

Изменение биомассы растений живого напочвенного покрова после сплошной рубки хвойно-лиственного насаждения (средняя тайга, Республика Коми)

© 2025. Д. А. Севергина¹, аспирант, ст. лаборант,
С. Р. Красиков^{1,2}, магистрант, ст. лаборант,
А. Ф. Осипов¹, к. б. н., с. н. с., А. А. Дымов¹, д. б. н., в. н. с., зав. отделом,
¹Институт биологии Коми научного центра
Уральского отделения Российской академии наук,
167982, Россия, г. Сыктывкар, ул. Коммунистическая, д. 28,
²Сыктывкарский государственный университет им. Питирима Сорокина,
167005, Россия, г. Сыктывкар, ул. Петрозаводская, д. 12,
e-mail: svyatoslavkrasikov@gmail.com

Растения живого напочвенного покрова (ЖНП) являются важным индикатором состояния окружающей среды и выполняют ряд значимых экосистемных функций, в том числе и в процессе лесовосстановления. Однако, основное внимание уделяется динамике состояния биомассы древесной растительности, тогда как нижние ярусы часто остаются недооценёнными. В статье приводятся результаты анализа изменения надземной биомассы растений ЖНП в первые годы после сплошнолесосечной рубки хвойно-лиственного насаждения чернично-зеленомошного типа. Показано увеличение средней надземной биомассы растений напочвенного покрова на слабонарушенных пасечных участках от 155 ± 32 до 222 ± 38 г/м² на первый год после рубки и до 799 ± 159 г/м² на третий год после рубки. Также отмечены структурные изменения во вкладе отдельных компонентов в общие запасы, обусловленные активным зарастанием вырубki травянистыми растениями (злаками) и снижением доли тенелюбивых видов. Количество проходов лесозаготовительной техники не оказывает достоверного влияния на биомассу ЖНП. Однако, выявлены различия в массе и структуре ЖНП в колеях и межколежных пространствах волоков. Полученные данные расширяют существующие сведения об экологической роли растений нижних ярусов на вырубках и найдут применение при характеристике отклика круговорота веществ и оценке восстановления таёжных лесов после сплошных рубок, в том числе в условиях меняющегося климата.

Ключевые слова: средняя тайга, биомасса, сплошная рубка леса, живой напочвенный покров, хвойно-лиственное насаждение.

Changes in the biomass of ground vegetation after clear-cuts of coniferous-deciduous stands (middle taiga, Komi Republic)

© 2025. D. A. Severgina¹ ORCID: 0000-0002-3464-2744, S. R. Krasikov^{1,2} ORCID: 0009-0005-3158-0946,
A. F. Osipov¹ ORCID: 0000-0003-0618-9660, A. A. Dymov¹ ORCID: 0000-0002-1284-082X,
¹Institute of Biology of Komi Science Centre of the Ural Branch
of the Russian Academy of Sciences,
28, Kommunisticheskaya St., Syktyvkar, Russia, 167982,
²Pitirim Sorokin Syktyvkar State University,
12, Petrozavodskaya St., Syktyvkar, Russia, 167005,
e-mail: svyatoslavkrasikov@gmail.com

Ground vegetation is an important indicator of the environment status and perform a number of significant ecosystem functions, including in the process of reforestation. However, the dynamics of the woody vegetation biomass state is of the main attention, while the lower tiers often remain underestimated. The article presents the analysis of changes in the aboveground biomass of ground vegetation in the first years after clear-cutting of a coniferous-deciduous stand (blueberry-green moss type). We found an increase in the average aboveground biomass of ground vegetation on slightly disturbed skidding trails from 155 ± 32 g/m² to 222 ± 38 g/m² in the first year after logging and up to 799 ± 159 g/m² in the third year after logging. Structural changes in the contribution of individual components to the total reserves caused by active overgrowing of the clearing with herbaceous plants (cereals) and a decrease in the share of sciophytes. The number of logging equipment passes does not have a reliable effect on the ground vegetation biomass. However, we revealed the differences in the mass and structure of the ground vegetation in the ruts and intertrack spaces of the hauling routes.

The data obtained expand the existing information on the ecological role of lower-tier plants in clearings. It will find application in characterizing the response of the cycle of substances and assessing the restoration of taiga forests after clear-cutting, including under changing climate conditions.

