
ОРИГИНАЛЬНЫЕ СТАТЬИ

УДК 581.552

ИЗМЕНЕНИЯ СОСТАВА И СТРУКТУРЫ НИЖНИХ ЯРУСОВ РАСТИТЕЛЬНЫХ СООБЩЕСТВ НА УЧАСТКАХ ВЫРУБКИ С РАЗНЫМ УРОВНЕМ ТЕХНОГЕННОЙ НАГРУЗКИ В СРЕДНЕЙ ТАЙГЕ РЕСПУБЛИКИ КОМИ¹

© 2025 г. Ю. А. Дубровский^а, *, В. В. Старцев^а

^а Институт биологии Коми научного центра Уральского отделения Российской академии наук,
ул. Коммунистическая, д. 28, Сыктывкар, ГСП-2, 167982 Россия

*E-mail: dubrovsky@ib.komisc.ru

Поступила в редакцию 13.05.2024 г.

После доработки 16.10.2024 г.

Принята к публикации 15.11.2024 г.

Вырубки являются одним из основных факторов изменения бореальных лесов европейской части Российской Федерации. Задачу оценки восстановления растительного покрова на начальных этапах послерубочных сукцессий усложняет наличие на каждой вырубке набора разнородных участков с разной степенью техногенной нагрузки и нарушенности нижних ярусов растительности. Цель данной работы — оценить характер изменений состава и структуры нижних ярусов растительности на участках с разной степенью техногенной нагрузки в течение ранней стадии восстановительной сукцессии (1–3 года) после экспериментальной рубки ельника чернично-зеленомошного в средней тайге Республики Коми. В ходе эксперимента было исследовано три пасечных участка, шесть волоков с разным уровнем техногенной нагрузки, который определяли количеством проездов колесной техники. На трех волоках было проведено выравнивание колей. На каждом технологическом элементе вырубки в течение трех лет делали геоботанические описания. На пасеках и волоках за три года после проведенной рубки леса проективное покрытие основных ярусов восстановилось до исходных значений, однако произошли значительные изменения в составе доминирующего комплекса видов. Ведущие позиции заняли светолюбивые виды, в первую очередь *Avenella flexuosa*. На волоках с выравниванием колей возобновление растительного покрова началось на третий год восстановительной сукцессии, при этом растительность очень мозаична, что, наряду с высоким уровнем видового разнообразия, может свидетельствовать о случайному характере формирования этих растительных группировок на данном этапе сукцессии. Наши результаты свидетельствуют о том, что уровень техногенной нагрузки при проведении рубки леса влияет на скорость последующего восстановления нижних ярусов растительности. На волоках, как в колеях, так и на межколейных пространствах, участки с тремя и десятью проездами различались по составу и структуре растительных сообществ. Это в первую очередь выражалось в усилении цено-тических позиций сорно-рудеральных видов и видов-гигрофитов на более нарушенных площадках. Выравнивание колей на волоках без дополнительных приемов рекультивации привело к замедлению процессов восстановления растительности.

Ключевые слова: вырубки, бореальные леса, ельник чернично-зеленомошный, выравнивание колей, разнообразие сосудистых растений, послерубочные сукцессии.

DOI: 10.31857/S0024114825020082, EDN: FXXVUA

Вырубки являются одним из основных факторов изменения бореальных лесов европейской части Российской Федерации. На территории Республики Коми во второй половине XX века промышленными рубками было затронуто более 112 тыс. км² лесных массивов (Атлас..., 2011). На значительных площадях наблюдается смена лесных формаций (Ларин, 1987),

формируются большие массивы вторичных мелколиственных лесов (Дегтева и др., 2001). В настоящее время активное использование тяжелой лесозаготовительной техники приводит к значительной трансформации микро- и мезорельефа на вырубленных участках, что в свою очередь является причиной возникновения комплексной растительности с высокой

¹ Работа выполнена в рамках гранта Российского научного фонда № 23-74-10007 «Изменение почв и компонентов цикла углерода в ходе восстановительной сукцессии после сплошной рубки в средней тайге европейского северо-востока России», <https://rscf.ru/project/23-74-10007/>.

степенью гетерогенности структуры и состава растительных сообществ (Уланова, 2004; Крышень, 2006; MacDonald et al., 2015; Геникова, Крышень, 2018).

Понимание сукцессионных процессов развития растительности вырубок лежит в основе успешного планирования лесохозяйственной деятельности. В научной литературе существует значительное количество работ, посвященных исследованиям растительных сообществ после рубки леса (Сукачев, 1964; Широких и др., 2018; Широких, 2022). Последовательное восстановление растительного покрова зависит от множества факторов: географического положения (Паутов, Ильчуков, 2001) и размера вырубки (Pawson et al., 2006), технологий рубок и лесовосстановления (Бурова и др., 2010, Vanha-Majamaa et al., 2017), исходных характеристик растительного сообщества (Крышень, 2006) и почв (Дымов, 2017), разнообразия окружающих сообществ (Геникова и др., 2014) и других.

Исследования средне- и северо-таежных вырубок европейской части России показали наличие двух основных тенденций в изменениях растительного покрова, которые мы можем также наблюдать на территории Республики Коми. Первая заключается в том, что вырубки часто слабо отличаются от исходных сообществ по флористическому составу, так как располагаются вдали от крупных населенных пунктов и оживленных трасс (Геникова и др., 2014). В то же время резкое изменение условий окружающей среды в результате удаления древесного яруса приводит к значительным изменениям доминирующего комплекса видов напочвенного покрова в первые годы после рубки (Геникова и др., 2016; Лиханова и др., 2023). Затем исходная лесная растительность постепенно восстанавливается, часто проходя через стадии временного переувлажнения и заболачивания (Лиханова и др., 2021). Важным фактором, который определяет особенности восстановления растительности на конкретных участках лесозаготовок в близких типах леса, являются особенности почвенного покрова (Медведева и др., 2015; Долгая, Бахмет, 2021). Н. В. Геникова и А. М. Крышень (2018) справедливо указывают, что в обзорных работах усреднение результатов исследований большого числа вырубок может сглаживать различия между конкретными фитоценозами из-за одновременного влияния множества факторов, поэтому детальные исследования восстановления экосистем на локальных участках представляются актуальными.

Задачу оценки восстановления растительного покрова на начальных этапах восстановительной сукцессии усложняет наличие на каждой вырубке участков с разной степенью техногенной нагрузки, вызванное применением тяжелой техники и многооперационных машин (связка харвестер+форвардер¹).

Наименее нарушенные участки принято называть пасечными. Участки с нарушениями нижних ярусов растительности и почв, возникающими при трелевке и складировании древесины, выделяют в трелевочные волоки (или технологические коридоры) и лесопогрузочные площадки. При этом доля волоков и лесопогрузочных площадок при использовании многооперационной техники может составлять до 30% общей площади лесосеки, а такие важные параметры, как, например, глубина колей, в документах не регулируются (Приказ..., 2011; Дымов, 2017, 2018). Следовательно, для разработки конкретных рекомендаций по лесовосстановлению актуальным является проведение комплексных исследований на модельных участках вырубок с учетом большого числа факторов, включая эдафические условия (почвы) и особенности растительности. Для этих целей в 2020 г. нами был заложен полевой эксперимент по оценке влияния разной степени техногенных нагрузок на растительность и почвы разных технологических элементов вырубки ельника чернично-зеленомошного (Дымов и др., 2022; Осипов и др., 2024).

