



**ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ
И ПРИКЛАДНЫЕ АСПЕКТЫ
ЛЕСНОГО ПОЧВОВЕДЕНИЯ**

Путеводитель почвенной экскурсии

**ВЛИЯНИЕ ЛЕСОЗАГОТОВИТЕЛЬНОЙ ТЕХНИКИ
НА СВОЙСТВА ПОЧВ**

ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО НАУЧНЫХ ОРГАНИЗАЦИЙ
КАРЕЛЬСКИЙ НАУЧНЫЙ ЦЕНТР РАН
ИНСТИТУТ ЛЕСА КАРЕЛЬСКОГО НАУЧНОГО ЦЕНТРА РАН
ОТДЕЛЕНИЕ БИОЛОГИЧЕСКИХ НАУК РАН
РОССИЙСКИЙ ФОНД ФУНДАМЕНТАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ



ПУТЕВОДИТЕЛЬ ПОЧВЕННОЙ ЭКСКУРСИИ

ВЛИЯНИЕ ЛЕСОЗАГОТОВИТЕЛЬНОЙ ТЕХНИКИ НА СВОЙСТВА ПОЧВ

Петрозаводск
2017

УДК 630*114:630*37(036)
ББК 43.4
Б30

- Б30 *Бахмет О.Н., Медведева М.В., Ананьев В.А., Карпечко А.Ю., Грабовик С.И.*
Путеводитель почвенной экскурсии. Влияние лесозаготовительной техники на свойства почв. Петрозаводск: Карельский научный центр РАН, 2017. 27 с.: ил. 3, табл. 18. Библиогр. 22 назв.

ISBN 978-5-9274-0795-8

Материалы, представленные в путеводителе, знакомят участников VII Всероссийской научной конференции с международным участием, посвященной 60-летию Института леса Карельского научного центра РАН, с почвами антропогенно нарушенных экосистем среднетаежной подзоны Карелии. В ходе экскурсии будут продемонстрированы почвы на участках, где проводились рубки древостоев. Также участникам экскурсии будут представлены ненарушенные почвы контрольного участка.

Путеводитель подготовлен сотрудниками Института леса и Института биологии КарНЦ РАН, членами Карельского отделения общества почвоведов им. В.В. Докучаева.

УДК 630*114:630*37(036)
ББК 43.4

*Работа выполнена при финансовой поддержке
Российского фонда фундаментальных исследований (РФФИ)
грант № 17-04-20482*

ISBN 978-5-9274-0795-8

© Коллектив авторов, 2017
© Институт леса КарНЦ РАН, 2017
© Карельский научный центр РАН, 2017

Содержание

Введение	4
Природные условия района исследования	5
Научная экскурсия	9
Пробная площадь № 1. Контроль	12
Пробная площадь № 2. Вырубка	17
Список литературы	27

ВВЕДЕНИЕ

Одним из значимых по масштабу и силе антропогенных факторов, воздействующих на лесные почвы, является применение тяжелых агрегатных машин при заготовке древесины. В настоящее время накоплено достаточно много материала о негативных последствиях воздействия рубок на лесные почвы, в результате которых происходит изменение биоразнообразия, морфологических и физических свойств почв, нарушение круговорота всех химических элементов, формирование новых потоков вещества и энергии в экосистеме. Интенсивное освоение лесов приводит к нарушению целостности почвенного покрова, структурным и функциональным изменениям всего биогеоценоза. Уплотнение верхних слоев почвы, нарушение ее водно-физических свойств и смешение горизонтов отрицательно влияет на рост деревьев. В результате уплотнения и образования колеи от проезда техники существенно страдают питающие деревья корни, основная масса которых размещена в верхних горизонтах [5]. Работа техники может затрагивать и нижележащие горизонты, где также происходит перемешивание почвы и повреждение корней.

Как известно, травяно-кустарничковый и моховой покровы в лесу служат важной составляющей частью фитоценоза, оказывающей влияние на древостой на всех этапах его развития: в одних случаях они благоприятствуют росту древесных пород, в других сдерживают его или препятствуют естественному возобновлению древесных растений. Поэтому необходимо оценивать динамику видов растений на разных этапах развития древостоя. Это особенно важно изучать в стационарных условиях, где возможно сравнение эдафической обстановки за длительный период наблюдений по растениям-индикаторам с общим состоянием древесного яруса. При проведении рубок древостой происходит изменение свойств почв, видового разнообразия растительного покрова. Последнее приводит к изменению качественного состава растительных остатков, поступающих на почву, что является одной из причин изменения условий существования почвенной микробиоты [18, 19].

Маршрут почвенной экскурсии «Влияние лесозаготовительной техники на свойства почв» был подготовлен сотрудниками Института леса Карельского научного центра РАН и членами Карельского отделения общества почвоведов им. В.В. Докучаева.

Полевые исследования и описания разрезов проведены О.Н. Бахмет, М.В. Медведевой, А.Ю. Карпечко, таксационная характеристика древостоев дана В.А. Ананьевым, описание напочвенного покрова сделано С.И. Грабовик.

ПРИРОДНЫЕ УСЛОВИЯ РАЙОНА ИССЛЕДОВАНИЯ

Полевая экскурсия будет проводиться, в Пряжинском районе Республики Карелия, в 30 км западнее г. Петрозаводска, вблизи п. Матросы (рис. 1).

Геология. На территории района распространены архейские комплексы, представленные нерасчлененными, преимущественно гранитоидными породами и мигматитами, перекрытые маломощными ледниковыми и озерно-ледниковыми четвертичными отложениями. Верхнечетвертичные и современные отложения представлены озерно-ледниковыми, а также распространены ленточные глины, суглинки и пески. В отдельных местах почвы развиты на двучленных отложениях: крошащий флювиогляциальный нанос, образованный супесчаными и легкосуглинистыми отложениями, подстилается суглинистой завалуненной мореной.

Ландшафты. Территория относится к среднетаежному ледниковому холмисто-рядовому среднезаболоченному ландшафту с преобладанием еловых местообитаний [16]. Данный тип ландшафта является фоновым и занимает до 9,7% от площади среднетаежной подзоны республики. Рельеф характеризуется преобладанием холмисто-моренных форм, максимальная относительная высота которых может достигать 100 м. Слагающая их морена по составу суглинистая с обилием крупных гранитных валунов в поверхностном слое. В целом, холмисто-рядовый рельеф представляет собой сложно описываемый в морфологическом плане комплекс грядообразных валов, куполовидных холмов и кольцевых форм различной высоты.

Климат. Исследуемая территория относится к южному агроклиматическому району. Это наиболее теплый район Карелии: средняя температура воздуха самого холодного месяца (январь) составляет -10..-11 °С, самого теплого (июль) +16,5 °С. В целом для района исследований характерны мягкая и короткая зима и продолжительность безморозного периода – 105–115 дней. По теплообеспеченности почв территория относится к умеренно-теплому району: средняя температура почв в июле составляет 16,6..17,5 °С; датой перехода среднесуточной температуры через +10 °С считается конец мая, количество дней с температурой выше +10 °С – 105–115 дней. Большое влияние на климат оказывает река Шуя, которая, с одной стороны, нивелирует высокие и низкие температуры воздуха, с другой, оказывает влияние на уровень грунтовых вод, которые создают условия для кратковременного избыточного увлажнения территории. Преобладающим типом водного питания является атмосферно-склоновый, уровень грунтовых вод колеблется от 30 см до 1 метра.