Keywords: middle taiga, biomass, clear-cutting, ground vegetation, mixed coniferous-deciduous stand.

Леса занимают доминирующее положение в растительном покрове Республики Коми и играют ключевую роль в поддержании экологического равновесия в Субарктическом регионе [1]. Лесозаготовки оказывают существенное влияние на окружающую среду, выступая ведущим фактором изменения бореальных лесов [2, 3]. Живой напочвенный покров (ЖНП) является эдификатором, наиболее наглядным показателем почвенно-климатических условий в первые годы восстановительной сукцессии после сплошных рубок и представляет собой результат взаимодействия всех факторов среды [4]. Растения ЖНП являются важным индикатором состояния окружающей среды, внося заметный вклад в биоразнообразие лесов [5], а их конкуренция со всходами деревьев оказывает влияние на формирование древесного яруса [6], что подтверждает значимость исследований этого яруса при изучении процесса лесовозобновления.

Лесное хозяйство является одной из основных отраслей экономики Республики Коми. Согласно Государственному докладу «О состоянии окружающей среды в Республике Коми в 2023 году», площадь вырубок в регионе составляет 1837 км², что равняется 0,5% от земель лесного фонда, а темпы заготовки древесины в последнее десятилетие варьировали от 7,6 до 9,9 млн м³ в год, что соответствует 40–60 тыс. га.

Оценки биомассы ЖНП в Республике Коми выполнены для еловых [7–9] и сосновых [7, 8, 10] лесов. Исследованию биомассы ЖНП в послерубочных сообществах на европейском северо-востоке России посвящены работы [11–14], которые описывают исследуемый показатель в сообществах, формирующихся после сплошной рубки среднетаёжных ельников и сосняков, находящихся на разных стадиях восстановительной сукцессии. Следует отметить, что данных о процессах изменения надземной биомассы растений ЖНП в первые годы после сплошных рубок лесов средней тайги в настоящее время недостаточно, а цитируемые выше работы описывают массу ЖНП спустя 5 и более лет после рубки.

Территория вырубки делится на пасечные участки и трелёвочные волоки. Пасеки являются менее нарушенными участками, на

которых оставлен подрост и семенные деревья, а их доля составляет большую часть лесосеки [15]. Волока (технологические коридоры) – это участки, по которым во время заготовки древесины передвигается лесозаготовительная техника, и на которых с целью укрепления почвы складываются порубочные остатки. В результате этого их поверхность сильно нарушена, а лесовозобновление идёт значительно медленнее [16]. В связи с тем, что волока занимают 15–25% от площади лесосеки, они могут оказывать существенное влияние на запасы и круговорот веществ в сообществах, формирующихся после сплошных рубок, что требует оценки их роли в этих процессах.

Целью работы была оценка изменения надземной биомассы растений живого напочвенного покрова в первые три года после сплошной рубки хвойно-лиственного насаждения средней тайги с учётом пространственной неоднородности и техногенной нагрузки лесозаготовительной техники на почву.

Объекты и методы исследования

Исследование проведено на вырубке хвойно-лиственного насаждения чернично-зеленомошного типа на территории Сыктывдинского района Республики Коми (61°55' с. ш., 50°32' в. д.) в 2021 и 2023 гг. Климат района исследования – умеренно-континентальный, умеренно холодный. Среднемесячная температура воздуха в январе составляет -13 °С, в июле – +16,6 °С, а среднегодовая – +1,7 °С. Годовое количество осадков – 514 мм [17].

До рубки территория представляла собой хвойно-лиственное насаждение. В древесном ярусе преобладали сосна (*Pinus sylvestris* L.), ель сибирская (*Picea obovata* Ledeb.), берёза (*Betula pubescens* Ehrh. и *B. pendula* Roth.). Также присутствовали пихта (*Abies sibirica* Ledeb.) и осина (*Populus tremula* L.). Общее проективное покрытие травяно-кустарничкового и мохово-лишайникового ярусов составляло по 80%. Сплошнолесосечная рубка исходного насаждения с сортиментной вывозкой древесины была проведена 7–8 декабря 2020 г. с использованием пары «харвестер – форвардер». Вырубка представляет собой территорию с чередующимися пасечными

участками с относительно слабонарушенным почвенным покровом и волокнами. Оценку влияния техногенной нагрузки на массу ЖНП проводили на волокнах, где число проходов гружёного форвардера составило 3 или 10 раз. Более подробное описание послерубочного сообщества и эксперимента по определению воздействия лесозаготовительной техники на компоненты экосистемы с учётом комплексного подхода представлено в работе [18].

