

Влияние лесозаготовительной техники на динамику естественного возобновления леса после рубки хвойно-лиственного насаждения средней тайги

© 2024. И. Н. Кутявин, к. с.-х. н., н. с., А. В. Манов, к. с.-х. н., н. с.,
В. В. Старцев, к. б. н., м. н. с., А. А. Дымов, д. б. н., доцент, в. н. с.,
Институт биологии ФИЦ Коми научный центр Уральское отделение РАН,
167982, Россия, г. Сыктывкар, ул. Коммунистическая, д. 28,
e-mail: kutjavin-ivan@rambler.ru

Формирование временной и пространственной дифференциации ценопопуляций лесных экосистем способствует непрерывному лесовозобновительному процессу в них. В работе приводятся результаты исследований по оценке возобновления до и после (предварительного и последующего) рубки в зависимости от нарушенности почвенного покрова лесозаготовительной техникой в первые три года после рубки леса. По морфологическим характеристикам и набору почвенных генетических горизонтов почву можно отнести к типичным подзолистым, которые развиваются на суглинистых почвообразующих породах в условиях хорошо дренируемых ландшафтов. Установлено, что почва пасечного участка морфологически близка к исходной почве, почвы волоков претерпели ряд изменений, как морфологических, так и химических. Ключевым отличием является изменение состава подстилки почвы пасечного участка после поступления большого количества порубочных остатков и изменения состава растений напочвенного покрова. Морфометрические показатели деревьев хвойно-лиственного древостоя и подроста характеризуются высокой лабильностью. Преобладают не крупные деревья и мелкий подрост. Древостой и подрост характеризуются как «здоровые». Начальный этап обследования возобновления на вырубке показал неравномерность заселения территории древесными растениями на большей части и отдельных технологических элементах. Относительно хорошая равномерность заселения её древесными растениями выявлена только на волоках в колеях с преимущественным возобновлением мелколиственных пород. При сильной захламлённости порубочными остатками вырубке возобновление отсутствует. На участках с выровненными колеями возобновительный процесс начинается только на третий год после рубки.

Ключевые слова: хвойно-лиственные насаждения, вырубки, размерная структура, лесовозобновление.

The logging equipment effect on the dynamics of natural reforestation of after cutting mixed coniferous-deciduous stand in the middle taiga

© 2024. I. N. Kutjavin ^{ORCID: 0000-0002-7840-1934}, A. V. Manov ^{ORCID: 0000-0002-5070-0078}
V. V. Starcev ^{ORCID: 0000-0002-6425-6502}, A. A. Dymov ^{ORCID: 0000-0002-1284-082X}
Institute of Biology of Komi Science Centre of the Ural Branch
of the Russian Academy of Sciences,
28, Kommunisticheskaya St., Syktyvkar, Russia, 167982,
e-mail: kutjavin-ivan@rambler.ru

The work presents the results of experimental studies on assessment of preliminary and subsequent reforestation depending on the disturbance of the soil cover by logging equipment. The initial survey of the reforestation in the clearing showed the uneven settlement of the territory by woody plants in most parts and individual technological elements. According to morphological characteristics and a set of soil genetic horizons, the soil can be classified as typical Albic Retisols, which develop on loamy soil-forming rocks in well-drained landscapes. We found that the soil of the skidding trail is morphologically close to the original soil. The drag soils have undergone both morphological and chemical changes. The key difference is the change in the composition of the organic horizon following the arrival of a large amount of felling residues and changes in the composition of the ground cover plants. The morphometric parameters of the trees in the mixed stand and undergrowth are of high lability. The stand was dominated by small trees and small undergrowth. The stand and undergrowth are characterized as “healthy”. Relatively good uniformity of its settlement by woody plants was revealed only on portages in ruts with a predominant regeneration of small-leaved species. When the trails are heavily littered, there is no appearance of woody plants. There is no regeneration in the reclaimed felling areas in the first and second years. There is no resumption in sections with aligned tracks in the first and second year.

Keywords: mixed stands, cuttings, size structure, natural reforestation.

Периодические нарушения как естественного (природные пожары, ветровалы, болезни, вспышки размножения насекомых-вредителей, экстремальные погодные условия и естественная гибель старых деревьев), так и антропогенного (рубки) происхождения формируют в таёжных массивах мозаику лесных сообществ, находящихся на разных стадиях восстановительной сукцессии [1]. Благодаря формированию временной и пространственной дифференциации ценопопуляций лесных экосистем лесовозобновительный процесс в них непрерывен. Этим определяется разновозрастность и разнородность размеров деревьев, а также горизонтальная и вертикальная расчленённость полога древостоев [2, 3]. Понимание ведущих факторов формирования структуры и функционирования лесных биогеоценозов в условиях периодических нарушений среды позволяет расширить взгляды на природу лесов Севера. На основе этих знаний возможна разработка региональных подходов к повышению устойчивости, продуктивности и эффективному воспроизводству лесных экосистем [4]. Хвойно-лиственные насаждения в настоящее время требуют более детального рассмотрения их структуры и продуктивности. Такие древостои обычно формируются после пожаров и в последнее время, на месте вырубок образуя сложные по составу продуктивные насаждения [5].