Общая заболоченность ландшафта колеблется от 20 до 40 % в зависимости от морфологических особенностей мезорельефа слагающих его местностей. Холмистая часть имеет заболоченность порядка 20%, грядовая часть заболочена на 40%, причем доля открытых болот составляет здесь также 20%, а оставшаяся часть представлена заболоченными лесами.

Почвы. По почвенно-географическому районированию территория принадлежит к Кольско-Карельской провинции подзолистых иллювиально-гумусовых почв. Почвообразующие породы представлены флювиогляциальными и моренными отложениями. Бедные по содержанию щелочных и щелочноземельных элементов почвообразующие породы, недостаточное поступление солнечной энергии в экосистемы стали причиной слабого выветривания первичных минералов, вовлечения элементов-биофилов в естественный круговорот веществ, низкого плодородия почв [15]. Распространенными на исследуемой территории являются следующие почвы (Классификация, 1977):

- дерново-подзолисто-глеевые на слоистых суглинках и глинах в сочетании с болотными торфяно-перегнойными и торфяными;
- подзолы иллювиально-железисто-гумусовые на валунных супесях в сочетании с болотными торфяными;
- буроземы грубогумусные на валунных суглинках в сочетании с дерново-подзолисто-глеевыми и торфяно-перегнойными;
- подзолы торфянисто- и торфяно-глеевые иллювиально-гумусовые на песках и супесях в сочетании с болотными торфяными.

Почвы формируются под влиянием следующих элементарных почвообразовательных процессов: дернового, подзолистого, глеевого, торфонакопления, бурообразования. При этом ведущими являются подзолообразование и торфонакопление.

Растительность. Биogeоценотическая структура лесов довольно проста. По данным ландшафтного профилирования выделено 15 типов леса – 9 коренных и 6 производных. В современном лесном покрове доминируют еловые леса (45%) и березняки (29%), возникшие на месте вырубленных ельников и сосняков. Отмечены крупные массивы спелых лиственных лесов, которые сформированы на участках чрезвычайно интенсивной лесозаготовки. Среди восстановившихся к настоящему времени еловых лесов преобладают ельники черничные свежие (51%) и ельники черничные влажные (23%), приуроченные к средним и нижним частям склонов с более тяжелым по гранулометрическому составу почвами. Межрядовые депрессии и замкнутые котловины заняты ельниками и сосняками сфагновыми. В производных древостоях абсолютно доминируют березняки разнотравно-черничные (17,7%). Сосновая форма-

ция занимает около 23% территории. Наиболее представлены сосняки черничные свежие (58% общей площади сосняков), которые приурочены к верхним частям склонов с хорошо дренированными почвами легкого механического состава.

Проводившиеся в прошлом несплошные рубки, ориентированные на выборку сосны, широко распространенное подсечное лесопользование и ведение сплошных концентрированных рубок привели к двукратному сокращению участка сосновых древостоев (в основном зеленомошных) в структуре лесного покрова и их замещению ельниками и березняками. В настоящее время возобновление на вырубках, как правило, проходит через листовенную стадию с дальнейшим появлением под пологом ели, которая со временем замещает материнский древостой.

НАУЧНАЯ ЭКСКУРСИЯ

Участники полевой экскурсии познакомятся с результатами работы, которая была начата по проекту TACIS «Тайга–модельный лес» в 1997 и продолжается по настоящее время [1]. Изучение влияния лесохозяйственной техники на свойства почв выполнялось на постоянной пробной площади (ППП) спустя 14 лет после проведения механизированных (бензопила, трелевочный трактор ТДТ-55) рубок ухода. Данный модельный опыт позволяет оценить состояние экосистемы, которая подвергалась двойному воздействию: 70 лет назад – сплошной рубке с сохранением подроста и тонкомера, в настоящее время – рубке ухода (рис. 2).

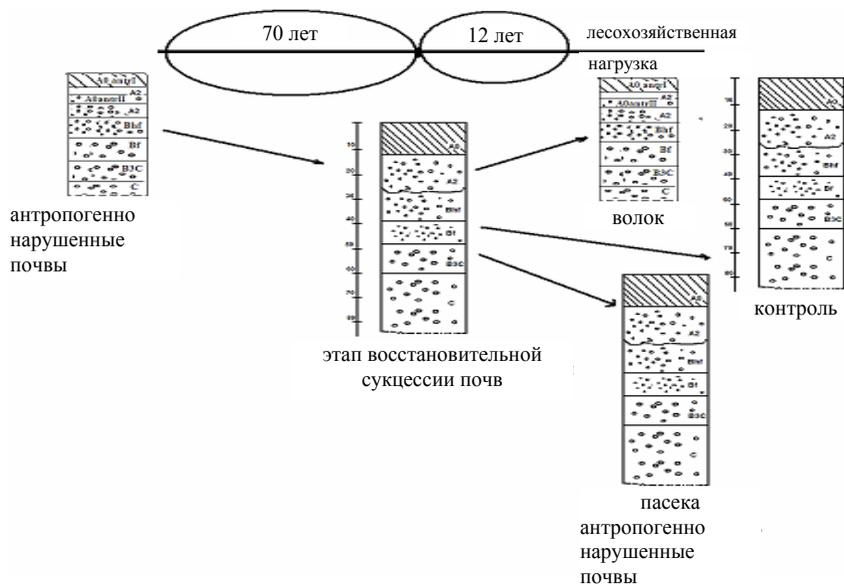


Рис. 2. Схема модельного опыта «Тайга–модельный лес» по исследованию эффекта последствия лесозаготовительной техники на различные компоненты экосистемы.

Прежде чем рассматривать вопрос о влиянии лесозаготовительной техники на свойства почв необходимо напомнить, что первой фазой лесозаготовительного производства являются лесосечные работы, наиболее важными элементами которых являются подготовка лесосек и погрузочных пунктов, а также техническое обслуживание машин, занятых в лесу, доставка горюче-смазочных и других материалов, перевозка рабочих и др. [17]. Разра-

ботка технологий и непосредственная работа в лесу связана с рядом понятий (лесосека, делянка, пасека и др.). Обычно лесосеки (участки лесной площади, отведённые для заготовки растущего на нём леса) разбиваются на делянки (площадью 5–8 га), которые представляют собой часть лесосеки, закрепляемой за одной бригадой. Именно на делянках выполняется весь комплекс основных лесосечных работ, поэтому она испытывает наибольшее антропогенное воздействие. На делянке выделяют пасеки, т.е. полосы леса шириной 25–45 м вдоль трелевочного волока. На пасеках выполняются первичные лесозаготовительные работы – валка деревьев и обрезка сучьев с нескольких пасек. Размещение и использование магистральных и пасечных волоков производится с учетом особенностей местности и не должно привести к изменению гидрологического режима на участке, образованию колеи, уменьшению устойчивости насаждения и его средообразующей роли. В целом правильно организованный технологический процесс лесозаготовки снижает антропогенное воздействие на лесные экосистемы, а, следовательно, способствует более быстрому восстановлению почв.