Метод укусов на площади $1/16 \text{ м}^2$ (25–25 см) использовался для определения надземной биомассы растений напочвенного покрова. Образцы отбирали в конце июля, в период максимального накопления надземной биомассы ЖНП [18]. В качестве мест для закладки площадок выбирали места с наиболее типичной для территории растительностью. На первый год (2021 г.) после сплошной рубки в фоновом насаждении, произрастающем рядом с вырубкой, и на пасечных участках вырубki было отобрано по 10 образцов. В связи с отсутствием растений напочвенного покрова на волокнах анализ массы ЖНП на этих технологических элементах не проводили. На третий год (2023 г.) после рубки было взято 32 образца на пасеках (10 образцов) и волокнах (22 образца), где сбор производился как в колеях, так и в межколеяных пространствах в равном соотношении. Все надземные части растений срезали, а дальнейший разбор экспериментального материала по видам проводили в лаборатории. Отсортированные образцы высушивали до абсолютно сухого состояния при температуре 105°C и взвешивали на электронных аналитических лабораторных весах «ОКБ Веста» с точностью до 1 мг. Для конверсии полученных данных на квадратный метр использовали коэффициент 16.

Статистическая обработка выполнена в R 4.03 и Microsoft Excel при 95% уровне значимости. Анализ данных заключался в проведении описательной статистики с расчётом средних значений, стандартных отклонений, коэффициентов вариации (CV) и стандартных ошибок среднего. Для парных сравнений использовали t-критерий Стьюдента.

Результаты и обсуждение

На фоновом участке хвойно-лиственного насаждения было отмечено 19 видов растений ЖНП (в том числе 6 видов травянистых растений, 3 вида кустарничков, 3 вида птеридофлоры). Общая надземная биомасса растений ЖНП составила $155 \pm 32 \text{ г/м}^2$ (рис.).

Наибольшую долю имели кустарнички (39%) и сфагновые мхи (36%). Меньший вклад был у зелёных мхов (13%), трав (9%) и птеридофлоры (3%). Доминирующими видами среди травянистых растений были теневыносливый *Linnaea borealis* L. и тенелюбивый *Maianthemum bifolium* L. с надземной биомассой 5,80 и 5,41 г/м² соответственно. Преобладающим по массе кустарничком была тенелюбивая черника (*Vaccinium myrtillus* L.), достигающая 41,3 г/м², а в мохово-лишайниковом ярусе – *Sphagnum palustre* L. – 55,6 г/м². Полученные нами данные по надземной биомассе растений ЖНП хвойно-лиственного насаждения сопоставимы с полученными ранее данными для среднетаёжных ельников черничных Республики Коми, которые изменялись в пределах 152–184 г/м² [8, 9].

На первый год после сплошной рубки на пасечных участках было обнаружено и определено 17 видов растений ЖНП. Общая надземная биомасса составила $222 \pm 38 \text{ г/м}^2$, увеличившись в 1,4 раза по сравнению с фоновым насаждением. В структуре биомассы произошли заметные изменения. Резкое увеличение освещённости территории и разрушение старого ЖНП привели к активному росту ($p=0,018$) светолюбивых травянистых растений (в частности, злаковых), чей вклад в общую надземную биомассу составил 48%. Участие сфагновых мхов равно 18%, зелёных мхов и кустарничков – по 17%. Доминирующим видом среди травянистых растений стал светолюбивый *Galium boreale* L. с надземной биомассой 90,6 г/м², а среди кустарничков лидирующие позиции сохранила черника, несмотря на то, что её надземная биомасса незначительно уменьшилась до 33,2 г/м² ($p=0,264$). Масса сфагновых и зелёных мхов почти сравнялась, хотя достоверной разницы между ненарушенным насаждением и вырубкой не отмечено ($p>0,05$).