Одним из основных факторов, влияющих на успешность последующего возобновления во всех типах леса, является степень повреждённости напочвенного покрова и трансформация верхних горизонтов почвы [6–12]. На территории Сибири влияние механической заготовки древесины на почвенные условия лесовозобновления проанализировано в работе [13]. На европейском Севере детально проанализирован пятнадцатилетний процесс формирования напочвенного покрова на ранних стадиях после рубки [14].

При сильном нарушении почвы (её уплотнении при трелёвке леса, захламлении порубочными остатками) снижаются качественные и количественные характеристики лесовозобновления [7, 9, 13, 15, 16]. Самосев последующего возобновления на вырубках характеризуется различными показателями роста, что связано с неоднородностью водно-физических и химических свойств верхних горизонтов почвы. Такая неоднородность вызывается неодинаковым воздействием на микрорельеф лесозаготовительной техники. При трелёвке леса происходит уплотнение

почвы, тем самым в верхних её горизонтах снижается влажность и скважность [13, 17–21].

Цель работы – провести оценку начального этапа возобновления леса до и после рубки в зависимости от нарушенности почвенного покрова лесозаготовительной техникой.

Объекты и методы исследования

Перед рубкой в хвойно-лиственном насаждении была заложена постоянная пробная площадь (ППП) по форме трансекты размером 200×20 м (0,4 га) по направлению с севера на юг. Согласно общепринятым методам на ППП проводился сплошной перебор деревьев по диаметру, высоте и состоянию [22]. Подрост учитывали на трёх участках (по краям и в центре ППП) общей площадью 0,15 га. Его оценивали по породе, высоте и категории состояния. К древостою относили деревья с диаметром ствола на высоте 1,3 м \geq 6 см. Остальную часть деревьев относили к подросту. Возраст деревьев устанавливали путём подсчёта годичных слоёв на образцах древесины (кернах), отобранных возрастным буром у 20% деревьев, составляющих древесный ярус.

Описание жизненного состояния деревьев в хвойно-лиственном древостое проводили в соответствии с методикой, используемой в международной программе-методике ICP-Forests [23]. Методика основана на визуальной оценке состояния дерева. Выделяют следующие состояния: 0 класс – здоровое дерево (нет внешних признаков повреждения кроны и ствола, любые повреждения хвои < 10% по отношению ко всей массе ассимиляционного аппарата не сказываются на состоянии дерева); I класс – слабо повреждённое дерево (повреждение по одному или сумме всех признаков составляет 11–25%); II класс – средне повреждённое дерево (26–60% повреждений); III класс – сильно повреждённое (отмирающее) дерево (61–99% повреждений); IV класс – отмершее дерево (100% повреждений). Отмершие деревья делятся на IVa (свежий сухостой) и IVб (старый сухостой – нет хвои, постепенно отпадают ветви и кора). Согласно [24], старый сухостой практически не влияет на повреждённость древостоя в целом, но при расчёте необоснованно снижает его жизненное состояние, поэтому при анализе жизненного состояния учитывался только свежий сухостой.

Для оценки жизненного состояния древостоев рассчитывали индекс его повреждённости по формуле 1 средневзвешенного класса

повреждения составляющих древостой деревьев [25], причём для получения более точных результатов за основу расчёта брали не число деревьев разных классов повреждения, а их запас стволовой древесины [24]:

$$I = \frac{\sum_{i=0}^4 i \cdot v_i}{V}, \quad (1)$$

где I – индекс повреждённости древостоя, балл; i – номера классов повреждения деревьев, баллы от 0 до 4; v_i – стволовой запас древесины деревьев i -го класса повреждения, м³/га; V – общий запас древостоя, м³/га. С учётом величины индекса повреждённости древостой классифицировали на следующие категории: «здоровый древостой» (0–0,5), «ослабленный древостой» (0,6–1,5), «сильно ослабленный древостой» (1,6–2,5), «отмирающий древостой» (2,6–3,5) и «сухостой» (> 3,6) [25].