Таблица 1. Методы и приемы, используемые в работе

Оцениваемые параметры	Методы, приемы, источник
закладка пробных площадей	ОСТ 56-69-83. Площади пробные лесоустroительные. Метод закладки
геоботаническое описание растительности	традиционные методы биогеоценологии [13]
таксономическая принадлежность почв	Классификации почв СССР (1977) Систематический список почв Карелии (Морозова, 1991)
морфологическое описание почв	полевые методы [12]
отбор образцов для анализов	ГОСТ 17.4.4.02-84
гранулометрический состав почв	метод Качинского
определение углерода	метод Тюрина
pH солевой вытяжки	потенциометрический метод
содержание органических и минеральных веществ	сжигание навески в муфельной печи при 450 °C [2]
общий азот	метод Кьельдаля
общий фосфор	метод Труога
общий калий	атомно-эмиссионный пламенно-фотометрический метод
металлы (Fe, Mn, Ca, Mg)	метод атомно-абсорбционной спектрофотометрии после автоклавного разложения исследуемого материала в микроволновой системе выборочно
определение плотности сложения почвы	буровой метод
изучение эколого-трофической структуры микробного сообщества почв	метод предельных разведений и посева почвенной суспензии на питательные среды [9]
определение корненасыщенности почвы	метод монолитов [11]

При закладке ППП соблюдался принцип единства типа леса, условий местопроизрастания, происхождения и возрастной структуры, однородности состава и полноты древостоя, тип почв. На постоянных пробных площадях проводился комплексный анализ элементов биогеоценоза (БГЦ).

Методы, которые были использованы в процессе исследования, обобщены в таблице 1.

Как известно, свойства почв антропогенно нарушенного биогеоценоза зависят от расположения в функциональных зонах лесосеки (волок, пасека). Это связано с тем, что интенсивность и характер негативного воздействия неодинаковы для различных функциональных зон. В этой связи целью полевой экскурсии было исследовать свойства почв, сформировавшихся в различных категориях технологических площадей:

Пробная площадь № 1 – контроль (участок леса, который не затрагивался рубкой)

Пробная площадь № 2 – рубка: пасека и волок.

Особенностью данной экскурсии является то, что экскурсантам будут продемонстрированы изменения в отдельных компонентах антропогенно нарушенной экосистемы «растение надземного яруса – почва – корневые системы растений – микроорганизмы».

ПРОБНАЯ ПЛОЩАДЬ №1. КОНТРОЛЬ

На данной пробной площади экскурсанты познакомятся с компонентами ненарушенной лесной экосистемы. Тип леса – ельник черничный, высокополнотный древостой, IV класса бонитета (табл. 2).

Таблица 2. Таксационные показатели древостоев на контрольном участке

Состав древостоя, %	Запас, м ³ /га	Общее число стволов, шт/га	Полнота (относит.)
9E ₈₅ 1B ₇₅	287,3	1900	1,20

Растительный покров в ельнике чернично-зеленомошном неоднородный, большая часть площади (70%) представлена кустарничково-травяно-сфагновыми сообществами (табл. 3), меньшую часть участка (30%) занимают кустарничково-зеленомошные сообщества. На контрольном участке в составе травяно-кустарничкового яруса выявлено 13 видов растений. Общее проективное покрытие яруса составляет 47%, преобладает *Vaccinium myrtillus*, из остальных видов *Orthilia secunda*. В составе мохово-лишайникового яруса выявлено 11 видов, преобладают *Pleurozium schreberi* и *Hylocomium splendens*, в таких типах леса *Sphagnum girgensohnii* является обычным видом и занимает микропонижения. В травяно-кустарничковых сообществах выявлены небольшие дернинки *Dicranum fuscescens*, *D. scoparium*, *D. majus*, *Brachiothecium starkei*.

Почвенный разрез заложен в средней части участка, в черничной микрогруппировке. Почва – подзол иллювиально-гумусово-железистый на морене. Морфологический профиль почв хорошо дифференцирован и состоит из следующих генетических горизонтов:

O' – 0-2(3) см, лесная подстилка, бурая (10 YR 3/3), сухой, рыхлый, слаборазложившаяся, состоит из опада ели, шишек, сфагнового мха, разнотравья, отмерших веток и листьев кустарничков, горизонт густо пронизан корнями кустарничков, переход в нижележащий горизонт постепенный.

O'' – 2(3)-12(16) см, лесная подстилка, темно-коричневая (10 YR 2/2), свежий, более плотный, чем верхний горизонт, хорошо разложившийся, состоит из опада растений, утративших анатомическое строение, густо пронизан корнями вечнозеленых кустарничков, отмечены угли, граница перехода в нижележащий горизонт ровная.

E – 12(16)-25 (30) см, подзолистый горизонт, белесый или белесо-серой окраски (10 YR 3/4), самый светлоокрашенный горизонт в профиле почв, свежий, рыхлое сложение, однородный по цвету и структуре, песчаный, насыщенность корнями средняя, встречаются крупные корни ели, переход постепенный по цвету и плотности.

Таблица 3. Видовой состав и проективное покрытие (%) растительного покрова в ельнике чернично-зеленомошном

Жизненные формы и виды растений	Контроль
Деревья и кустарники	
<i>Betula pubescens</i>	+
<i>Picea abies</i>	+
<i>Populus tremula</i>	+
<i>Alnus incana</i>	+
<i>Sorbus aucuparia</i>	+
Кустарнички	
<i>Vaccinium myrtillus</i>	30
<i>V. vitis-idaea</i>	3
Травы	
<i>Calamagrostis arundinacea</i>	1
<i>Avenella flexuosa</i>	+
<i>Carex globularis</i>	+
<i>Oxalis acetosella</i>	3
<i>Majanthemum bifolium</i>	3
<i>Orthilia secunda</i>	7
<i>Equisetum sylvaticum</i>	+
<i>Trientalis europaea</i>	1
<i>Linnaea borealis</i>	1
<i>Solidago virgaurea</i>	+
<i>Melampyrum pratense</i>	+
Мхи и лишайники	
<i>Brachiothecium starkei</i>	1
<i>Dicranum fuscescens</i>	1
<i>D. majus</i>	1
<i>D. scoparium</i>	1
<i>Hylocomium splendens</i>	5
<i>Plagiothecium laetum</i>	+
<i>Pleurozium schreberi</i>	30
<i>Polytrichum commune</i>	1
<i>Sphagnum girgensohnii</i>	30
<i>Sph. quinquefarium</i>	1
<i>Sph. wulfianum</i>	1

Bhf – 25(30)-32(37) см, горизонт вымывания гумуса, темно-охристых и бурых тонов (10YR 4/6), более влажный и более плотный, чем вышележащий горизонт, песчаный, встречаются крупные и средние корни, переход по цвету и структуре равномерный, граница перехода постепенная.

Bf – 32(37)-45(48)см, ожелезненный горизонт, охристо-бурых тонов (10YR 5/6), увлажненный, песчаный, слабо уплотненный, пронизан сосущими корнями растений, переход в нижележащий горизонт языковатый.

BC – 45(48) – 61(65) см, переходный горизонт, желто-оливковый (10YR 5/3), свежий, легкий суглинок, уплотненный, постепенный переход по плотности и цвету от оливкового до более светлого.