На третий год после сплошной рубки на пасечных участках было обнаружено и определено 30 видов растений ЖНП (в том числе 9 видов травянистых растений и 3 вида кустарничков), что сопоставимо с ранее полученными данными о видовом разнообразии на вырубках [13]. Общая надземная биомасса за 2 года увеличилась в 3,6 раза и составила $799 \pm 159 \text{ г/м}^2$ ($p=0,006$). Изменения в структуре биомассы, наблюдаемые в первый год после рубки, приобрели ещё более ярко выраженный характер. Так, вклад травянистых растений увеличился до 83%, а их масса составила 661,3 г/м², что в 6,3 раза выше ($p=0,011$) по

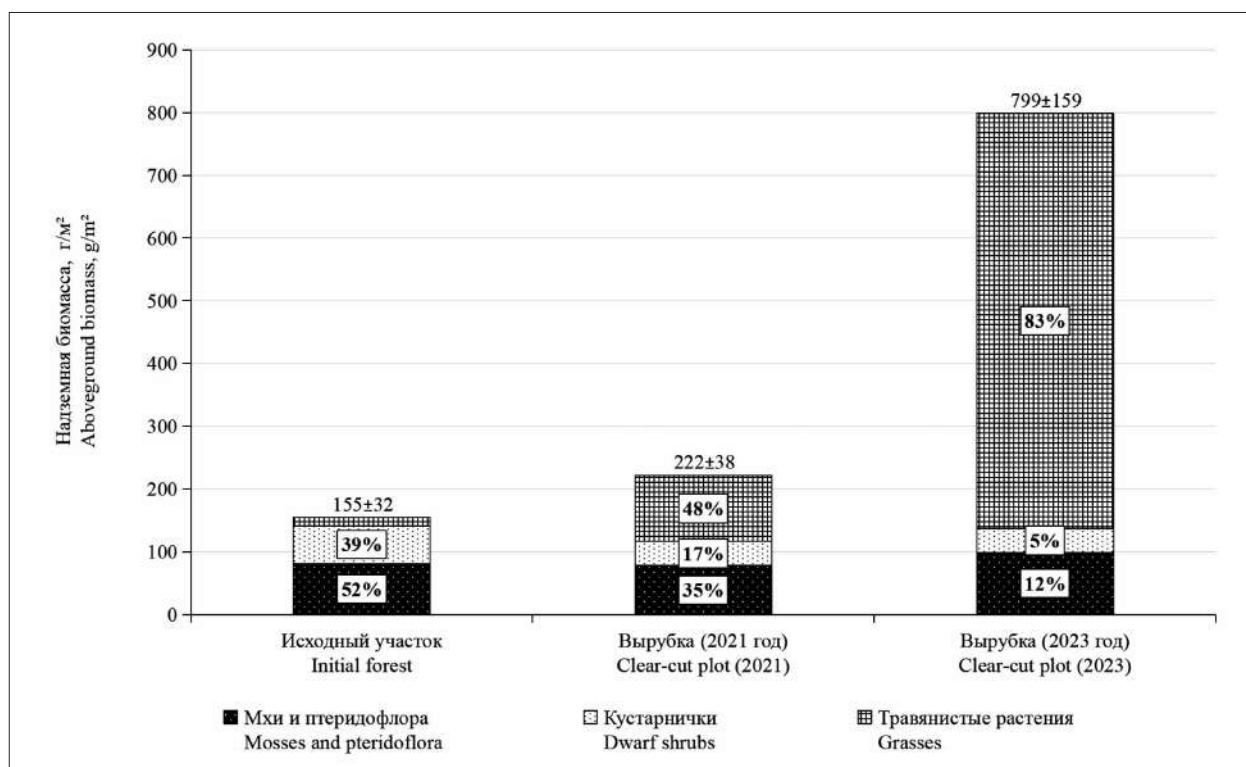


Рис. Надземная биомасса растений живого напочвенного покрова на пасечных участках до и после сплошной рубки леса: надпись на диаграмме – доля компонента, %
Fig. The aboveground biomass of ground vegetation in skidding trails before and after clear-cutting: the inscription on the diagram is the component proportion, %

