4	58	-58	0.7	22	107	72
BT1 48-58	5.8	4.3	7.6	19.8	но*	27.4	72	-22	0.6	20	105	141
BT2 77-88	6.5	5.0	4.6	23.7	но*	28.3	84	-7	0.5	18	но	но
С 120-130	7.5	5.8	2.5	25.5	но*	28.0	91	0	0.4	13	320	104

Примечание. * – данные получены методом Каппена-Гильковича;
** – по Тюлину [1976].

Обменные основания имеют элювиально-иллювиальный тип распределения с минимумом (10–15 смоль/кг) в аккумулятивно-элювиальной толще и, в частности, в горизонте АЕL[hh]. Вынос ионов Са и Mg отсюда достигает 70–80% по отношению к породе, независимо от степени ее карбонатности. Наибольшие величины гидролитической кислотности – в среднем около 8 смоль/кг в целинных и более 3 смоль/кг в освоенных почвах – типичны для гумусово-аккумулятивной толщи. Максимум обменной кислотности – до 3 смоль/кг – приходится на переходные элювиально-иллювиальные горизонты профиля. Около 80% в составе этой формы кислотности определяется ионом А1; в отдельных разрезах его количество достигает токсических концентраций – 200–250 мг на кг почвы. ЕКО в гумусированной части профиля составляет 15–25 смоль/кг; она всегда ниже в ВГГ и, в целом, в пахотных почвах. Степень насыщенности основаниями низкая в целинных и приближается к достаточной в агропочвах. Они характеризуются кислыми показателями pH КС1 и слабокислыми и близкими к нейтральным значениями pH H2O. С глубиной все формы кислотности снижаются.

Таблица 75

**Вариационно-статистические показатели дерново-подзолистых почв с ВГГ
Вятского Прикамья**

Горизонт	n	M	$\pm\sigma$	$\pm m$	V	P
pH KCl						
AУ/РУ	5/31*	4.5/5.6	0.53/0.65	0.24/0.12	11.7/11.6	5.2/2.1
AEI[hh]	5/12	4.4/5.2	0.48/0.74	0.21/0.21	10.8/13.3	4.8/4.1
Hг, Смол/кг						
AУ/РУ	5/30	8.1/3.3	3.88/1.48	1.73/0.27	47.8/44.9	21.3/8.2
AEI[hh]	5/11	6.4/3.6	2.54/1.64	1.14/0.49	39.7/45.5	17.8/13.7
Ca+Mg, Смол/кг						
AУ/РУ	5/31	15.0/14.8	5.75/4.88	2.57/0.88	38.3/33.0	17.1/5.9
AEI[hh]	5/9	11.5/13.0	5.06/3.83	2.26/1.27	44.0/29.4	19.7/9.8
Гумус, %						
AУ/РУ	7/32	5.04/2.64	3.23/1.47	1.22/0.08	64.1/17.8	24.2/3.1
AEI[hh]	6/19	1.76/1.73	0.22/0.21	0.09/0.05	12.7/12.0	5.2/2.7
Ил, %						
AУ/РУ	7/14	8.4/8.6	1.99/1.62	0.75/0.43	23.7/18.9	9.0/5.0
AEI[hh]	7/10	9.0/11.0	2.30/4.05	0.87/1.28	25.5/36.8	9.6/11.6
Физическая глина, %						
AУ/РУ	7/15	37.0/37.4	4.03/3.30	1.52/0.85	10.9/8.8	4.1/2.3
AEI[hh]	7/10	37.3/40.0	4.78/4.94	1.81/1.56	12.8/12.1	4.8/3.9

Примечание. * – числитель – целинные, знаменатель – пахотные почвы.

Благодаря большой суммарной мощности гумусово-аккумулятивной толщи, анализируемые почвы располагают сравнительно повышенными запасами гумуса и N, которые в слое 1 м составляют, соответственно, 120–180 и 9–12 т/га.