Цель данной работы — оценить характер изменений состава и структуры нижних ярусов растительности на участках с разной степенью техногенной нагрузки в течение ранней стадии восстановительной сукцессии (1–3 года) после экспериментальной рубки ельника чернично-зеленомошного в средней тайге на территории Республики Коми.

ОБЪЕКТЫ И МЕТОДИКА

Для проведения исследований на территории Сыктывдинского района Республики Коми в 2020 г. был подобран участок ельника чернично-зеленомошного. Климат района исследований умеренно-континентальный, умеренно холодный. Среднемесячная температура воздуха в июле составляет +16.6°C, среднегодовая температура — +0.4°C, годовое количество осадков — 514 мм (Атлас почв..., 2010). Исходный участок леса располагался на вершине моренного увала, почвы — подзолистые (Дымов и др., 2022). Исходное сообщество было представлено ельником чернично-зеленомошным, пройденным низовыми пожарами и выборочной рубкой крупных хвойных деревьев около 60 лет назад. Рубка леса была проведена в декабре 2020 года. В качестве экспериментальной машины для закладки волоков с разным числом проездов использовали четырехосный форвардер PONSSE ELEPHANT ERG08W A090626 с общей массой 36 т.

В ходе эксперимента было заложено 9 волоков, каждый протяженностью около 40–50 м. Уровень нагрузки на волоках регулировали количеством проездов форвардера по ним. Было заложено шесть

¹Харвестер — машина, спиливающая и укладывающая древесину. Форвардер — машина, трелюющая древесину.

волоков с тремя проходами (3П), шесть волоков с 10 проходами (10П) и три волока, на которых после 10 проходов форвардера проведено выравнивание колей (удаление подстилки, пней и порубочных остатков). Волока с выравниванием (10Р) закладывали для оценки возможности применения данного мероприятия для увеличения эффективности последующего лесовозобновления.

При выполнении геоботанических описаний использованы методики, которые являются общепринятыми в геоботанике и лесной типологии (Полевая геоботаника, 1964), а также подходы, разработанные в Санкт-Петербургском государственном университете (Ипатов, Мирин, 2008). На исходном ненарушенном участке описания выполняли на пробных площадях (ПП) размером 20×20 м. На вырубке описания растительного покрова делали в течение трех лет (2021–2023 гг.) на постоянных ПП. На пасеках было заложено три ПП размером 5×5 метров. На каждом волоке отдельно описывали межколейные пространства и колеи — по 12 ПП на волоках 3П и 10П. На волоках растительность учитывали методом прохода одного технологического элемента отдельно для межколейных пространств и колей. Таким образом, каждый год выполняли 3 описания на пасеках, по 6 описаний в колеях и межколейных пространствах волоков 3П и по 6 описаний в колеях и межколейных пространствах волоков 10П.

При описании нижних ярусов растительности учитывали характеристики подлеска, травяно-кустарникового яруса (ТКЯ), мохово-лишайникового покрова. При описании подлеска регистрировали видовой состав, отмечали сомкнутость (в десятых долях единицы), высоту яруса и присутствие кустарников (при сомкнутости яруса больше 0.1 указывали обилие видов по шкале Ипатова (табл. 1)). В травяно-кустарниковом ярусе описывали вертикальную и горизонтальную структуру, учитывали видовой состав, отмечали общее проективное покрытие (ОПП) растений. Для учета количественных характеристик видов травяно-кустарникового яруса использовали методику, предложенную В. С. Ипатовым (Ипатов, Мирин, 2008). Степень доминирования вида оценивали непосредственно на всей пробной площади с использованием шкалы господства Ипатова (табл. 1).

С целью определения значимости видов выполнили расчет значений коэффициента участия. Для этого использована формула:

Таблица 1. Шкала оценки участия видов в растительном покрове (Ипатов, 2008)

Показатель	Оценка обилия							
	1	2	3	4	5	6	7	8
Ранг								
Среднее относительное (удельное) покрытие, %	1	2	5	19	33	50	66	83
Амплитуда относительного (удельного) покрытия, %	до 1	2–3	4–11	12–25	26–41	42–57	58–74	≥75

$$K_y = \frac{\sum a}{n} \times \frac{m}{n} \times \frac{1}{8} = \frac{\sum a \times m}{n^2 \times 8},$$

где

K_y — коэффициент участия вида;

m — число встреч вида в совокупности описаний отдельного технологического элемента;

n — число описаний на отдельном технологическом элементе;

a — ранг вида в каждом из описаний.

Для оценки уровня а-разнообразия сосудистых растений на разных техногенных элементах вырубки рассчитали среднее значение показателя числа видов на пробной площади — флористическую насыщенность (Оценка и сохранение..., 2000). При описании напочвенного покрова производили сбор мохобразных и лишайников, регистрировали видовой состав, общее проективное покрытие и степень господства видов с использованием шкалы В. С. Ипатова.

Списки видового состава документированы гербарными сборами, выполненными авторами и хранящимися в гербарии Института биологии Коми НЦ УрО РАН (SYKO). Латинские названия таксонов сосудистых растений и мхов даны по источнику www.plantarium.ru.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Изменения растительных сообществ пасечных участков

Пасечные участки представляют собой пространства между волоками, с которых с помощью манипуляторов харвестера убран древостой. При этом в процессе рубки леса заезд техники непосредственно на площадки не производится, поэтому нижние ярусы растительности на пасечных участках не испытывают сильных механических нарушений. Структурно-функциональные характеристики почвы также не претерпели значительных изменений (Дымов и др., 2022).

За три года сукцессии на пасечных участках сомкнутость кустарникового яруса восстановилась до исходных значений (0.2). Крупные кустарники были уничтожены в процессе рубки, поэтому высота растений на послерубочных участках пасек составляла

на третий год сукцессии 30—40 см. В исходном сообществе доминировал вид *Sorbus aucuparia* (Дымов и др., 2022). После проведенной рубки леса в составе подлеска стал преобладать вид *Rosa acicularis*.

Травяно-кустарничковый ярус на пасечных участках также испытывает меньшие механические нагрузки в процессе рубки леса по сравнению с остальными технологическими элементами. В нашем случае общее видовое разнообразие ТКЯ пасек в первый год после рубки леса снизилось незначительно (с 18 видов на контрольном участке до 16 видов на вырубке). На третий год исследований в составе яруса зарегистрировали 23 вида (табл. 2). Таким образом, подтверждается тенденция увеличения видового

разнообразия сосудистых растений на ранних стадиях послерубочных сукцессий в таежной зоне (Геникова, Крышень, 2018; Лиханова и др., 2021; Широких, 2022). На 1—2-й годы сукцессии видовой состав ТКЯ на пасеках практически не отличался от исходного леса, за исключением, по всей видимости, случайного появления единичных особей сорного вида *Scorzoneroidea autumnalis*. На третий год на участках отмечены такие виды с выраженной конкурентной стратегией (Dalke et al., 2018), как *Cirsium heterophyllum*, *Deschampsia cespitosa*, *Poa pratensis*. Из состава яруса выпал один лесной вид *Gymnocarpium dryopteris* и *Scorzoneroidea autumnalis*, которые присутствовали на пасеках в 1-й и 2-й годы наблюдений.