сравнению данными 2021 г., и в 48,4 раз при сопоставлении с ненарушенным насаждением. Вклад зелёных мхов составил 10%, кустарничков – 5%, сфагновых мхов – 2%. Доминирующими видами стали светолюбивые представители семейства Poaceae: *Avenella flexuosa* L. (453,9 г/м²) и *Calamagrostis purpurea* Trin. (160 г/м²). Отмечено также постепенное восстановление тенелюбивых травянистых растений, например, *M. bifolium* L. Это связано с уменьшением освещённости на участках, где высокие светолюбивые растения создают достаточный уровень затенённости для роста тенелюбивых видов. Надземная биомасса кустарничков не изменилась и составила 38,1 г/м² ($p=0,995$). Биомасса тенелюбивого вида *V. myrtillus* L. сократилась до 14 г/м², однако от полного выгорания его (как и *M. bifolium* L.) защищают высокие злаковые травы и кустарники (в частности, *Rosa acicularis* Lindl.). В то же время масса светолюбивого вида *V. vitis-idaea* L. несущественно увеличилась до 13,5 г/м² ($p=0,259$) и была сопоставима с *V. myrtillus* L. Надземная биомасса вида *Rubus saxatilis* L. также возросла и составила 10,7 г/м². На вырубках в первые годы часто наблюдается процесс заболачивания [15], однако в нашем случае его не отмечено. Вероятно, это связано

с достаточно сильным уклоном территории, в результате чего избыток воды стекает в сторону реки Кылэг-ю и впадающего в неё лесного ручья [18].

Наши результаты сопоставимы с полученными ранее данными для вырубок ельников в Республике Коми. Так, на 4–6-летних вырубках ельника черничного влажного надземная биомасса растений ЖНП составляет 879±372 г/м², а на вырубках ельника долгомошно-сфагнового – 965±503 г/м² [11]. На 10-летних вырубках сосняка надземная биомасса растений ЖНП равна 379±24 г/м² [14]. В молодняках послерубочного происхождения, возникших после сплошной рубки ельника, надземная биомасса растений ЖНП с преобладанием мхов изменяется в пределах 83,4–240,0 г/м² [13].

При анализе пространственной неоднородности территории вырубки установлено, что в первый год после сплошной рубки хвойно-лиственного насаждения в коleaх волоков ЖНП отсутствовал, а на третий год выявлено постепенное его восстановление, темпы которого невысоки вследствие уплотнения почвы и застоя влаги. Так, надземная биомасса растений ЖНП в коleaх в зависимости от количества проходов лесозаготовительной

Таблица / Table

Надземная биомасса растений живого напочвенного покрова на волоках в зависимости от техногенной нагрузки на третий год после сплошнорубочной рубки хвойно-лиственного насаждения, г/м² / The aboveground biomass of ground vegetation in drags depending on technogenic load in the third year after clear-cutting of coniferous-deciduous stands, g/m²

Жизненные формы Life forms	Межколейное пространство Interrut space		Колея / Rut	
	3 прохода 3 passes	10 проходов 10 passes	3 прохода 3 passes	10 проходов 10 passes
Кустарничковые растения Dwarf shrubs	1,8±1,2	18±8	1,5±1,5	—*
Травянистые растения Grasses	949±377	1041±242	137±50	176±84
Мхи и птеридофлора Mosses and pteridoflora	12±12	27±9	87±48	62,±19
Итого / Total	963±371	1087±253	225±58	238±78

Примечание / Note: * – не выявлено / not found.

техники достигала 225–238 г/м², что в 3,3–3,5 раза меньше, чем на пасечных участках. Вместе с тем накопление ЖНП неоднородно, что выражается в высоких (63–86%) коэффициентах вариации. Основной вклад (61–74%), как и на пасечных участках, вносят травянистые растения (табл.). Доля мхов и птеридофлоры составляла 26–39%. Следует отметить, что степень техногенной нагрузки не влияет на массу растений ЖНП, что выражается в сопоставимых её величинах ($p=0,895$) на волоках с 3 и 10 проходами форвардера. Также на волоках с 10 проходами отсутствуют кустарнички, которые были полностью уничтожены при транспортировке древесины и не восстановились спустя три года после рубки хвойно-лиственного насаждения, в отличие от волоков с тремя проходами, где сохранились отдельные кусты черники и появляется костяника.

Межколейное пространство на волоках характеризуется достаточно высокими показателями надземной биомассы, которая достигает 963–1087 г/м² (табл.), что превышает аналогичный показатель на пасечных участках в 1,2–1,4 раза, а в колею в 4,0–4,8 раза. Это может быть связано с несколькими факторами. Во-первых, здесь действует «эффект грядки», когда лишняя влага стекает в колею, что благоприятно для злаковых трав. Во-вторых, на волоках отсутствуют кустарнички и подрост, вследствие чего нет конкуренции за свет и элементы минерального питания. Кроме того, в межколейном пространстве имеется менее плотный мохово-лишайниковый ярус, который не препятствует всходам злаков. Доля травянистых растений достигала 96–99%.