Cg – 61(65) см и глубже, светло-оливковый (10YR 6/3), свежий, песчаный, уплотнен, встречаются многочисленные ржавые пятна окиси железа по всей нижней части профиля почв, с признаками переувлажнения и оглеения.

Почва по гранулометрическому составу относится к рыхлопесчаным разновидностям (табл. 4). Содержание фракций 0,25–0,01 мм высокое и составляет до 86 %. Распределение песка по профилю почв достаточно равномерное и отражает генезис почв. Содержание фракций размером 0,05–0,01мм не высокое и составляет до 15 %, что свидетельствует о стойкости минералов к разрушению. Содержание физической глины изменяется в интервале от 1,89–4,51%, что характерно для почв подзолистого типа. Низкое содержание и монотонный характер распределения физической глины по профилю почв свидетельствует об устойчивости первичных минералов к физическому выветриванию, невысокой биогенности почвенной толщи.

Таблица 4. Гранулометрический состав изучаемых почв контрольного участка

Горизонт	Содержание частиц, мм, %								
	5–3	3–1	1–0,25	0,25–0,05	0,05–0,01	0,01–0,005	0,005–0,001	< 0,001	< 0,01
Е	0,11	1,2	61,1	31,11	8,1	0,61	0,05	1,61	2,27
Bhf	0,06	1,1	13,61	67,11	14,9	0,23	1,11	3,11	4,45
Bf	0,23	2,1	49,1	35,12	8,21	0,31	0,04	1,54	1,89
BC	0,09	2,1	18,2	61,14	14,41	0,39	0,72	2,18	3,29
C	0,03	2,21	15,9	68,82	12,09	1,54	0,85	2,12	4,51

Значение кислотности изучаемых почв низкое, рН_{сол} изменяется в пределах 2,9–4,7 (табл. 5). Профильное распределение гидролитической кислотности, суммы поглощенных оснований является характерным для почв подзолистого генезиса. В верхнем горизонте почв гидролитическая кислотность высокая, вглубь почвенной толщи она снижается. Низкая сумма обменных оснований в органогенном горизонте почв обусловлена во многом бедностью почвообразующих пород основаниями.

Содержание и распределение С, N, P, K по профилю почв в варианте контроль является характерным для условно коренных еловых биогеоценозов [1, 3]. Максимальное содержание указанных элементов отмечено в верхнем горизонте, в подзолистом горизонте оно резко снижается. В нижележащем горизонте происходит иллювиирование биофильных элементов и далее, по мере продвижения вглубь почвенной толщи, более плавное изменение их содержания. На долю золы в органогенном горизонте почв приходится незначительная часть, которая составляет в среднем до 7%.

Таблица 5. Физико-химические свойства почв контрольного участка

Горизонт	pH _{сол}	C	N	ППП	ГК	S	V	C/N
		%			мг.-экв/100г		%	
О	2,9	40,8	1,53	6.67*	54,2	17,2	24,2	26,7
Е	3,1	1,2	0,07	98.38	5,2	–	–	17,1
B _{hf}	4,7	0,9	0,06	96.41	4,2	1,8	21,7	15,0
B _f	4,7	0,8	0,03	97.02	1,8	1,4	24,1	26,7
BC	4,3	0,3	0,01	97.43	1,2	5,2	75,1	30,0
С	4,5	0,1	0,03		1,0	6,9	90,1	3,3

* – зольность

Распределение Fe, Mn, Mg, Ca по профилю почв на данных участках имеет элювиально-иллювиальный тип, что также является характерным для почв данного типа (табл. 6).

Таблица 6. Валовое содержание макроэлементов в почвах контрольного участка

Горизонт почв	P	K	Fe	Mn	Ca	Mg
	%		мг/кг			
О	0.17	0.07	1620	135.1	1763	451
Е	0.07	0.02	172	10.0	1945	52
B _{hf}	0.08	0.04	5130	38.3	2780	665
B _f	0.09	0.04	5200	70.3	3110	712
BC	0.08	0.04	3780	53.4	2840	647
С	0.08	0.02	2310	57.4	980	462

Биогенное накопление указанных элементов отмечено в верхнем органическом горизонте почв. В элювиальном горизонте под влиянием органических и минеральных кислот происходит их выщелачивание, которое сопровождается резким снижением их содержания. В нижележащих горизонтах почв содержание указанных элементов более равномерное и отражает специфические особенности почв данного ряда.

Известно, что трещины и другие внутрпочвенные полостные образования способствуют усиленному развитию корней и обеспечивают их прирост, уплотнение почвы отрицательно влияет на развитие мелких, физиологически активных, корней. На всех участках были взяты образцы почвы для определения ее плотности. Также изучалась корненасыщенность (масса корней диаметром до 3 мм) верхних почвенных горизонтов и ее изменение при использовании лесохозяйственных машин. Данные показали, что на контрольном участке, где не было воздействия техники на почву, корненасыщенность верхних горизонтов почвы составила 2,2 т/га.

Результаты микробиологических исследований показали, что численность микроорганизмов основных эколого-трофических групп в исследуемых почвах контрольного участка характерна для почв данной биоклиматической зоны. В микробном сообществе присутствуют все наиболее значимые эколого-трофические группы микроорганизмов: гидролитики, копиотрофы, олиготрофы (табл. 7).

Таблица 7. Численность микроорганизмов основных эколого-трофических групп в изучаемых почвах контрольного участка

Горизонт почв	Бактерии, использующие N-NH ₂		Бактерии, утилизирующие N-NH ₄		Олиготрофы	Олигонитрофилы	Микромицеты	КЦМ
	общее	споровые, %	общее	актиномицеты				
О	4600	26,6	11439	1120	16050	1800	308	28
	1001		2398	243	3493	391	67	6,1
Е	288	10,7	501	18	521	450	16	4
	3332		5797	208	6028	5207	185	46

Примечание: над чертой – тыс. КОЕ/г почвы, под чертой – тыс. КОЕ г/см² почвы

Среди аммонифицирующих бактерий преобладают неспоронные формы, которые, как известно, участвуют на более ранних этапах преобразования органического вещества. Численность микроорганизмов гидролитического комплекса высокая, что, с одной стороны, подтверждает направленность превращения органического вещества, а, с другой – благоприятные условия для их развития.

В исследованных почвах вследствие высокой кислотности и низкого содержания элементов-биофилов, широкого отношения C/N, складывается оптимальный режим для развития ацидофильной группы микроорганизмов и, напротив, неблагоприятный для микроорганизмов, которые предпочитают нейтральные эдафические условия: мицелиальных прокариот, нитрифицирующих и спорообразующих бактерий. Микроорганизмы, осуществляющие целлюлозолитические процессы, представлены аэробными формами, их активность отражает замедленную скорость круговорота биофильных элементов в почве. Комплекс целлюлозоразрушающих микроорганизмов (КЦМ) достаточно однородный и состоит из представителей родов *Trichoderma*, *Chaetomium*, *Aspergillus*, *Penicillium*, также выявляли представителей рода *Cytophaga*. В целом, морфологические, физико-химические и микробиологические свойства почв, а также коренная насыщенность являются характерными для подзолистых почв, сформировавшихся под ельником черничным, и хорошо отражают специфику почв данной природно-климатической зоны.