Таблица 2. Характеристика нижних ярусов растительности на пасечных участках

Год учета	2021			2022			2023		
	Травяно-кустарничковый ярус								
<i>Vaccinium myrtillus</i>	4	6	5	4	4	2	4	1	4
<i>Vaccinium vitis-idaea</i>	6	4	5	4	4	4	4	5	5
<i>Avenella flexuosa</i>	4	3	4	7	7	7	7	7	7
<i>Calamagrostis obtusata</i>	1	1	2	2	2		1	3	
<i>Carex globularis</i>	3	4	3	4	4	4	3	4	4
<i>Luzula pilosa</i>	3	1	2	3	3	3	4	1	3
<i>Melampyrum sylvaticum</i>	3	2	1	3	3	3	2	2	1
<i>Solidago virgaurea</i>	2	1	2	1	3	1	4	1	
<i>Equisetum sylvaticum</i>	1		1	1			3	2	1
<i>Scorzoneroidea autumnalis</i>	1	1							
<i>Linnaea borealis</i>	1	1		1	1	2	2		2
<i>Rubus saxatilis</i>	3	2					4		
<i>Trientalis europaea</i>	1		1	2	1	2	1	1	
<i>Chamaenerion angustifolium</i>			1	1	1	2	—	1	
<i>Gymnocarpium dryopteris</i>	1			1					
<i>Maianthemum bifolium</i>	1			3	1	1	2	2	3
<i>Oxalis acetosella</i>	1			2			1		
<i>Hieracium</i> sp.					1		1		
<i>Rubus arcticus</i>				2	2				1
<i>Vaccinium uliginosum</i>				2			3	3	
<i>Cirsium heterophyllum</i>							1		
<i>Deschampsia cespitosa</i>							2		
<i>Poa pratensis</i>							1		
Общее проективное покрытие, %	15	20	30	60	50	70	70	70	40
Мохово-лишайниковый ярус									
<i>Sphagnum angustifolium</i>	6	5	5	4			5	4	
<i>Polytrichum commune</i>	6	4	4	6	4	4	4	6	6
<i>Hylocomium splendens</i>	4	6	5		6	4	4	4	4
<i>Pleurozium schreberi</i>	4	3	4	4	5	5	6	5	5
<i>Aulacomnium palustre</i>	3	3		4					
<i>Rhytidadelphus subpinnatus</i>	2	2							
<i>Dicranum majus</i>					4	4			4
Общее проективное покрытие, %	35	60	80	40	40	60	80	90	70

Примечание. Ранги обилия видов приведены по шкале Ипатова (Ипатов, Мирин, 2008).

При анализе изменений структурных параметров ТКЯ на пасеках выявлено, что показатель общего проективного покрытия яруса за три года сукцессии стабилизировался на уровне 50–70%, что близко к контрольному значению 80%. В комплексе доминирующих видов ТКЯ в первый год после рубки сохранил свое обилие вид *Vaccinium myrtillus*. Со второго года наблюдается резкое усиление ценотических позиций светолюбивого вида *Avenella flexuosa*, вызванное осветлением сообществ. На третий год сукцессии на площадках наблюдается увеличение обилия *Equisetum sylvaticum* и *Vaccinium uliginosum* — видов, предпочитающих более влажные условия местообитания.

ОПП мохово-лишайникового яруса сразу после рубки леса на пасечных участках снизилось до 40–60% по сравнению с 80% на контрольной ПП. Основные изменения произошли в его составе, где на ведущие позиции вышли виды увлажненных местообитаний (*Sphagnum angustifolium* и *Polytrichum commune*). Ранг мезофитного вида *Hylocomium splendens* снизился с 8 до 4–6. На третий год сукцессии лесные виды постепенно восстанавливают свои ценотические позиции. Обилие *Sphagnum angustifolium* заметно снижается (табл. 2). Эффект временного увеличения увлажнения местообитаний вырубок описан в научной литературе (Крышень, 2006; Уланова, 2006; Лиханова и др., 2021). В нашем случае на пасечных участках вырубки его действие наблюдается как в травяно-кустарниковом, так и в мохово-лишайниковом ярусе, которые отвечают на изменения с разной скоростью. Мохово-лишайниковый ярус реагирует увеличением обилия влаголюбивых видов уже в первый год после рубки леса, в то время как в составе ТКЯ виды-тигрофиты усиливают свои позиции на третий год наблюдений.

Изменения растительных сообществ на межколейных участках волоков

По сравнению с пасечными участками вырубки, где изначально отсутствовали сильные механические нарушения нижних ярусов растительности, на межколейных пространствах волоков кустарниковый, травяно-кустарниковый и мохово-лишайниковый ярусы были в значительной степени трансформированы.

За три года с момента рубки сомкнутость кустарникового яруса, который на межколейных участках был уничтожен лесозаготовительной техникой, увеличилась до 0.2–0.3, высота растений не превышала 30–40 см. В составе преобладает шиповник. В целом на третий год сукцессии состав и структура кустарников на межколейных участках волоков как с тремя, так и с 10 проходами колесной техники схожи с пасеками, что говорит об успешном процессе восстановления яруса.

В травяно-кустарниковом ярусе межколейных участков за три года сукцессии показатель α-разнообразия увеличился с 6–7 до 12–13 видов (табл. 3). Общее проективное покрытие яруса увеличилось с 5–20% до близких к контролю показателей 50–80%. Всего на межколейных участках на третий год сукцессии было отмечено 23 вида ТКЯ. В составе доминирующего комплекса видов аналогично пасекам произошло резкое увеличение обилия *Avenella flexuosa*. Заметно увеличивается ценотическая значимость *Carex globularis*, *Calamagrostis purpurea*, *Chamaenerion angustifolium*, *Luzula pilosa*. Отмечены виды, которые отсутствовали на исходном участке, при этом состав этих видов различается на волоках с разной степенью техногенной нагрузки. Виды, которые появляются на волоках 3П (*Cirsium heterophyllum*, *Orthilia secunda*, *Rubus arcticus*, *Vaccinium uliginosum*), являются широко распространенными в естественных растительных сообществах таежной зоны. На более нарушенных волоках 10П появляются виды с более узкой фитоценотической приуроченностью и выраженной рудеральной компонентой (Дегтева, Новаковский, 2012): *Deschampsia cespitosa*, *Cirsium oleraceum*, *Scorzoneroidea autumnalis*.

Мохово-лишайниковый ярус межколейных пространств был сильно поврежден в результате проведенной рубки леса. В первый год после рубки ОПП яруса не превышало 10–15%. На третий год сукцессии ОПП мохово-лишайникового покрова на волоках 3П составляло в среднем 60–80%, что свидетельствует о его восстановлении до уровня исходных сообществ. На волоках с большим уровнем техногенной нагрузки (10П) мохово-лишайниковый покров восстанавливался медленнее. На третий год сукцессии его ОПП составляло в среднем 30–50%. Произошла смена доминантов яруса — *Polytrichum commune* уступил место *Pleurozium schreberi*. Тенденция “тигрофитизации” напочвенного покрова межколейных пространств волоков, отмеченная нами в первый год сукцессии, замедлилась на второй год исследований, о чем свидетельствовало снижение обилия *Sphagnum angustifolium*, которое продолжилось и на третий год наблюдений.

В целом, анализируя изменения растительных сообществ межколейных участков, можно отметить, что общие тенденции восстановления растительности на данном элементе вырубки (резкое увеличение обилия луговика, сравнительно быстрое восстановление ОПП нижних ярусов растительности) совпадают с пасеками. Различия между участками с разным уровнем нагрузки (3П и 10П) проявляются как в травяно-кустарниковом, так и в мохово-лишайниковом ярусях.