При объединении данных по биомассе ЖНП в колеях и межколейных про-

странствах волоков рассчитано, что масса травяно-кустарничкового и мохово-лишайникового ярусов в среднем составляет 561 ± 295 ($CV=118\%$) г/м² на волоках с 3 проходами и 592 ± 257 ($CV=97\%$) г/м² на волоках с 10 проходами, что в 1,3–1,4 раза ниже, чем на пасечных участках. Полученные нами данные сопоставимы с представленными ранее результатами для сплошных вырубок сосняков в Республике Коми, показавшими, что общая надземная биомасса растений ЖНП на волоках в 1,2–1,7 раза ниже, чем на пасечных участках [14]. Кроме того, ранее были получены данные для 4-летних вырубок черничного влажного и долгомошно-сфагнового ельников, согласно которым надземная биомасса растений ЖНП в волоках в 6,5–11,2 раз меньше, чем на пасечных участках [12].

Заключение

Проанализировано изменение видового состава и надземной биомассы растений ЖНП в первые годы после сплошной рубки хвойно-лиственного насаждения с учётом пространственной неоднородности вырубки. Сплошная рубка оказывает положительный эффект на биоразнообразие и массу травяно-кустарничкового яруса, что ведёт к росту общей биомассы ЖНП. На первый год восстановительной сукцессии достоверного возрастания массы ЖНП не отмечено, несмотря на существенные структурные изменения во вкладе отдельных компонентов в общие запасы биомассы, что выражается инвазией травянистых растений на пасечные участки. Спустя три года биомасса ЖНП на вырубке увеличивается в 3,6–5,1 раза по сравнению

с фоновым насаждением и первым годом после рубки и достигает 799 ± 159 г/м². Структурные изменения и накопление биомассы после рубки в первую очередь связаны с активным ростом светолюбивых травянистых растений, зелёных мхов и сокращением участия сфагновых мхов и черники. Количество проходов лесозаготовительной техники не оказало достоверного влияния на биомассу ЖНП на волоках. Однако, в колеях она ниже в 4,2–4,5 раза по сравнению с межколейнными пространствами. В целом, движение техники по волокам отрицательно повлияло на биомассу ЖНП, которая сократилась в 1,3–1,4 раза по сравнению со слабонарушенными пасечными участками вырубки. Полученные данные расширяют существующие сведения об экологической роли растений нижних ярусов на вырубках и найдут применение при характеристике отклика круговорота веществ и оценке восстановления таёжных лесов после сплошных рубок, в том числе в условиях меняющегося климата.

Работа выполнена при финансовой поддержке гранта Российского научного фонда №23-74-10007, <https://rscf.ru/project/23-74-10007/>.