ПРОБНАЯ ПЛОЩАДЬ №2. ВЫРУБКА

ПАСЕКА

На демонстрируемом участке экскурсанты ознакомятся с восстановлением почв при механизированном разреживании древостоя. До проведения рубки исследуемое насаждение характеризовалось составом 7Е₇₀3Б₆₀. На опытном участке в 1999 году была проведена проходная рубка, при которой выбиралась примесь лиственных пород с целью улучшения роста ели. Проходная рубка была интенсивностью 48 % по запасу и 51 % по числу стволов, объем вырубаемой древесины составил 106 м³/га. В результате рубки состав древостоя составил 9Е₈₅1Б₇₅, запас в 2 раза меньше, чем на контроле; общее количество стволов также ниже в 2 раза, полнота снизилась до 0,72, что на 40 % меньше контрольного значения (табл. 8).

Таблица 8. Таксационные показатели древостоев на разреженном участке

Состав древостоя, %	Запас, м ³ /га	Общее число стволов, шт/га	Полнота (относит.)
2014 г, через 14 лет после рубки			
9Е ₈₅ 1Б ₇₅	159,0	960	0,72

В пасеке за счет улучшения режима теплообеспеченности и освещенности под пологом произошли изменения состава и доли участия видов растений в напочвенном покрове. Участие светолюбивых видов, таких как *Calamagrostis arundinacea*, *Avenella flexuosa* возросло, но незначительно, при этом увеличилась доля мезотрофных видов: *Majanthemum bifolium*, *Linnaea borealis* и др.; в моховом ярусе доля участия *Sph. girgensohnii* существенно снизилась (табл. 9).

Почвенный разрез заложен в западной части участка, в черничной микрогруппировке. Моховый покров разреженный и представлен преимущественно зелеными мхами. Почва – подзол иллювиально-гумусово-железистый на песчаной морене. Профиль почв четко дифференцирован на горизонты и имеет следующее морфологическое строение:

О` – 0-2(3) см, лесная подстилка, бурая (10 YR 3/3), сухой, рыхлая, слабо разложившаяся, состоит из опада древесной растительности, сфагнового мха, густо пронизана корнями кустарничков, переход в нижележащий горизонт постепенный.

О`` – 2(3)-12(16) см, лесная подстилка, темно-коричневого цвета (10 YR 2/2), свежий, уплотненный, хорошо разложившаяся, состоит из опада растений, утративший анатомическое строение, густо пронизан корнями вечнозеленых кустарничков, граница перехода в нижележащий горизонт заметная, ровная.

Таблица 9. Видовой состав и проективное покрытие (%) растительного покрова после рубки в ельнике чернично-зеленомошном

Жизненные формы и виды растений	Пасека
Деревья и кустарники	
<i>Betula pubescens</i>	+
<i>Picea abies</i>	+
<i>Populus tremula</i>	+
<i>Alnus incana</i>	+
<i>Sorbus aucuparia</i>	+
<i>Juniperus communis</i>	+
Кустарнички	
<i>Vaccinium myrtillus</i>	60
<i>V. vitis-idaea</i>	10
Травы	
<i>Calamagrostis arundinacea</i>	5
<i>Avenella flexuosa</i>	15
<i>Gymnocarpium dryopteris</i>	1
<i>Majanthemum bifolium</i>	15
<i>Orthilia secunda</i>	7
<i>Equisetum sylvaticum</i>	1
<i>Trientalis europaea</i>	7
<i>Lathyrus vernus</i>	+
<i>Linnaea borealis</i>	3
<i>Luzula pilosa</i>	+
<i>Chamaenerion angustifolium</i>	+
<i>Solidago virgaurea</i>	1
<i>Stellaria holostea</i>	+
<i>Melampyrum pratense</i>	5
<i>Lycopodium annotinum</i>	+
Мхи и лишайники	
<i>Brachiothecium starkei</i>	5
<i>Dicranum fuscescens</i>	15
<i>D. scoparium</i>	1
<i>Plagiothecium laetum</i>	15
<i>Pleurozium schreberi</i>	7
<i>Polytrichum commune</i>	1
<i>Ptilium crista castrensis</i>	7
<i>Sphagnum girgensohnii</i>	+
<i>Sph. quinquefarium</i>	3
<i>Sph. wulfianum</i>	+
<i>Polytrichum swartzii</i>	+
<i>Pohlia nutans</i>	1
<i>Amblystegia serpens</i>	+
<i>Cladonia sylvatica</i>	5

Е – 12(16)-25 (30) см, подзолистый горизонт, белесо-серой окраски (10 YR ³/₄), сухой, рыхлое сложение, однородный по цвету и структуре, песчаный, насыщенность корнями средняя, переход постепенный по цвету и плотности, граница перехода ровная.

Bhf – 25(30)-32(37) см, иллювиальный горизонт, темно-охристых и бурых тонов (10YR 4/6), более влажный и более плотный, чем вышележащий горизонт, песчаный, встречаются крупные и средние корни, переход по цвету и структуре равномерный, граница перехода постепенная.

Bf – 32(37)-45(48)см, ожелезненный горизонт, охристо-бурых тонов (10YR 5/6), увлажненный, песчаный, слабо уплотненный, пронизан сосущими корнями растений, переход в нижележащий горизонт языковатый.

BC – 45(48) – 61(65) см, переходный горизонт, желто-оливковый (10YR 5/3), свежий, песчаный, уплотненный, постепенный переход по плотности и цвету от оливкового до более светлого.

Cg – 61(65) см и глубже, светло оливковый (10YR 6/3), уплотненный, встречаются многочисленные ржавые пятна окиси железа по всей нижней части профиля почв, с признаками переувлажнения и оглеения.

Содержание фракции песка составляет >70 % (табл. 10). В его составе преобладает фракция крупного и среднего песка, что является характерным для данной территории. Содержание крупной, средней и мелкой пыли невысокое, изменение носит монотонный характер по профилю почв, что указывает на низкую степень выветриваемости первичных минералов. Механические элементы почв размером <0,001 мм составляют 1,9–3,2 %, их распределение не имеет четкого элювиально-иллювиального распределения, что свидетельствует о небольшом их проникновении в почвенную толщу и способности накапливаться в иллювиальном горизонте почв. В целом, гранулометрический состав почв отражает специфику почв, сформировавшихся на легких почвообразующих породах.

Таблица 10. Гранулометрический состав почв участка пасака

Горизонт	Содержание фракций, мм, %								
	5–3	3–1	1–0,25	0,25–0,05	0,05–0,01	0,01–0,005	0,005–0,001	< 0,001	< 0,01
E	0,12	1,4	63,1	27,11	7,69	1,1	0,03	2,1	3,23
Bhf	0,08	1,2	15,1	59,12	16,01	0,81	0,88	3,12	4,81
Bf	0,19	2,3	52,2	32,08	7,54	0,54	0,07	2,1	2,71
BC	0,012	2,2	24,3	56,09	10,11	0,51	1,1	1,98	3,59
C	0,02	2,4	18,1	71,01	9,07	2,10	0,98	1,99	5,07

Плотность верхних минеральных горизонтов почв в пасаке составляет 1,42 г/см³. Масса корней диаметром до 3 мм – 1,88 т/га, что несколько ниже контрольных значений. Некоторое снижение массы корней связано с произошедшим отмиранием и разложением корневых систем вырубленных деревьев.