По данному показателю они занимают промежуточное положение между таежными подзолистыми почвами, с одной стороны, и серыми лесостепными, с другой. В горизонтах A(P)У и AEI[hh] в сумме концентрируется 55–70% от общих запасов OB и N. Почвы слабо обеспечены доступными формами N, P и K. Содержание

подвижных форм ТМ в большинстве случаев не превышает ПДК. Сильные обезыленность и выщелоченность в сочетании с невысокой гумусностью обуславливают неблагоприятное агрофизическое состояние, в особенности пахотных почв: высокая дисперсность почвенной массы, низкая водопрочность структуры пахотного слоя и т.д. Горизонту AEL[hh] в наибольшей степени присущи перечисленные недостатки. Он существенно уступает горизонту АУ и не может рассматриваться в качестве эффективного резерва почвенного плодородия. По основным агрономическим параметрам рассматриваемые педообъекты сходны с обычными дерново-подзолистыми почвами ВКП. Среди них более характерны среднедеградированные разности, на освоенных угодьях они представлены главным образом вариантами почв с выпаханым ВГГ.

Из процессов трансформации минеральной массы в них доминируют лессиваж, экзоглеение, отчасти декарбонатизация (особенно на более ранних стадиях эволюции) и, возможно, кислотный гидролиз. Трансформация органической фазы происходит при участии подстилкообразования, гумусообразования и гумусонакопления в горизонте АУ, и деградации гумуса в горизонте AEL[hh] и, в меньшей мере, В[hh].

Нахождение территории Вятского Прикамья вблизи главного ландшафтного рубежа Русской равнины предопределило повышенную сенсорность и рефлекторность почв и обусловило полигенетичность её почвенного покрова, подтверждаемую наличием здесь почв со сложным органопрофилем, имеющим реликтовые – остаточные – вторые гумусовые горизонты с ранне-среднеголоценовым возрастом ОВ. Наличие реликтовых гумусовых горизонтов объясняется существованием в бореально-атлантический этап голоцена особой – эвтрофной – стадии педогенеза, связанной иному комплексу факторов почвообразования, главной особенностью которых являлись засушливый климат, насыщенные и карбонатные породы – продукт перигляциальных условий позднего плейстоцена. Эволюция темноцветных горизонтов в реликтовые образования вызвана переходом от аккумулятивного, в первой половине голоцена, к аккумулятивно-элювиальному (южная тайга, смешанные леса) и элювиальному

(средняя и, отчасти, южная тайга) типам педогенеза вследствие усиления бореально-гумидных черт климата на рубеже средне-позднеголоценового времени (около 6.5–7 тыс. лет назад). Относительно ранняя смена эвтрофной стадии почвообразования на мезо-олиготрофную (и олиготрофную) объясняется более северным положением территории Вятского Прикамья по сравнению с ареалами полигенетичных почв других регионов страны. На техногенном этапе педогенеза негативные естественные тенденции резко усилились вследствие земледельческого освоения региона. Исследуемые дерново-подзолистые почвы со сложным органопрофилем представляют собой памятники природы Вятского Прикамья. Данные по рассмотренным объектам коррелируют с материалами, полученными для почв с ВГГ другой типовой принадлежности – серых, дерновых оглеенных и других – и позволяют обосновать концепцию региональной парагенетической эволюции почвенного покрова Вятского Прикамья.

Литература к разделу

Арчегова, И. Б. Гумусовый профиль и некоторые свойства типичных подзолистых почв северо-востока европейской части СССР / И. Б. Арчегова // Материалы по почвам Коми АССР : Почвы равнинных и горных территорий Коми АССР и их плодородие. – Сыктывкар, 1974. – С. 43-49.

Атлас почв Республики Коми / И. В. Забоева, А. И. Таскаев, Г. В. Добровольский, В. А. Безносиков, Г. Я. Елькина, Д. А. Каверин, Е. Д. Лодыгин, Н. Г. Оберман, Е. М. Лаптева, Г. В. Русанова, Е. Д. Никитин, И. Б. Арчегова, Е. В. Жангуров, А. Н. Панюков, А. В. Пастухов, И. А. Лиханова, Г. А. Симонов, Г. Г. Мажитова, Г. М. Втюрин, В. Г. Казаков, В. В. Елсаков, Л. Н. Рыбин, В. В. Мокиев, Б. М. Кондратенко ; ред. Г. В. Добровольский, А. И. Таскаев, И. В. Забоева. – Сыктывкар : ООО Коми республиканская типография, 2010. – 356 с.

Втюрин, Г. М. Структура почвенного покрова таежной зоны европейского Северо-Востока / Г. М. Втюрин. – Л., 1991. – 152 с.