Таблица 3. Характеристики травяно-кустарничкового яруса участков межколейных пространств волоков

Технологический элемент вырубки	Межколейное пространство 3 проезда			Межколейное пространство 10 проездов		
	2021	2022	2023	2021	2022	2023
Год учета						
<i>Luzula pilosa</i>	0.139	0.226	0.375	0.156	0.438	0.5
<i>Melampyrum sylvaticum</i>	0.688	0.313	0.056	0.729	0.097	0.208
<i>Avenella flexuosa</i>	0.028	0.813	0.792	0.052	0.75	0.75
<i>Carex globularis</i>	0.125	0.479	0.500	0.021	0.049	0.194
<i>Vaccinium myrtillus</i>	0.181	0.111	0.111	0.01		0.194
<i>Vaccinium vitis-idaea</i>	0.417	0.396	0.458		0.191	0.333
<i>Chamaenerion angustifolium</i>		0.260	0.333	0.01	0.438	0.083
<i>Calamagrostis purpurea</i>		0.278	0.208	0.014	0.177	
<i>Calamagrostis epigeios</i>			0.139			0.222
<i>Equisetum sylvaticum</i>	0.031	0.003	0.139	0.052	0.115	0.028
<i>Solidago virgaurea</i>	0.021	0.073	0.139	0.052	0.097	0.111
<i>Maianthemum bifolium</i>	0.003	0.042	0.014	0.042	0.104	0.167
<i>Rubus saxatilis</i>	0.007		0.014	0.042	0.056	0.458
<i>Calamagrostis obtusata</i>	0.069	0.007		0.049	0.003	0.083
<i>Linnaea borealis</i>	0.003	0.087	0.028		0.003	0.083
<i>Trientalis europaea</i>	0.021	0.042		0.014	0.003	0.083
<i>Angelica sylvestris</i>			0.014	0.007	0.014	
<i>Cirsium oleraceum</i>					0.003	0.014
<i>Deschampsia cespitosa</i>					0.042	0.056
<i>Scorzoneroidea autumnalis</i>					0.007	0.083
<i>Platanthera bifolia</i>			0.014		0.003	
<i>Cirsium heterophyllum</i>			0.014			
<i>Rubus arcticus</i>			0.056			
<i>Vaccinium uliginosum</i>			0.056			
<i>Orthilia secunda</i>			0.014			
<i>Epilobium palustre</i>					0.014	
<i>Geranium sylvaticum</i>					0.003	
<i>Oxalis acetosella</i>					0.01	
<i>Melampyrum pratense</i>						0.028
Общее проективное покрытие, %	10–20	50–70	50–80	5–20	40–70	65–80
Среднее число видов	6	10	12	7	10	13
Стандартная ошибка среднего	0.40	0.79	2.33	0.7	1.15	2.08

Примечание. Для видов приведены коэффициенты участия (Ку) по Ипатову (Ипатов, Мирин, 2008). Серым выделены значения Ку больше 0.1.

Изменения растительных сообществ в колеях волоков

Колейные пространства волоков являются наиболее нарушенными элементами исследуемой вырубки (Дымов и др., 2022). В первый год после рубки на участках 3П подстилка была уплотнена, однако почвенный профиль не претерпел значительных изменений. На колеях 10П подстилка отсутствовала, поскольку была перемешана с верхним элювиальным горизонтом, претерпевшим наибольшие изменения морфологической структуры в профиле почв, в результате чего произошло формирование в верхней части почвенного профиля на глубинах 0–15 см

турбированного горизонта TUR cwd. Большая часть растительности в колеях была механически уничтожена, что оказало существенное влияние на темпы восстановления растительных сообществ.

В отличие от пасечных и межколейных участков, на которых со второго года сукцессии шло довольно активное восстановление кустарников, в колеях этот ярус через три года после рубки леса был представлен единичными растениями шиповника, рябины и ивы. В травяно-кустарничковом ярусе (табл. 4) в колеях наблюдается наиболее резкий рост числа видов: 1-й год — 10 видов, 2-й год — 33 вида, 3-й год — 38 видов. При этом 11 видов были отмечены единично в один

Таблица 4. Характеристики травяно-кустарничкового яруса участков колей на волоках

Технологический элемент вырубки	Колея 3 проезда			Колея 10 проездов		
	2021	2022	2023	2021	2022	2023
Год учета						
<i>Avenella flexuosa</i>	0.056	0.688	0.667		0.667	0.222
<i>Carex globularis</i>	0.306	0.542	0.750		0.469	0.542
<i>Luzula pilosa</i>		0.417	0.250	0.021	0.437	0.458
<i>Trifentalis europaea</i>	0.278	0.056		0.208	0.087	0.014
<i>Calamagrostis purpurea</i>		0.194	0.250		0.104	0.194
<i>Chamaenerion angustifolium</i>		0.382	0.375		0.365	0.042
<i>Epilobium palustre</i>		0.069	0.014		0.187	0.333
<i>Equisetum sylvaticum</i>		0.069	0.083		0.174	0.042
<i>Rubus saxatilis</i>		0.007		0.083	0.014	0.25
<i>Equisetum pratense</i>		0.003			0.007	0.25
<i>Scorzoneroïdes autumnalis</i>		0.003	0.028			0.125
<i>Calamagrostis epigeios</i>			0.111			0.056
<i>Juncus bufonius</i>						0.167
<i>Melampyrum sylvaticum</i>	0.097	0.003	0.028	0.021	0.014	0.028
<i>Solidago virgaurea</i>	0.049	0.028	0.014	0.083	0.014	0.056
<i>Maianthemum bifolium</i>	0.035	0.056	0.111		0.003	
<i>Vaccinium vitis-idaea</i>	0.007	0.052	0.167		0.003	
<i>Oxalis acetosella</i>		0.003	0.000		0.007	
<i>Calamagrostis obtusata</i>	0.035					0.014
<i>Vaccinium uliginosum</i>		0.007	0.042			
<i>Juncus filiformis</i>		0.003			0.003	
<i>Carex cespitosa</i>			0.042			0.042
<i>Agrostis tenuis</i>					0.01	0.056
<i>Angelica sylvestris</i>					0.01	0.014
<i>Carex brunnescens</i>					0.007	0.028
<i>Deschampsia cespitosa</i>					0.035	0.056
<i>Platanthera bifolia</i>					0.014	0.014
<i>Tussilago farfara</i>		0.003				
<i>Vaccinium myrtillus</i>		0.003				
<i>Vicia cracca</i>		0.042				
<i>Rubus arcticus</i>			0.014			
<i>Artemisia vulgaris</i>					0.01	
<i>Dryopteris carthusiana</i>					0.003	
<i>Fragaria vesca</i>					0.007	
<i>Luzula multiflora</i>					0.007	
<i>Poa pratensis</i>					0.003	
<i>Ranunculus propinquus</i>						0.014
<i>Typha latifolia</i>						0.056
Общее проективное покрытие, %	0—3	10—40	40—65	0—1	3—15	30—60
Среднее число видов	3	10	10	2	11	13
Стандартная ошибка	0.6	0.98	1.20	0.34	0.81	1.86

Примечание. Для видов приведены коэффициенты участия (Ку) по Ипатову (Ипатов, Мирин, 2008). Серым выделены значения Ку больше 0.1.