Литература

1. Манов А.В., Осипов А.Ф., Загирова С.В. Современное состояние древесного яруса среднетаёжных хвойных и лиственных насаждений (на примере тестового полигона «Ляльский», Республика Коми) // Теоретическая и прикладная экология. 2024. № 4. С. 201–210. doi: 10.25750/1995-4301-2024-4-201-210
2. Дымов А.А. Влияние сплошных рубок в бореальных лесах России на почвы (обзор) // Почвоведение. 2017. № 7. С. 787–798. doi: 10.7868/S0032180X17070024
3. Blumroeder J.S., Ibisch P.L., Burova N., Amosova I., Parinova T., Volkov A., Winter S., Graebener U.F., Goroncy A., Hobson P.R., Shegolev A., Dobrynin D., Ilina O. Ecological effects of clearcutting practices in a boreal forest (Arkhangelsk Region, Russian Federation) both with and without FSC certification // Ecological Indicators. 2019. V. 106. Article No. 105461. doi: 10.1016/j.ecolind.2019.105461
4. Мелехов И.С. О теоретических основах типологии вырубков // Известия вузов. Лесной журнал. 1958. № 1. С. 27–58.
5. Дёгтева С.В., Железнова Г.В., Косолапов Д.А., Мартыненко В.А., Пыстина Т.Н., Шубина Т.П. Флора, лишено- и микробиота ельников европейского Северо-Востока России // Лесной вестник. 2009. № 1. С. 135–144.
6. McCarthy N., Bentsen N.S., Willoughby I., Balandier P. The state of forest vegetation management in Europe in the 21st century // Eur. J. Forest Res. 2011. V. 130. P. 7–16. doi: 10.1007/s10342-010-0429-5
7. Бобкова К.С. Биологическая продуктивность хвойных лесов европейского Северо-Востока. Л.: Наука, 1987. 156 с.
8. Биопродукционный процесс в лесных экосистемах Севера / Под ред. К.С. Бобковой, Э.П. Галенко. СПб.: Наука, 2001. 276 с.
9. Тужилкина В.В. Структура фитомассы и запасы углерода в растениях напочвенного покрова еловых лесов на Северо-Востоке Европейской России // Растительные ресурсы. 2012. Т. 48. № 1. С. 44–50.
10. Осипов А.Ф., Манова С.О., Бобкова К.С. Запасы и элементный состав растений напочвенного покрова в среднетаёжных сосняках послепожарного происхождения (Республика Коми) // Растительные ресурсы. 2014. Т. 50. № 1. С. 3–11.
11. Бобкова К.С., Лиханова Н.В. Потоки азота и зольных элементов в системе «почва–фитоценоз» на вырубках среднетаёжных ельников Республики Коми // Лесоведение. 2019. № 6. С. 512–523. doi: 10.1134/S0024114819060020
12. Бобкова К.С., Лиханова Н.В., Кузнецов М.А. Влияние промышленных рубок на круговорот веществ в системе почва–фитоценоз среднетаёжных ельников на болотно-подзолистых почвах. СПб.: Наука, 2024. 246 с.
13. Пристова Т.А. Динамика надземной фитомассы живого напочвенного покрова в лиственных фитоценозах послерубочного происхождения // Известия СамНЦ РАН. 2019. № 2 (2). С. 205–209.
14. Osipov A., Kuznetsov M. Influence of clear-cutting on ground vegetation biomass and dwarf shrubs increment in the Scots pine forests of the European North-East // CERNE. 2023. V. 29. P. e-103107. doi: 10.1590/01047760202329013107
15. Паутов Ю.А., Ильчуков С.В. Пространственная структура производных насаждений на сплошных концентрированных вырубках в Республике Коми // Лесоведение. 2001. № 2. С. 27–32.
16. Ильинцев А.С. Влияние современных лесозаготовок на нарушение почвы, состояние живого напочвенного покрова и последующее возобновление деревьев в бореальных лесах России // Известия Русского географического общества. 2023. Т. 155. № 3–4. С. 62–73. doi: 10.31857/S0869607123030072
17. Атлас почв Республики Коми / Под ред. Г.В. Добровольского, А.И. Таскаева, И.В. Забоевой. Сыктывкар: ООО «Коми республиканская типография», 2010. 356 с.
18. Dymov A.A., Startsev V.V., Gorbach N.M., Severygina D.A., Kutyavin I.N., Osipov A.F., Dubrovsky Yu.A. Changes in soil and vegetation with different number of passes of wheeled forestry equipment (middle taiga, Komi Republic) // Eurasian Soil Sc. 2022. V. 55. No. 11. P. 1633–1646. doi: 10.1134/S1064229322110023

19. Woziwoda B., Parzych A., Kopeć D. Species diversity, biomass accumulation and carbon sequestration in the understorey of post-agricultural Scots pine forest // *Silva Fennica*. 2014. V. 48. No. 4. Article No. 1119. doi: 10.14214/sf.1119

References

1. Manov A.V., Osipov A.F., Zagirova S.V. Current state of the tree layer of middle taiga coniferous and deciduous forests (case-study of the test site “Lyalsky”, Komi Republic) // *Theoretical and Applied Ecology*. 2024. No. 4. P. 201–210 (in Russian). doi: 10.25750/1995-4301-2024-4-201-210

2. Dymov A.A. The impact of clearcutting in boreal Forests of Russia on soils: A Review // *Pochvovedenie*. 2017. No. 7. P. 787–798 (in Russian). doi: 10.7868/S0032180X17070024

3. Blumroeder J.S., Ibsch P.L., Burova N., Amosova I., Parinova T., Volkov A., Winter S., Graebener U.F., Goroncy A., Hobson P.R., Shegolev A., Dobrynin D., Ilina O. Ecological effects of clearcutting practices in a boreal forest (Arkhangelsk Region, Russian Federation) both with and without FSC certification // *Ecological Indicators*. 2019. V. 106. Article No. 105461. doi: 10.1016/j.ecolind.2019.105461

4. Melekhov I.S. On the theoretical foundations of the clearcutting typology // *Izvestiya vuzov. Lesnoy zhurnal*. 1958. No. 1. P. 27–38 (in Russian).