Агрохимические показатели почвенных горизонтов, позволяющие оценить уровень плодородия лесных почв, приведены в таблице 11. Кислотность исследуемых почв низкая, рН_{сол} изменяется в пределах 2,7–4,7. Распределение гидролитической кислотности и суммы поглощенных оснований по профилю почв является типичным для подзолистых почв: максимальное содержание в верхнем органическом горизонте и резкое снижение по глубине. Степень насыщенности основаниями постепенно возрастает, достигая максимальных значений в нижних горизонтах почв.

Таблица 11. Физико-химические свойства почв исследуемого участка

Горизонт	рН _{сол}	C	N	ППП	ГК	S	V	C/N
		%			мг-экв/100г		%	
О	2,7	40,9	1,44	7,93*	172,8	12,1	19,7	28,4
Е	3,3	1,4	0,06	98,07	4,2	–	–	23,3
Bhf	4,7	1,2	0,01	96,60	3,2	1,0	14,2	120,0
Bf	4,6	1,6	0,01	97,04	2,8	1,3	24,1	160,0
BC	4,5	0,9	0,04	97,17	2,2	5,8	75,1	22,5
С	4,1	0,6	0,01	97,66	0,8	6,2	92,1	60,0

ППП – потеря при прокаливании, * – зольность

Содержание и распределение биофильных элементов (С, N, P, K) по профилю почв в вариантах пасака и контроль близки между собой, что свидетельствует о положительной динамике восстановления круговорота данных элементов в экосистеме (табл. 11, 12).

Распределение Fe, Mn, Mg, Ca по профилю почв на данных участках относится к элювиально-иллювиальному типу, что свидетельствует об отсутствии выраженных изменений на фоне антропогенного воздействия (табл. 12). Биогенное накопление указанных элементов отмечено в верхнем органическом горизонте почв. В элювиальном горизонте под влиянием органических и минеральных кислот происходит их выщелачивание, которое сопровождается резким снижением их содержания, в нижележащих горизонтах почв содержание указанных элементов более равномерное.

Таблица 12. Валовое содержание макроэлементов в почвах варианта пасака

Горизонт почв	P	K	Fe	Mn	Ca	Mg
	%		мг/кг			
О	0.19	0.09	2700	213,0	1080	438
Е	0.06	0.03	182	12.6	265	76
Bhf	0.09	0.05	5660	64.9	2460	742
Bf	0.07	0.04	5470	80.2	2390	746
BC	0.07	0.04	4220	70.4	2000	703
С	0.08	0.04	3700	76.2	1610	633

Результаты микробиологического анализа показали, что общее строение микробного сообщества почв варианта пасека сопоставим с контролем: в микробном сообществе присутствуют все важнейшие эколого-трофические группы микроорганизмов (табл. 13). Это свидетельствует о том, что по истечении некоторого времени после негативного воздействия произошло восстановление микробиологических свойств почв.

Таблица 13. Численность микроорганизмов основных эколого-трофических групп в почвах варианта пасека

Горизонт почв	Бактерии, использующие N-NH ₂		Бактерии, утилизирующие N-NH ₄		Олиготрофы	Олигонитрофилы	Микромицеты	КЦМ
	общее	споровые, %	общее	актиномицеты				
Пасека								
О	<u>5100</u> 1020	28,1	<u>9866</u> 1973	<u>1430</u> 279	<u>17050</u> 3329	<u>1620</u> 316	<u>356</u> 69	<u>32</u> 6,2
Е	<u>204</u> 3482	4,9	<u>702</u> 8122	<u>26</u> 300	<u>562</u> 6502	<u>400</u> 4628	<u>12</u> 138	<u>3</u> 34

Примечание: над чертой – тыс. КОЕ/г почвы, под чертой – тыс. КОЕ г/см² почвы

Как отмечено выше, состав растений напочвенного покрова варианта пасека несколько богаче. Это нашло отражение и в структурно-функциональной организации микробного сообщества почв. Увеличение мицелиальных прокариот и спорообразующих бактерий в составе аммонификаторов свидетельствует о более глубокой минерализации органического вещества на данных участках, что подтверждается присутствием в составе опада растений разнотравья, малины и рябины. Последние, как известно, имеют более высокое содержание элементов минерального питания по сравнению с опадом хвойных деревьев, и, следовательно, создают более благоприятные условия для микроорганизмов группы гидролитков. Численность последних, представленная микроскопическими грибами, имеет тенденцию к увеличению по сравнению с контрольными значениями.

ВОЛОК

При рубке наибольшему антропогенному воздействию подвергаются технологические коридоры, именно на этих участках происходит наиболее значительное изменение природной среды. Процесс естественного восстановления происходит постепенно и зависит от многих факторов – интенсивности антропогенного воздействия, типа почв и типа леса и пр. Свидетельством процесса естественного восстановления биоценоза является появление всходов ели: фрагментарно были выявle-

ны очаги с частотой возобновления ели 79 шт/м² (табл. 14). Данные участки были приурочены к органическому субстрату, который образовался в результате обнажения нижнего торфогенного горизонта почв, которые распространены на данной пробной площади. Отдельными микрогруппами на волоках произрастает *Rosa acicularis*, проективное покрытие *Vaccinium myrtillus* составляет 10 %, *Vaccinium vitis-idaea* колеблется от 3 до 25 %. Небольшими куртинками на данном участке произрастает *Calamagrostis arundinacea*, проективное покрытие которое составляет 1%, проективное покрытие *Avenella flexuosa* составляет 15%. Из разнотравья встречаются *Gymnocarpium dryopteris*, *Equisetum sylvaticum*, *Stellaria holostea*, *Lathyrus vernus*. Моховой покров несплошной, его проективное покрытие составляет до 60 %, в основном он представлен *Pleurozium schreberi*.

Таблица 14. Видовой состав и проективное покрытие (%) растительного покрова после рубки в ельнике чернично-зеленомошном

Жизненные формы и виды растений	волок
Деревья и кустарники	
<i>Picea abies</i>	+
<i>Rosa acicularis</i>	10
Кустарнички	
<i>Vaccinium myrtillus</i>	10
<i>V. vitis-idaea</i>	15
Травы	
<i>Calamagrostis arundinacea</i>	1
<i>Avenella flexuosa</i>	15
<i>Gymnocarpium dryopteris</i>	1
<i>Majanthemum bifolium</i>	3
<i>Equisetum sylvaticum</i>	1
<i>Lathyrus vernus</i>	1
Мхи и лишайники	
<i>Dicranum fuscescens</i>	15
<i>D. scoparium</i>	1
<i>Plagiothecium laetum</i>	5
<i>Pleurozium schreberi</i>	357
<i>Polytrichum commune</i>	1
<i>Sphagnum girgensohnii</i>	+

Необходимо отметить, что подстилающей породой на исследуемых участках служит различной каменности морена, которая создает водупорные слои. Поэтому почвы формируются как под влиянием атмосферного увлажнения, так и под воздействием боковых подтоков внутриводосборных вод, что, возможно, ускоряет процесс естественного восстановления верхних минеральных горизонтов.