из годов наблюдений. По всей видимости, их появление является результатом случайного заноса семян и говорит о продолжающихся процессах активного формирования видового состава сообществ данного технологического элемента вырубки.

ОПП травяно-кустарничкового яруса за три года увеличилось с 0—3% до 40—65%. При этом на третий год сукцессии данный показатель составлял 40—65% на волоках 3П и 30—60% на волоках 10П. Как и на остальных техногенных участках вырубки,

на лидирующие позиции выходят светолюбивые виды: *Avenella flexuosa*, *Carex globularis*, *Calamagrostis purpurea*. Важно отметить, что на более нарушенных волоках 10П к списку доминирующих видов добавляются виды переувлажненных местообитаний (*Epilobium palustre*, *Equisetum pratense*) и представитель группы сорно-рудеральных видов *Juncus bufonius* (табл. 4). Это может свидетельствовать о значительных изменениях видового и функционального состава ТКЯ в данном типе местообитаний при повышенном уровне нагрузки в процессе рубки леса.

ОПП мохово-лишайникового яруса в колеях волоков в первый год после рубки не превышало 3—5%. На третий год сукцессии мхи покрывали 30—50% поверхности почвы. Если на пасеках и межколейных пространствах отмечается постепенное восстановление обилия *Pleurozium schreberi*, то в волоках на третий год сукцессии сохраняется явное доминирование *Polytrichum commune*. Различия в проективном покрытии яруса между волоками 3П и 10П на третий год исследований нивелировались, однако общее состояние напочвенного покрова можно охарактеризовать как угнетенное.

Растительность волоков, на которых было проведено выравнивание колей

На трех волоках с десятью проходами форвардера было проведено выравнивание колей, удаление подстилки, пней и порубочных остатков бульдозером. Серию волоков 10Р проводили для оценки возможности применения данных мероприятий для успешности последующего лесовозобновления. На данном типе техногенных местообитаний возобновление растительного покрова началось на третий год восстановительной сукцессии, в 1—2 годы площадки представляли собой участки голого грунта. На третий год сукцессии подлесок был представлен единичными кустарниками шиповника и ивы.

В составе травяно-кустарничкового яруса отмечено 36 видов растений (табл. 5). ОПП яруса — 25—60%. Травяной покров очень мозаичен, что, наряду с высоким уровнем видового разнообразия, может свидетельствовать о во многом случайном характере формирования данных растительных группировок на данном этапе сукцессии. Тем не менее состав доминирующих видов (*Calamagrostis obtusata*, *Carex globularis*, *Chamaenerion angustifolium*) отчасти совпадает с остальными участками вырубки. На некоторых участках отмечен рогоз (*Typha latifolia*) — земноводное растение, характерное для берегов водоемов и каналов, что говорит о наличии застойного увлажнения. ОПП мохово-лишайникового яруса — 5—20%, т. е. напочвенный покров находится на начальной стадии формирования. Участки обнаженного грунта заселяются *Polytrichum commune*. В целом на данном этапе эксперимента можно сделать вывод о слабой эффективности выравнивания колей бульдозером. Удаление подстилки без проведения дополнительных

рекультивационных приемов (внесение удобрений, высадка саженцев деревьев) привело к сильному замедлению темпов восстановления растительности и развитию процессов заболачивания.

Таблица 5. Характеристики растительного покрова волоков с выравниванием колей (10Р) на третий год после рубки леса

Пробная площадь	1	2	3
<i>Calamagrostis obtusata</i>	4	3	4
<i>Carex globularis</i>	4	6	4
<i>Chamaenerion angustifolium</i>	2	4	5
<i>Epilobium palustre</i>	4	5	6
<i>Equisetum pratense</i>	1	1	2
<i>Rubus saxatilis</i>	3	3	4
<i>Scorzonerooides autumnalis</i>	2	1	3
<i>Carex brunescens</i>	3	3	
<i>Deschampsia cespitosa</i>	3	2	
<i>Geranium pratense</i>	1	1	
<i>Luzula multiflora</i>	2	3	
<i>Maianthemum bifolium</i>	1	1	
<i>Ranunculus propinquus</i>	4	1	
<i>Typha latifolia</i>	3	3	
<i>Agrostis tenuis</i>	4		2
<i>Juncus filiformis</i>	1		1
<i>Solidago virgaurea</i>	1		1
<i>Trientalis europaea</i>	1		3
<i>Tussilago farfara</i>	1		1
<i>Avenella flexuosa</i>		1	4
<i>Hieracium vulgatum</i>		1	1
<i>Luzula pilosa</i>		4	4
<i>Trifolium repens</i>	1		
<i>Angelica sylvestris</i>	1		
<i>Calamagrostis purpurea</i>	5		
<i>Carex canescens</i>	2		
<i>Cirsium heterophyllum</i>	3		
<i>Galium boreale</i>	1		
<i>Juncus trifidus</i>	2		
<i>Lathyrus pratensis</i>	4		
<i>Melampyrum sylvaticum</i>	1		
<i>Poa annua</i>	2		
<i>Rubus arcticus</i>	2		
<i>Vicia sepium</i>	1		
<i>Juncus bufonius</i>		2	
<i>Matricaria discoidea</i>			1
Общее проективное покрытие травяно-кустарничкового яруса, %	60	25	25
число видов	31	18	16

Примечание. Ранги обилия видов приведены по шкале Ипатова (Ипатов, Мирин, 2008).

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Исследования изменений растительных сообществ в первые годы после проведенной рубки ельника чернично-зеленомошного показали, что на разных технологических элементах вырубки (пасечные участки, межколейные пространства на волоках, колеи на волоках, волока с выравниванием колей) наблюдается разная скорость восстановления нижних ярусов растительности. На пасеках за три года после проведенной рубки леса сформировался относительно сомкнутый кустарниковый ярус. Покрытие травяно-кустарникового яруса восстановилось до исходных значений. При этом в составе сообществ произошли значительные изменения — ведущие позиции заняли светолюбивые виды, в первую очередь *Avenella flexuosa*. Мохово-лишайниковый покров не был нарушен в процессе рубки, однако резкие изменения экологических условий привели к значительному сокращению видового разнообразия мхов, уровень которого на третий год сукцессии остается крайне низким — более чем в два раза ниже, чем в исходном сообществе.

Участки межколейных пространств волоков можно рассматривать как переходные местообитания со средней и сильной степенью нарушенности нижних ярусов растительности. Сомкнутость кустарников за три года достигла 0,2–0,3, однако высота растений не превышает 30–40 см. Покрытие травяно-кустарникового яруса достигло 50–80%. В составе доминирующих видов межколейных пространств волоков аналогично пасекам произошло резкое увеличение обилия *Avenella flexuosa*. В колеях на волоках за три года сукцессии видовое разнообразие сосудистых растений увеличилось с 10 до 38 видов. Это говорит о продолжающихся процессах активного формирования видового состава сообществ данного технологического элемента вырубки.

На волоках, как в колеях, так и на межколейных пространствах, наблюдаются различия в составе растительных сообществ между участками с разным уровнем техногенной нагрузки, которые в первую очередь выражаются в усилении ценотических позиций сорных видов и видов-гигрофитов на участках с десятью проходами лесозаготовительной техники.