5. Degteva S.V., Zhelezнова G.V., Kosolapov D.A., Pystina T.N., Shubina T.P. Flora, lichens and aphyllophoroid fungi of the spruce forests of the european north-east of Russia // *Forestry Bulletin*. 2009. No. 1. P. 135–144 (in Russian).

6. McCarthy N., Bentsen N.S., Willoughby I., Balandier P. The state of forest vegetation management in Europe in the 21st century // *Eur. J. Forest Res.* 2011. V. 130. P. 7–16. doi: 10.1007/s10342-010-0429-5

7. Bobkova K.S. Biological productivity of the European northeast coniferous forests. Leningrad: Nauka, 1987. 156 p. (in Russian).

8. Process of bioproduction in forest ecosystems of the North /Eds. K.S. Bobkova, E.P. Galenko. Sankt-Peterburg: Nauka, 2001. 277 p. (in Russian).

9. Tuzhilina V.V. Phytomass structure and carbon reserves in the ground cover plants of North-East European Russia spruce forests // *Rastitel'nye Resursy*. 2012. V. 48. No. 1. P. 44–50 (in Russian).

10. Osipov A.F., Manova S.O., Bobkova K.S. Reserves and element composition in ground cover plants in the pine forests of post-fire origin (the Komi Republic) // *Rastitel'nye Resursy*. 2014. V. 50. No. 1. P. 3–11 (in Russian).

11. Bobkova K.S., Likhanova N.V. Fluxes of nitrogen and mineral elements between soils and phytocenosis on the clearcuts in spruce forests of middle taiga, the Republic of Komi // *Lesovedenie*. 2019. No. 6. P. 512–523 (in Russian). doi: 10.1134/S0024114819060020

12. Bobkova K.S., Likhanova N.V., Kuznetsov M.A. Effect of industrial logging on the cycle of substances in the soil–phytocenosis system of middle-taiga spruce forests on peat-podzolic soils. Sankt-Peterburg: Nauka, 2024. 246 p. (in Russian).

13. Pristova T.A. Dynamics of phytomass of ground vegetation cover plants in post-harvest origin deciduous forests of the middle taiga // *Izvestiya RAS SamSC*. 2019. V. 21. No. 2. P. 204–209 (in Russian).

14. Osipov A., Kuznetsov M. Influence of clear-cutting on ground vegetation biomass and dwarf shrubs increment in the Scots pine forests of the European North-East // *CERNE*. 2023. V. 29. P. e-103107. doi: 10.1590/01047760202329013107

15. Pautov Yu.A., Il'chukov S.V. Spatial structure of derivative plantations in concentrated clearcuts in the Komi Republic // *Lesovedenie*. 2001. No. 2. P. 27–32 (in Russian).

16. Ilintsev A.S. The impact of modern logging on soil disturbance, the state of ground cover and the subsequent regeneration of trees in boreal forests of Russia // *Izvestiya Russkogo geograficheskogo obshchestva*. 2023. V. 155. No. 3–4. P. 62–73 (in Russian). doi: 10.31857/S0869607123030072

17. Atlas of soils of the Komi Republic / Eds. G.V. Dobrovolsky, A.I. Taskaev, I.V. Zaboieva. Syktyvkar: LC “Komi Republican Publishing House”, 2010. 356 p. (in Russian).

18. Dymov A.A., Startsev V.V., Gorbach N.M., Severgina D.A., Kutyavin I.N., Osipov A.F., Dubrovsky Yu.A. Changes in soil and vegetation with different number of passes of wheeled forestry equipment (middle taiga, Komi Republic) // *Eurasian Soil Sc.* 2022. V. 55. No. 11. P. 1633–1646. doi: 10.1134/S1064229322110023

19. Woziwoda B., Parzych A., Kopeć D. Species diversity, biomass accumulation and carbon sequestration in the understorey of post-agricultural Scots pine forest // *Silva Fennica*. 2014. V. 48. No. 4. Article No. 1119. doi: 10.14214/sf.1119