Габов, Д. Н. Закономерности формирования полициклических ароматических углеводов в почвах северной и средней тайги / Д. Н. Габов, В. А. Безносиков, Б. М. Кондратенко, Е. В. Яковлева //

Почвоведение. – 2008. – № 11. – С. 1334–1343.

Габов, Д. Н. Полициклические ароматические углеводороды в подзолистых и торфянисто-подзолисто-глееватых почвах фоновых ландшафтов / Д. Н. Габов, В. А. Безносиков, Б. М. Кондратенко // Почвоведение. – 2007. – № 3. – С. 282–291.

География Кировской области [Карты] : атлас-книга / отв. ред. Е. А. Колеватых. – Киров : Кир. обл. типография, 2015. – 79 с.

Дымов, А. А. Изменение температурного режима подзолистых почв в процессе естественного лесовозобновления после сплошнолесосечных рубок / А. А. Дымов, В. В. Старцев // Почвоведение. – 2016. – № 5. – С. 599–608. DOI: 10.7868/S0032180X16050038.

Забоева, И. В. Почвы и земельные ресурсы Коми АССР. / И. В. Забоева. Сыктывкар: Коми книжное издательство, 1975. – 344 с.

Забоева, И. В. Дерново-подзолистые почвы южной тайги Коми АССР: Таежные почвы Коми АССР и их плодородие / И. В. Забоева, М. Д. Рубцов // Труды Коми филиала АН СССР. – Сыктывкар, 1985. – № 71. С. 17–28.

Забоева, И. В. Основные генетические черты подзолистых почв / И. В. Забоева // Продуктивность подзолистых почв северо-восточной части Нечерноземной зоны. – Сыктывкар, 1989. – С. 6–14.

Зайдельман, Ф. Р. Генезис и экологические основы мелиорации почв и ландшафтов: учебник / Ф. Р. Зайдельман. – М. : КДУ, 2009. – 448 с.

Казаков, В. Г. Температурный режим целинных и освоенных почв северотаежной подзоны Коми АССР / В. Г. Казаков // Таежные почвы Коми АССР и их плодородие. – Сыктывкар, 1985. – С. 76–89.

Канев, В. В. Агрегатная организация почвенной массы на основных элементах рельефа Дырносского стационара / В. В. Канев // Эколого-генетические аспекты почвообразования на европейском Северо-Востоке : Тр. Коми НЦ Уро РАН № 146. – Сыктывкар, 1996. – С. 62–78.

Канев, В. В. Параметры оглеения и подзолообразования в почвах на покровных суглинках северо-востока Русской равнины / В. В. Канев. – Екатеринбург : УрО РАН, 2002. – 221 с.

Классификация и диагностика почв России / ред. Л. Л. Шишов, В. Д. Тонконогов, И. И. Лебедев, М. И. Герасимова. – Смоленск:

Ойкумена, 2004. – 342 с.

Козачок, Ж. Н. Особенности гумусовых веществ подзолистых и болотно-подзолистых почв / Ж. Н. Козачок // Экология таежных почв Севера : Труды Коми НЦ УрО РАН № 153. – Сыктывкар, 1997. – С. 53–64.

Кононова, М. М. Органическое вещество почвы. Его природа, свойства и методы изучения / М.М. Кононова. – М. : Изд-во АН СССР, 1963. – 314 с.

Лодыгин, Е. Д. Молекулярный состав гумусовых веществ тундровых почв (13С-ЯМР-спектроскопия) / Е. Д. Лодыгин, В. А. Безносиков, Р. С. Василевич // Почвоведение. – 2014. – № 5. – С. 546–552.

Лодыгин, Е. Д. Структурно-функциональные параметры гумусовых веществ таежных и тундровых почв Европейского северо-востока России : дис...д-ра биол. н. / Е.Д. Лодыгин. – Сыктывкар, 2016. – 319 с.

Лодыгин, Е. Д. Структурно-функциональные параметры гумусовых веществ подзолистых и болотно-подзолистых почв / Е. Д. Лодыгин, В. А. Безносиков, С. Н. Чуков. – СПб.: Наука, 2007. – 145 с.