На волоках с выравниванием колей возобновление растительного покрова началось на третий год восстановительной сукцессии, в 1–2-й годы площадки представляли собой участки голого грунта с единичными особями растений. На третий год сукцессии травяно-кустарниковый ярус очень мозаичен, есть признаки заболачивания. Мохово-лишайниковый покров находится на начальной стадии формирования и представляет собой небольшие участки, застраивающие *Polytrichum ciliatum*.

На данном этапе исследований можно сформулировать две практические рекомендации по организации лесозаготовительных работ по скандинавскому

методу: 1) необходимо ограничивать число проходов лесозаготовительной техники по одному участку (в нашем случае не более 10 проходов в условиях подзолистых почв средней тайги); 2) проведение разравнивания колей на волоках без дополнительных мер рекультивации представляется нецелесообразным.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Атлас почв Республики Коми / Под ред. Г.В. Доброльского, А.И. Таскаева, И.В. Забоевой. Сыктывкар: Коми республиканская типография, 2010. 356 с.
- Атлас Республики Коми. М.: Феория, 2011. 448 с.
- Бурова Н.В., Торбик Д.Н., Феклистов П.А. Изменение флористического разнообразия после выборочных рубок в ельниках черничных // Лесной вестник. 2010. № 5. С. 49–52.
- Геникова Н.В., Гнатюк Е.П., Крышень А.М., Рыжкова Н.И. Формирование состава растительных сообществ в условиях антропогенно фрагментированного ландшафта у границы южной и средней тайги // Труды КарНЦ РАН. Сер. Биогеография. 2014. № 2. С. 27–35.
- Геникова Н.В., Крышень А.М. Динамика напочвенного покрова северотаежного ельника черничного в первые год после рубки // Ботанический журнал. 2018. Т. 103. № 3. С. 364–381.
- Геникова Н.В., Торопова Е.В., Крышень А.М. Реакция видов напочвенного покрова ельника черничного на рубку древостоя // Труды КарНЦ РАН. Сер. Экологические исследования. 2016. № 4. С. 92–99. <http://dx.doi.org/10.17076/eco292>
- Дегтева С.В., Железнова Г.В., Пыстиня Т.Н., Шубина Т.П. Ценотическая и флористическая структура лиственных лесов европейского Севера. СПб.: Наука, 2001. 269 с.
- Дегтева С.В., Новаковский А.Б. Эколого-ценотические группы сосудистых растений в фитоценозах ландшафтов бассейна верхней и средней Печоры. Екатеринбург, 2012. 179 с.
- Долгая В.А., Бахмет О.Н. Свойства лесных подстилок на ранних этапах естественного лесовозобновления после сплошных рубок в средней тайге Карелии // Лесоведение. 2021. № 1. С. 65–77. <https://doi.org/10.31857/S0024114821010022>
- Дымов А.А. Влияние сплошных рубок в boreальных лесах России на почвы (обзор) // Почвоведение. 2017. № 7. С. 787–798. <https://doi.org/10.7868/S0032180X17070024>
- Дымов А.А. Почвы механически нарушенных участков лесосек средней тайги Республики Коми // Лесоведение. 2018. № 2. С. 130–142. <https://doi.org/10.7868/S0024114818020055>
- Дымов А.А., Старцев В.В., Горбач Н.М., Севергина Д.А., Кутягин И.Н., Осипов А.Ф., Дубровский Ю.А. Изменения почв и растительности при разном числе проездов

- колесной лесозаготовительной техники (средняя тайга, Республика Коми) // Почвоведение. 2022. № 11. С. 1426–1441.
<https://doi.org/10.31857/S0032180X22110028>
- Ипатов В.С., Мирин Д.М.* Описание фитоценоза. Методические рекомендации. Учебно-методическое пособие. СПб., 2008. 71 с.
- Крышень А.М.* Растительные сообщества вырубок Карелии. М.: Наука, 2006. 262 с.
- Ларин Б.В.* Смена древесных пород на Севере: Докл. на заседании Коми НЦ УрО АН СССР. Сыктывкар: УрО АН СССР, 1987. Вып. 174. 17 с.
- Лиханова И.А., Генрих Э.А., Перминова Е.М., Железнова Г.В., Холопов Ю.В., Лаптева Е.М.* Влияние сплошнолесосечных рубок на биоразнообразие среднетаежных ельников черничных Северо-Востока европейской части России // Теоретическая и прикладная экология. 2023. № 2. С. 56–65.
<https://www.doi.org/10.25750/1995-4301-2023-2-056-065>
- Лиханова И.А., Перминова Е.М., Шушпанникова Г.С., Железнова Г.В., Пыстрина Т.Н., Холопов Ю.В.* Динамика растительности после сплошнолесосечных рубок ельников черничных (среднетаежная подзона европейского северо-востока России) // Растительность России. 2021. № 40. С. 108–136.
- Медведева М.В., Ананьев В.А., Яковлев А.С.* Влияние лесозаготовительной техники на биологическую активность почв Карелии // Экология и промышленность России. 2015. Т. 19. № 9. С. 42–48.
<https://doi.org/10.18412/1816-0395-2015-9-42-48>
- Осипов А.Ф., Старцев В.В., Дымов А.А.* Влияние сплошной рубки на эмиссию CO₂ с поверхности подзолистой почвы среднетаежного хвойно-лиственного насаждения (Республика Коми) // Почвоведение. 2024. № 5. С. 728–738.
- Оценка и сохранение биоразнообразия лесного покрова в заповедниках Европейской России / Под ред. Л.Б. Заугольновой. М.: Научный мир, 2000. 196 с.
- Паутов Ю.А., Ильчуков С.В.* Пространственная структура производных насаждений на сплошных концентрированных вырубках в Республике Коми // Лесоведение. 2001. № 2. С. 27–32.
- Плантариум. Растения и лишайники России и сопредельных стран: открытый онлайн атлас и определитель растений. 2007–2024 [Электронный ресурс].
<https://www.planarium.ru/> (дата обращения: 14.10.2024).
- Полевая геоботаника / Под ред. Е.М. Лавренко, А.А. Корчагина. Т. III. М.-Л.: Наука, 1964. 530 с.
- Приказ Федерального агентства лесного хозяйства (Рослесхоз) “Об утверждении Правил заготовки древесины” № 337 от 1 августа 2011 г. М., 2011.
- Сукачев В.Н.* Динамика лесных биогеоценозов // Основы лесной биогеоценологии. М.: Наука, 1964. С. 458–486.
- Уланова Н.Г.* Восстановительная динамика растительности сплошных вырубок и массовых ветровалов в ельниках южной тайги (на примере европейской части России): автореф. дис. ... докт. биол. наук: 03.00.05. М., 2006. 48 с.
- Уланова Н.Г.* Сравнительный анализ динамики растительности разновозрастного ельника-кисличника, массового ветровала и сплошной вырубки в том же типе леса. Бюллетьнь МОИП. 2004. Т. 109. № 6. С. 64–72.
- Широких П.С., Мартыненко В.Б., Башева Э.З., Бикбаев И.Г.* Динамика растительности вырубок Южно-Уральского региона: основные итоги исследований Уфимской геоботанической школы // Фиторазнообразие Восточной Европы. 2018. Т. 12. № 3. С. 17–30.
- Широких П.С.* Вторичные автогенные сукцессии на вырубках и залежах Южно-Уральского региона как основа прогноза естественного восстановления и организации мониторинга лесных экосистем: дис. ... докт. биол. наук: 1.5.9. Уфа, 2022. 627 с.
- Dalke I.V., Novakovskiy A.B., Maslova S.P., Dubrovskiy Y.A.* Morphological and functional traits of herbaceous plants with different functional types in the European Northeast // Plant Ecology. 2018. V. 219. № 11. P. 1295–1305.
<https://doi.org/10.1007/s11258-018-0879-2>
- MacDonald R.L., Chen H.Y.H., Bartels S.F., Palik B.J., Prepas E.E.* Compositional stability of boreal understorey vegetation after overstorey harvesting across a riparian ecotone // Journal of Vegetation Science. 2015. V. 26. № 4. P. 733–741.
- Lawson S.M., Brockerhoff E.G., Norton D.A., Didham R.K.* Clear-fell harvest impacts on biodiversity: past research and the search for harvest size thresholds // Canadian Journal of Forest Research. 2006. V. 36. № 4. P. 1035–1046.
- Vanha-Majamaa I., Shorohova E., Kushnevskay H., Jalonen J.* Resilience of understory vegetation after variable retention felling in boreal Norway spruce forests – a ten-year perspective // Forest Ecology and Management. 2017. V. 393. P. 12–28.