Для изучаемых антропогенно нарушенных почв характерно наличие восстановленного органогенного горизонта лесная подстилка (O), под которым залегает минеральный горизонт (E), ниже следует минеральная толща. Мощность горизонтов и степень их выраженности изменчивы и зависят от антропогенного влияния. Отмечено, что в отдельных местах, под порубочными остатками, имеются многочисленные включения части одного горизонта в массу другого, поэтому определение таксономической принадлежности почв затруднено. При значительном антропогенном влиянии почвы могут быть классифицированы как антропогенно нарушенные.

Почвенный разрез заложен в центральной части волока, испытывающей максимальное антропогенное воздействие. Несмотря на то, что растительность на волоках восстановилась, можно условно выделить зону колеи. Именно эта зона испытывала наибольшее влияние ходовой частью работающих механизмов. Почва – антропогенно нарушенный подзол иллювиально-гумусово-железистый на песчаной морене. Морфологическое строение следующее:

O – 0–6 см, лесная подстилка, темно-бурый (10 YR 2/2), свежий, уплотненный, состоит из опада растений, находящихся на разной стадии разложения, густо пронизан корнями вечнозеленых кустарничков, остатки древесной ветоши, граница перехода в нижележащий горизонт по структуре и цвету заметная, волнистая.

E – 6–20 см, белесый (10YR6/1), влажный, песчаный, уплотненный, на границе с A0 потеки гумуса, переход языковатый по плотности и цвету.

Bhf – 20–27 см, темно-охристых и бурых тонов (10YR 4/6), более влажный и более плотный, чем вышележащий горизонт, встречаются крупные и средние корни, переход по цвету и структуре равномерный, граница перехода постепенная, может содержать прослойки подзолистого горизонта, встречаются сгнившие корни, переход в нижележащий горизонт постепенный.

Bf – 27–37 см, горизонт охристо-бурых тонов (10YR 5/6), влажный, песчаный, слабо уплотненный, пронизан мелкими корнями растений, может содержать гумусированные прослойки вышележащего горизонта (Bh), переход в нижележащий горизонт постепенный.

BC – 37–45 см, переходный горизонт, более светлый, чем вышележащий горизонт, свежий, песчаный, в этом горизонте следов антропогенной деятельности не наблюдалось, переход в нижележащий горизонт по цвету и плотности сложения постепенный.

Cg – 45 см и далее, почвообразующая порода, зеленовато-оливковый (10YR 6/3), песчаный, влажный, по всей нижней части профиля почв встречаются многочисленные ржавые пятна окиси железа, с признаками переувлажнения и оглеения.

Гранулометрический состав почв исследуемого участка является характерным для почв, сформировавшихся на легких породах (табл. 15). Механизованная рубка не оказала на него заметного влияния. Преобладающей фракцией является песок, содержание которого составляет до 80 %. Распределение крупных фракций по профилю почв носит достаточно равномерный характер. В распределении механических элементов размером 0,1–0,005 мм также прослеживаются тенденции, характерные для ненарушенных почв изучаемого района. Низкое содержание мелкой пыли указывает на невысокую степень разрушения первичных минералов в данных природно-климатических условиях. Содержание ила в почвах невысокое, неравномерный характер ее распределения хорошо отражает специфику происходящих в почве процессов. Отсутствие резко выраженных изменений гранулометрического состава почв на фоне воздействия лесозаготовительной техники, возможно, связано с сукцессионным изменениям биогеоценоза, быстрым восстановлением верхних горизонтов почв, а также в целом устойчивостью первичных минералов к выветриванию.

Таблица 15. Гранулометрический состав почв варианта волок

Горизонт	Гранулометрический состав, мм, %								
	5–3	3–1	1–0,25	0,25–0,05	0,05–0,01	0,01–0,005	0,005–0,001	< 0,001	< 0,01
О	0,21	1,8	52,1	28,11	11,1	1,3	0,05	3,61	4,96
Bhf	0,07	0,9	14,21	71,1	16,2	0,31	1,31	2,87	4,49
Bf	0,31	3,1	54,3	28,7	7,98	0,44	0,04	1,32	1,8
BC	0,09	2,9	21,1	60,81	13,72	0,43	0,88	2,28	3,59
C	0,06	2,3	17,2	71,1	11,74	1,32	0,79	1,98	4,09

При перемещении лесозаготовительной техники почва уплотняется, что негативно отражается на развитии корневой системы растений, происходит нарушение их жизнедеятельности, корни деформируются и ломаются. Все это приводит к резкому сокращению продуцирующей площади насаждения. После воздействия техники водно-физические свойства почв постепенно восстанавливаются, однако этот процесс достаточно длительный. Результаты показали, что на данном участке плотность почвы равна 1,40. Как отмечено выше, давность рубки составляла 14 лет. Этот период времени при данных лесорастительных условиях был достаточным для восстановления плотности почвы на волоке до значений на пасеке, где не было воздействия техники. Используемая лесозаготовительная технология (бензопила+трелевочный трактор) в меньшей степени наносит повреждения почвенной поверхности, в отличие, например, от сортиментной технологии. Масса физиологически активных корней (до 3 мм) составила 1,01 т/га, что примерно на 40 % и меньше, чем в пасеке (рис. 3). На рост корней может оказывать влияние также перемешивание и смешение почвенных горизонтов [5, 6].

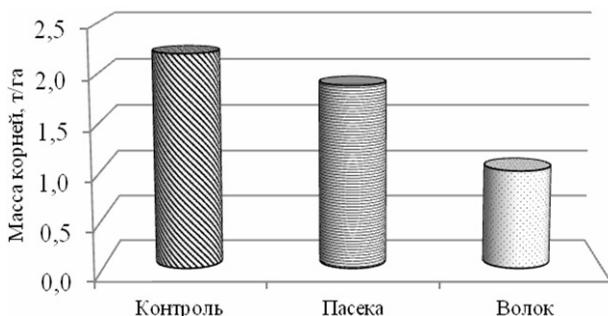


Рис. 3. Масса корней в почвах, сформировавшихся в различных технологических площадях

Исследуемые почв кислые, изменение рН_{сол} происходит в интервале 3,0–5,1. Распределение гидролитической кислотности характерно для лесных почв, наиболее высокие значения отмечены в верхних горизонтах почв (табл. 16). Низкое содержание обменных оснований в верхних горизонтах почв свидетельствует об их выносе из почвенной толщи, о бедности основаниями пород, на которых они формируются.