Мокиев, В. В. Промерзание почв как резульативный признак метеорологических показателей холодного периода года (на примере промерзания освоенной и целинной суглинистых почв среднетаежной подзоны Республики Коми) / В. В. Мокиев // Вестник Института биологии. – 2009. – № 5. – С. 16–19.

Почвообразование на пылеватых суглинках в таежной зоне европейского Северо-Востока / Г.В. Русанова, Т.А. Соколова, Е.Г. Кузнецова, А.В. Слобода. – Л.: 1978. – 128 с.

Почвы европейского северо-востока и их плодородие / ред. Ф.Р. Зайдельман – Л.: Наука, 1989. – 189 с.

Прокашев, А. М. Генезис и эволюция почв бассейна Вятки и Камы (по палеопочвенным данным) / А.М. Прокашев. – Киров: Изд-во ВятГГУ, 2009. – 386 с.

Прокашев, А. М. История почвенно-растительного покрова Вятско-Камского края в послеледниковье / А. М. Прокашев, И.А. Жуйкова, М. М. Пахомов. – Киров, 2003. – 143 с.

Прокашев, А. М. Почвы Вятского края и их эволюция в послеледниковье: учебное пособие / А. М. Прокашев. – Киров : ВятГУ, 2019. – 178 с.

Прокашев, А. М. Почвы со сложным органопротилем юга Ки-

ровской области: экология, свойства, генезис / А. М. Прокашев. – Киров : Изд-во ВГПУ, 1999. – 176 с.

Прокашев, А. М. Серые полигенетические почвы Вятского Прикамья / А.М. Прокашев. – Киров : Изд-во ВятГГУ, 2006. – 187 с.

Процессы в целинных и освоенных почвах Севера : Труды Коми НЦ УрО АН СССР № 122. – Сыктывкар, 1991. – 130 с.

Путеводитель научной почвенной экскурсии. Лесная зона (сезонно-промерзающие почвы) / ред. колл. И. В. Забоева, Е. М. Лаптева, В. А. Безносиков, Г. М. Втюрин, Г. А. Симонов. – Сыктывкар : Институт биологии Коми НЦ УрО РАН, 2002. – 100 с.

Рижия, Е. Я. Потенциальная нитрификационная и денитрификационная способность автоморфных и полугидроморфных дерново-подзолистых почв / Е. Я. Рижия, И. М. Мухина, М. А. Москвин, Н. П. Бучкина, Е. В. Балашов // *Агрофизика*. – 2014. – № 2. – С. 1–7.

Слобода, А. В. Некоторые закономерности содержания, состава и свойств гумусовых веществ в почвах Коми АССР / А. В. Слобода // *Биологические исследования в Коми АССР*. – Сыктывкар, 1968. – С. 38-46.

Структурно-функциональная организация почв и почвенного покрова европейского Северо-Востока / И. В. Забоева, В. А. Безносиков, Г. М. Втюрин, Г. А. Симонов, В. Г. Казаков, Г. Я. Елькина, Е. М. Лаптева, Н. В. Грищенко, Ж. Н. Козачок, Е. Д. Лодыгин, Е. В. Ванчикова, Е. В. Шамрикова, Ф. М. Хабибуллина, Г. Г. Мажитова, В. В. Мокиев, И. Н. Хмелинин, В. М. Швецова, Н.Т. Чеботарёв, Т. Е. Спицына, Г. Г. Романов. – Санкт-Петербург : Наука, 2001. – 224 с.

Тюлин, В.В. Почвы Кировской области / В. В. Тюлин – Киров : Волго-Вятское кн. изд-во, Кировское отд., 1976. – 288 с.

Холопов, Ю. В. Физико-механические свойства автоморфных таежных почв Республики Коми (по данным реологических исследований) / Ю. В. Холопов, Д. Д. Хайдапова, Е. М. Лаптева // *Вестник Томского гос. ун-та. Биология*. – 2018. – № 42. – С. 24–53.

Шамрикова, Е. В. Водорастворимые низкомолекулярные органические кислоты в автоморфных суглинистых почвах тундры и тайги / Е. В. Шамрикова, И. В. Груздев, В. В. Пунегов, Ф. М. Хабибуллина, О. С. Кубик // *Почвоведение*. – 2013. – № 6. – С. 691–697. DOI: 10.7868/S0032180X13060099.