Changes in Composition and Structure of the Lower Storeys Vegetation on Cutting Areas with Varying Degree of Technogenic Stress in the Middle Taiga of the Komi Republic

Yu. A. Dubrovskiy¹, *, V. V. Startsev¹

¹ Institute of Biology, Komi Scientific Centre, Ural Branch of the RAS, Kommunisticheskaya st., 28, Syktyvkar 167982 Russia

*E-mail: dubrovsky@ib.komisc.ru

Logging is one of the main factors changing boreal forests in the European part of the Russian Federation. The task of assessing the vegetation's restoration during the initial stages of post-logging successions is complicated by the presence of heterogeneous areas with varying degrees of technogenic stress and disturbance of the lower vegetation layers in each clearing. The objective of this work is to assess the nature of changes in the composition and structure of the lower vegetation storeys in areas with varying degrees of technogenic stress during the early stage of restoration succession (1–3 years) after experimental logging of bilberry-green moss spruce forest in the middle taiga of the Komi Republic. During the experiment, three forest swaths and six skid roads with different levels of technogenic stress, which were determined by the number of passes of wheeled vehicles, were examined. Track alignment was carried out on three skid roads. Geobotanical descriptions were being made for each technological element of the clearing over a period of three years. In the swaths and skid roads, the projective cover of the main storeys was restored to the initial values within three years after the logging, but significant changes occurred in the composition of the dominant species' complex. The leading positions were occupied by light-loving species, primarily *Avenella flexuosa*. In the skid roads with track alignment, the restoration of the vegetation cover began in the third year of the restoration succession, and the vegetation is very mosaic, which, along with the high level of species diversity, may indicate a random nature of these plant groups' formation at this stage of succession. Our results indicate that the level of technogenic stress during logging affects the rate of subsequent restoration of the lower storeys vegetation. In the skid roads, both in the tracks and in the spaces between the tracks, areas with three and ten passages differed in the composition and structure of plant communities. This was primarily demonstrated by the strengthening of the cenotic positions of weed species and hygrophyte species in the more disturbed areas. Straightening of the skid roads' tracks without additional reclamation techniques has led to a slowdown in the process of vegetation restoration.

Keywords: logging, boreal forests, spruce forest, bilberry-green-moss spruce forest, track alignment, vascular plants diversity, post-logging succession.

Acknowledgements: The work has been carried out within the framework of the RSF grant № 23-74-10007 “Changes in soils and carbon cycle elements over the course of a restoration succession after a clear cut in the middle taiga of the European North of the Russian Federation”, <https://rscf.ru/project/23-74-10007/>.

REFERENCES

- Atlas pochv Respubliki Komi* (Soil atlas of the Komi Republic), Syktyvkar: Izd-vo IB Komi NTs UrO RAN, 2010, 356 p.
- Atlas Respubliki Komi*, (Atlas of the Komi Republic), Moscow: Feoriya, 2011, 448 p.
- Burova N.V., Torbik D.N., Feklistov P.A., Izmenenie floristicheskogo raznoobraziya posle vyborochnykh rubok v el'nikakh chernichnykh (Change of a floristic diversity after selective fellings in fir groves bilberry), *Lesnoi vestnik*, 2010, No. 5, pp. 49–52.
- Dalke I.V., Novakovskiy A.B., Maslova S.P., Dubrovskiy Y.A., Morphological and functional traits of herbaceous plants with different functional types in the European Northeast, *Plant Ecology*, 2018, Vol. 219, No. 11, pp. 1295–1305. available at: <https://doi.org/10.1007/s11258-018-0879-2>
- Degteva S.V., Novakovskii A.B., *Ekologo-tsenoticheskie gruppy sosudistykh rastenii v fitotsenozakh landshaftov basseina verkhnei i srednei Pechory* (Ecological and coenotic groups of vascular plants in phytocoenoses of landscapes of the upper and middle Pechora basin), Yekaterinburg, 2012, 179 p.
- Degteva S.V., *Tsenoticheskaya i floristicheskaya struktura listvennykh lesov evropeiskogo Severa* (Coenotic and floristic structure of the leaved forests of the European North), Saint-Petersburg: Nauka, 2001, 269 p.
- Dolgaya V.A., Bakhmet O.N., Svoistva lesnykh podstielok na rannikh etapakh estestvennogo lesovozobnovleniya posle sploshnykh rubok v srednei taige Karelii (Forest litter layer properties on the early stages of natural regrowth