Таблица 16. Физико-химические свойства почв исследуемых участков

Горизонт	рН _{сол}	C	N	ППП	ГК	S	V	C/N
		%			мг-экв/100г		%	
О	4,7	38,4	1,28	8,68*	110,2	74,1	50,6	30,0
Е	3,0	1,3	0,09	97,53	6,2	5,1	6,4	14,4
Bhf	4,5	0,9	0,04	96,13	4,2	2,1	29,2	22,5
Bf	5,1	0,8	0,13	96,80	1,8	1,3	28,7	6,2
BC	4,1	0,8	0,04	97,17	3,2	5,5	72,4	20,0
С	3,9	0,7	0,01	97,20	1,8	6,1	93,2	70,0

ППП – потеря при прокаливании, * – зольность

Наиболее выраженные изменения химических свойств почв отмечены в ее 0–20 см слое (табл. 17). Распределение С, N, P, K в основном характеризуется чертами, которые являются характерными для почв данного типа. Однако содержание N, P, K меньше по сравнению с почвами вариантов пасака и контроль, что указывает на трансформацию данных элементов. Содержание золы в верхнем горизонте увеличено до 8,7%, что может быть связано поступлением большого количества порубочных растительных остатков в процессе лесохозяйственных работ. Содержание Fe, Mg, Mn, Ca в почвах контрольного участка и трелевочного волока близки между собой, что косвенно свидетельствует об их низком вовлечении в природный кру-

говорот веществ. При этом интересно отметить, что химические свойства горизонтов Е изучаемых пробных площадей близки между собой, т.е. даже при небольшой мощности подзолистого горизонта, направленность подзообразовательного процесса сохраняется.

Таблица 17. Изменение валового содержания макроэлементов в почвах при использовании хлыстовой технологии лесосечных работ

Горизонт почв	P	K	Fe	Mn	Ca	Mg
	%		мг/кг			
О	0,18	0,09	2380	236,0	1960	488
Е	0,06	0,03	1381	39,1	274	47
Bhf	0,08	0,04	5810	56,6	2410	746
Bf	0,08	0,05	6220	80,7	2130	772
BC	0,07	0,05	4240	69,1	2060	702
С	0,08	0,05	4250	89,2	2260	730

Влияние лесозаготовительных мероприятий на микробиологические свойства почв в наибольшей степени проявилось в почвах, сформировавшихся в условиях трелевочного волокна (табл. 18). Так, выявили, что численность бактерий, использующих органические соединения азота, в исследуемых горизонтах почв более низкая. Увеличение численности спорообразующих бактерий в их составе косвенно свидетельствует об изменении направленности трансформации органического вещества. Кроме того, произошло увеличение численности микроорганизмов группы гидролитиков – микроскопических грибов. Очевидно, что в процессе восстановления почв происходило развитие микроорганизмов, которые утилизировали аккумулируемый до проведения рубки азот и высвобождаемый уже в процессе трансформации органического вещества.

Таблица 18. Численность микроорганизмов основных эколого-трофических групп в изучаемых почвах варианта волок

Горизонт почв	Бактерии, использующие N-NH ₂		Бактерии, утилизирующие N-NH ₄		Олиготрофы	Олигонитрофилы	Микромицеты	КЦМ
	общее	споровые, %	общее	актиномицеты				
О	3300	42,4	9792	1510	14030	1400	425	16
	501		1534	229	2131	212	64	2,4
Е	122	7,3	601	33	540	750	38	6
	2660		6395	351	5746	7980	404	63

Примечание: над чертой – тыс. КОЕ/г почвы, под чертой – тыс. КОЕ г/см² почвы

В связи с тем, что изменился не только качественный, но и количественный состав фитомассы, необходимо дальнейшее исследование минерализационных процессов в почвах антропогенно трансформированных экосистем.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Ананьев В.В., Лейнонен Т., Грабовик С.И.* Результаты обследования средневозрастных еловых древостоев после рубок ухода / Труды лесоинженерного факультета ПетрГУ. 2005. Вып. 6. С.5–7.
2. *Аринушкина Е.В.* Руководство по химическому анализу почв. М.: Наука. 1970. 487 с.
3. *Бахмет О.Н.* Особенности органического вещества почв в различных ландшафтах Карелии // Лесоведение. № 2. 2012. С. 19–27.
4. *Иванова Е.Н.* Классификация и диагностики почв СССР. М.: Колос, 1977, 225 с.
5. *Карпечко А.Ю.* Особенности адаптации активной части корневой системы древостоя после разреживания // Ученые записки Петрозаводского государственного университета. 2012. № 6. С. 59–62.
6. *Карпечко А.Ю.* Изменение плотности и корненасыщенности почв под влиянием лесозаготовительной техники в еловых лесах Южной Карелии // Лесоведение. № 5. 2008. С. 66–70.
7. *Медведева М.В., Ананьев В.А., Яковлев А.С.* Влияние лесозаготовительной техники на биологическую активность почв Карелии // Экология и промышленность России. 2015. Т. 19. № 6. С. 42–49.
8. Классификация и диагностика почв СССР. М.: Колос, 1977. 223 с.
9. Методы почвенной микробиологии и биохимии (под ред. Д.Г. Звягинцева) М.: МГУ. 1991. 304с.
10. *Морозова Р.М.* Лесные почвы Карелии. Л.: Наука. 1991. 172 с.
11. *Орлов А.Я.* Метод определения массы корней деревьев в лесу и возможность учета годичного прироста органической массы в толще лесной почвы // Лесоведение. 1967. № 1. С. 64–70.
12. Полевой определитель почв России. М.: Почвенный институт. 2008. 150 с.
13. Программа и методика биогеоценологических исследований. М. 1966. 331 с.
14. Разнообразие почв и биоразнообразие в лесных экосистемах средней тайги / [отв. ред. Н.Г.Федорец]; КарНЦ РАН; Институт леса РАН. М.: Наука, 2006. 287 с.
15. *Федорец Н.Г.* Полевая практика по лесному почвоведению для студентов лесохозяйственных специальностей (учебно-методическое пособие). Петрозаводск: Карельский научный центр РАН, 2010. 56 с.
16. Экосистемы ландшафтов запада средней тайги (структура, динамика). Петрозаводск: изд-во «Карелия». 1990. 285 с.
17. Лесосеки. Интернет – ресурсы: http://otherreferats.allbest.ru/agriculture/00035868_0.html
18. *Beyer L.* Cellulolytic activity of Luvisols and Podzols under forest and arable land using the “Cellulose-Test” according to Unger // Pedobiologia. 1992. V. 3. P. 137–145.
19. *Formanek P., Vranova V.* The effect of spruce stand thinning on biological activity in soil // Journal of forest science. 2003(11).49. P. 523–530.

20. *Remes J., Sisa R.* Biological activity of antropogenic soils after spoil-bank forest reclamation // Journal of forest science. 2007 (7).V. 53. P. 299–307.

21. *Tareno M.* Limitations of available substrates for the expression of cellulose and protease activities in soil // Soil Biol. Biochem. 1988. Vol. 20. N. 1. P. 117–118.

22. World reference base for soil resources 2014. International soil classification system for naming soils and creating legends for soil maps. Update 2015. World soil resources reports № 106. IUSS Working Group WRB. Rome: FAO. 2015. 192 p.

Н а у ч н о е и з д а н и е

ПУТЕВОДИТЕЛЬ ПОЧВЕННОЙ ЭКСКУРСИИ

Влияние лесозаготовительной техники на свойства почв

Издано в авторской редакции

Обложка *С. Г. Новиков*
Г. В. Ахметова

Подписано в печать 07.09.2017
Формат 60x84 ¹/₁₆. Гарнитура Times.
Уч.-изд. л. 1,2. Усл. печ. л. 1,63.
Тираж 100 экз. Заказ № 452

Карельский научный центр РАН
Редакционно-издательский отдел
185003, Петрозаводск, пр. А. Невского, 50