Шамрикова, Е. В. Возможные источники обменной кислотности в сильнокислых почвах ($\text{pHКСI} < 3.3$) и оценка правильности её определения / Е. В. Шамрикова, Е. В. Ванчикова, Т. А. Соколова, Е. В. Жангуров, С. В. Денева, Ю. И. Боброва, Е. В. Кызьюрова // Почвоведение. – 2018. – № 12. – С. 1431–1445. DOI: 10.1134/S0032180X18120110.

Шамрикова, Е. В. Кислотность почв таежной и тундровой зон Европейского Северо-Востока России / Е. В. Шамрикова. – СПб.: Наука, 2013. – 160 с.

Climate Change 2014: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change // Core Writing Team, R.K. Pachauri and L.A. Meyer (ads.). IPCC, Geneva, 2014. – 151 p.

Содержание

Предисловие	4
Однодневные научные почвенные экскурсии	
Маршрут №1. Почвы охраняемого природного ландшафта республиканского значения «Каргортский» и его окрестностей	6
Демонстрационный объект №1. Охраняемый природный ландшафт республиканского значения «Каргортский»	9
Демонстрационный объект №2. Серогумусовая (дерновая) постагрогенная почва	10
Демонстрационный объект №3. Почва на глинистых морских отложениях юрского периода	22
Маршрут №2. Первичное почвообразование на карьерах строительных материалов	29
Демонстрационный объект №1. Карьер «Язель». Формирование почв на древнеаллювиальных отложениях	32
Демонстрационный объект №2. Карьер «Даса». Формирование почв на песчано-супесчаных флювиогляциальных отложениях	44
Демонстрационный объект №3. Карьер «Важелью». Формирование почв на суглинистых моренных отложениях	60
Маршрут №3. Изменения почв средней тайги при лесозаготовительных мероприятиях и пожарах	75
Демонстрационный объект № 1. Обзорная экскурсия по предприятию АО «Монди СЛПК»	77
Демонстрационный объект № 2. Полевой эксперимент по оценке влияния тяжелой лесозаготовительной техники	79
Демонстрационный объект № 3. Влияние беглого низового пожара на состав почвенного органического вещества	102
Демонстрационный объект № 4. Реконструкция динамики пожаров в средней тайге в голоцене на примере болота Язель (Республика Коми, Россия)	108

Многодневные научные почвенные экскурсии

Маршрут №1. Почвы Воркутинской тундры: зеркало природного и исторического наследия	115
Демонстрационный объект №1. Целинная тундровая почва водораздельного увала	122
Демонстрационный объект №2. Постагrogenная почва водораздельного увала	125
Демонстрационный объект №3. Постагrogenная почва надпойменной террасы	131
Демонстрационный объект №4. Целинная почва поймы	135
Демонстрационный объект №5. Постагrogenная почва поймы	139
Демонстрационный объект №6. Почвообразование в условиях угледобычи. Почвогрунты шахтных терриконов	145
Маршрут №2. Автоморфные почвы средней и южной тайги, их агро- и постагrogenная трансформация	151
Демонстрационный объект №1. Максимовский стационар. Подзолистая почва с микропрофилем подзола (средняя тайга)	155
Демонстрационный объект №2. Агродерново-подзолистая почва	165
Демонстрационный объект №3. Знакомство с экспериментальными площадками и результатами исследований Института агробиотехнологий ФИЦ Коми НЦ УрО РАН	171
Демонстрационный объект №4. Летский стационар. Дерново-подзолистая почва. Дерново-подзолистая постагrogenная почва.	181
Демонстрационный объект №5. Дерново-подзолистые почвы со вторым гумусовым горизонтом (южная тайга)	191
Содержание	239

Научно-справочное издание

**Путеводитель
научных почвенных экскурсий**

VIII съезд Общества почвоведов им. В.В. Докучаева
и Школа молодых ученых по морфологии и классификации почв
«Почвы – стратегический ресурс России»
(Сыктывкар – Воркута – Киров, 10–17 августа 2022 г.)

Сыктывкар, 2020–2022 гг.

*Рекомендовано к изданию
Ученым советом Института биологии
Коми научного центра Уральского отделения
Российской академии наук*

Оригинал-макет и корректура: А.М. Вурдов

Издание электронное. DOI: 10.31140/book-2022-04