- after clear cuts in Karelian middle taiga), *Lesovedenie*, 2021, No. 1, pp. 65–77.
<https://doi.org/10.31857/S0024114821010022>
- Dymov A.A., Pochvy mekhanicheski narushennykh uchastkov lesosek srednei taigi Respubliki Komi (Soils of mechanically disturbed sites at cuttings in middle taiga in the Republic of Komi), *Lesovedenie*, 2018, No. 2, pp. 130–142.
<https://doi.org/10.7868/S0024114818020055>
- Dymov A.A., Startsev V.V., Gorbach N.M., Severgina D.A., Kutyavin I.N., Osipov A.F., Yu.A. D., Changes in soil and vegetation with different number of passes of wheeled forestry equipment (middle taiga, Komi Republic), *Eurasian Soil Science*, 2022, Vol. 55, No. 11, pp. 1633–1646.
- Dymov A.A., The impact of clearcutting in boreal forests of Russia on soils: A review, *Eurasian Soil Science*, 2017, Vol. 50, No. 7, pp. 780–790.
- Genikova N.V., Gnatyuk E.P., Kryshen' A.M., Ryzhko-va N.I., Formirovanie sostava rastitel'nykh soobshchestv v usloviyakh antropogenno fragmentirovannogo landshafta u granitsy yuzhnoi i srednei taigi (Formation of the composition of plant communities in an anthropogenically fragmented landscape at the Southern/Middle taiga interface), *Trudy KarNTs RAN. Ser. Biogeografiya*, 2014, No. 2, pp. 27–35.
- Genikova N.V., Kryshen' A.M., Dinamika napochvenno- go pokrova severotaezhnogo el'nika chernichnogo v pervye god posle rubki (Dynamics of ground cover in Piceetum mytillosum in northern taiga during the first years after clear-cutting), *Botanicheskii zhurnal*, 2018, Vol. 103, No. 3, pp. 364–381.
- Genikova N.V., Toropova E.V., Kryshen' A.M., Reaktsiya vidov napochvennogo pokrova el'nika chernichnogo na rubku drevostoya (The response of species in the ground cover of a bilberry type spruce stand to logging), *Trudy KarNTs RAN. Ser. Ekologicheskie issledovaniya*, 2016, No. 4, pp. 92–99.
<http://dx.doi.org/10.17076/eco292>
- Ipatov V.S., Mirin D.M., *Opisanie fitotsenoza. Metodicheskie rekomendatsii* (Phytocoenosis description: technical guidance), Saint-Petersburg: Izd-vo SPbGU, 2008, 70 p.
- Kryshen' A.M., *Rastitel'nye soobshchestva vyrubok Karelii* (Plant communities of deforested areas in Karelia), Moscow: Nauka, 2006, 262 p.
- Larin B.V., Smena drevesnykh porod na Severe (Change of tree species in the North), Syktyvkar, Reports of the meeting of the Komi Scientific Center of the Ural Branch of the USSR Academy of Sciences, Syktyvkar: UrO AN SSSR, Vol. 174, 17 p.
- Likhanova I.A., Genrikh E.A., Perminova E.M., Zhelezno-va G.V., Kholopov Y.V., Lapteva E.M., Vliyanie sploshnolesosechnykh rubok na bioraznoobrazie srednetaezhnykh el'nikov chernichnykh Severo-Vostoka evropeiskoi chasti Rossii (The effects of clear cutting on the biodiversity of middle taiga blueberry spruce forests in the North-East of European Russia), *Teoreticheskaya i prikladnaya ekologiya*, 2023, No. 2, pp. 56–65.
<https://www.doi.org/10.25750/1995-4301-2023-2-056-065>
- Likhanova I.A., Perminova E.M., Shushpannikova G.S., Zheleznova G.V., Pystina T.N., Kholopov Y.V., Dinamika rastitel'nosti posle sploshnolesosechnykh rubok el'nikov chernichnykh (srednetaezhnaya podzona evropeiskogo severo-vostoka Rossii) (Vegetation dynamics after clear-cutting of blueberry spruce forests (middle taiga subzone of the European north-east of Russia)), *Rastitel'nost' Rossii*, 2021, No. 40, pp. 108–136.
- MacDonald R.L., Chen H.Y.H., Bartels S.F., Palik B.J., Prepas E.E., Compositional stability of boreal understorey vegetation after overstorey harvesting across a riparian ecotone, *Journal of Vegetation Science*, 2015, Vol. 26, No. 4, pp. 733–741.
- Medvedeva M.V., Anan'ev V.A., Yakovlev A.S., Vliyanie lesozagotovitel'noi tekhniki na biologicheskuyu aktivnost' pochv Karelii (Influence of Harvesters on the Biological Activity of Karelian Soils), *Ekologiya i promyshlennost' Rossii*, 2015, Vol. 19, No. 9, pp. 42–48.
- Osipov A.F., Startsev V.V., Dymov A.A., Vliyanie sploshnoi rubki na emissiyu CO₂ s poverkhnosti podzolistoi pochvy srednetaezhnogo khvoino-listvennogo nasazhdeniya (Respublika Komi) (Influence of Clear Felling on CO₂ Emission from the Podzolic Soil Surface of the Coniferous-Deciduous Forest (Middle Taiga, Komi Republic)), *Pochvovedenie*, 2024, No. 5, pp. 728–738.
- Otsenka i sokhranenie bioraznoobraziya lesnogo pokrova v zapovednikakh Evropeiskoi Rossii, (Assessment and conservation of forest cover biodiversity in nature reserves of European Russia), Moscow: Nauchnyi mir, 2000, 196 p.
- Pautov Y.A., Il'chukov S.V., Prostranstvennaya struktura proizvodnykh nasazhdennii na sploshnykh kontsentrirovannykh vyrubkakh v Respublike Komi (Spatial structure of secondary forests in condensed cutting areas in the Republic of Komi), *Lesovedenie*, 2001, No. 2, pp. 27–32.
- Pawson S.M., Brockerhoff E.G., Norton D.A., Didham R.K., Clear-fell harvest impacts on biodiversity: past research and the search for harvest size thresholds, *Canadian Journal of Forest Research*, 2006, Vol. 36, No. 4, pp. 1035–1046.
- Plantarium. Rasteniya i lishainiki Rossii i sopredel'nykh stran: otkrytyi onlain atlas i opredelitel' rastenii, (Plantarium. Plants and lichens of Russia and neighboring countries: open online galleries and plant identification guide.), available at: <https://www.plantarum.ru/> (October 14, 2024).
- Polevaya geobotanika (Field geobotany), Moscow-Lenin-grad: Nauka, 1964, Vol. 3, 530 p.
- Rossiiskaya gazeta, 2012, 20 January.
- Shirokikh P.S., Martynenko V.B., Baisheva E.Z., Bikbaev I.G., Dinamika rastitel'nosti vyrubok Yuzhno-Ural'skogo regiona: osnovnye itogi issledovanii Ufimskoi geobotanicheskoi shkoly (Vegetation dynamics on felling in the Southern Ural region: main results of studies of the Ufa geobotanical school), *Fitoraznoobrazie Vostochnoi Evropy*, 2018, Vol. 12, No. 3, pp. 17–30.
- Shirokikh P.S., Vtorichnye avtogennye suktsessii na vyrubkakh i zalezakh Yuzhno-Ural'skogo regiona kak osnova

prognoza estestvennogo vosstanovleniya i organizatsii monitoringa lesnykh ekosistem. Diss. dokt. biol. nauk (Secondary autogenous successions in clearings and fallow lands of the South Ural region as a basis for forecasting natural restoration and organizing monitoring of forest ecosystems. Doctor's biol. sci. thesis), Ufa, 2022, 627 p.

Sukachev V.N., *Dinamika lesnykh biogeotsenozov* (Dynamics of forest biogeocenoses), In: *Osnovy lesnoi biogeotsenologii* (Fundamentals of forest biogeocenology), Moscow: Nauka, 1964, pp. 458–486.

Ulanova N.G., *Sravnitel'nyi analiz dinamiki rastitel'nosti raznovozrastnogo el'nika-kisluchnika, massovogo vetrovala i sploshnoi vyrubki v tom zhe tipe lesa* (Comparative analysis of vegetation dynamics in uneven-aged spruce Oxydys-type forest, catastrophic windthrow and clear-cutting

areas in the same forest type), *Byulleten' MOIP*, 2004, Vol. 109, No. 6, pp. 64–72.

Ulanova N.G., *Vosstanovitel'naya dinamika rastitel'nosti sploshnykh vyrubok i massovykh vetrovalov v el'nikakh yuzhnoi taigi (na primere evropeiskoi chasti Rossii)*. Avtoref. diss. dokt. biol. nauk (Restorative dynamics of vegetation of clear-cut areas and massive windfalls in spruce forests of the southern taiga (case study of European part of Russia). Extended abstract of Doctor's biol. sci. thesis), Moscow, 2006, 48 p.

Vanha-Majamaa I., Shorohova E., Kushnevskay H., Jalonen J., *Resilience of understory vegetation after variable retention felling in boreal Norway spruce forests — a ten-year perspective*, *Forest Ecology and Management*, 2017, Vol. 393, pp. 12–28.