На каждой пробной площади проведён сплошной переучёт подроста. К подросту относили древесные растения высотой более 0,25 м и диаметром до 6 см на высоте 1,3 м. Подрост подразделяли на здоровый, сомнительный (ослабленный), усыхающий и сухой. Жизненное состояние подроста определяли по методике [24]. При этом жизнеспособность здоровых экземпляров приравнивалась к 100%, ослабленных – к 70, усыхающих – к 10, сухих – 0%. Количественные значения показателей жизненного состояния всей ценопопуляции подроста находили по формуле 2 [26]:

$$L_n = \frac{100n_1 + 70n_2 + 10n_3}{N}, \quad (2)$$

где L_n – относительное жизненное состояние подроста в момент наблюдения; n_1 , n_2 , n_3 – число здоровых, ослабленных и усыхающих особей подроста на 1 га соответственно; N – общее количество подроста, включая сухостой, на 1 га. При показателе $L_n = 100$ –80% ценопопуляцию считали здоровой, при 79–50 – ослабленной, при 49–20 – сильно ослабленной и ниже 20% – разрушенной.

Анализ размерной структуры древесных растений изучаемого хвойно-лиственного насаждения основан на изменчивости запасов стволовой древесины древостоя и высоты подроста. Для количественной оценки размеров древесных растений в насаждении применяли статистические показатели асимметрии (A), эксцесса (E) и коэффициента вариации (CV), которые рассматривались нами по [27].

Осенью 2020 г. насаждение было вырублено с использованием многофункциональной колёсной техники, марки Ponsse (харвестер + форвардер). На вырубке был организован экспериментальный участок с различным числом проездов форвардера по волокам (3 и 10 проходов). Также 4 волока с 10 проездами форвардера были выровнены с использованием экскаватора с уборкой порубочных остатков до минерального горизонта почвы.

Оценка возобновления на вырубке проводилась по методике [13]. На вырубке была проведена закладка учётных пробных площадок (УПП) размером 1×1 м с чередованием пасака-волока в количестве 56 штук. Так как практически вся вырубка имеет неоднородность в рельефе, маршрутный ход был заложен вдоль ранее заложенной трансектной ППП от верхней части вырубки до предпойменного водотока ручья с максимальным охватом обследуемой вырубки. На каждой из заложенных площадок давалось описание места расположения УПП относительно рельефа (склон, терраса и т. д.).

После рубки в период с 2021 по 2023 гг. на вырубке в весенний и осенний периоды были проведены учёты естественного возобновления. Данный способ позволяет установить количественный и качественный состав естественного возобновления на вырубке до начала роста древесной растительности и после его окончания, и выявить причины гибели возобновления в зимний и летний периоды. Постоянные наблюдения за возобновлением на вырубке позволяют познать динамику сукцессионных процессов на нарушенных ландшафтах.

Согласно почвенно-географическому районированию, исследуемая территория расположена в южной части Вымь-Вычегодского округа типичных подзолистых почв, иллювиально-железистых подзолов, торфянисто-подзолисто-глееватых иллювиально-гумусовых почв [28]. На исследуемом участке до рубки развивалась типичная подзолистая почва. Для почв данного типа характерна типичная лесная подстилка, под которой формируется белёсый элювиальный горизонт ЕL, представленный бесструктурным суглинистым материалом. Под ним формируется субэлювиальный горизонт ВЕL более тяжёлого гранулометрического состава. Под элювиальной толщей формируется коричневато-бурый среднесуглинистый текстурный горизонт ВТ с типичной для почв отдела многопорядковой структурой. Почва па-

сечного участка после рубки остаётся близкой к фоновой по морфологическим свойствам. Основные отличия затрагивают органогенный горизонт, который был подвержен поступлению порубочных остатков, хвои, листьев и трав. Для верхнего минерального горизонта ЕL наблюдается увеличение содержания органического вещества по сравнению с фоновой почвой. Нижние минеральные горизонты не претерпели изменений.

На волоках с тремя проходами колёсной лесозаготовительной техники также развивается подзолистая почва, которая практически не претерпела морфологических изменений по сравнению с почвой исходного леса. На волоках с десятью проходами форвардера формируется турбозём детритный, который характеризуется наличием перемешанного с подстилкой и порубочными остатками турбированного горизонта TUR_{cwd} в верхней части почвенного профиля. Участки, на которых проводили выравнивание колеи, характеризуются отсутствием подстилки и порубочных

остатков в турбированном горизонте TUR, верхняя часть почвенного профиля механически нарушена, почва диагностирована как турбозём. Более подробно почвы исследуемого участка описаны в наших предыдущих работах [29–31].

Результаты и обсуждение

Обследованное разновозрастное хвойно-лиственное насаждение до рубки было пройдено низовыми пожарами различной интенсивности и выборочной рубкой (около 100 лет назад) крупных хвойных деревьев. Древесный ярус был образован сосной обыкновенной (*Pinus sylvestris* L.), елью сибирской (*Picea obovata* Ledeb.), берёзой пушистой (*Betula pubescens* Ehrh.) и берёзой повислой (*B. pendula* Roth.). В качестве небольшой примеси присутствовали пихта сибирская (*Abies sibirica* Ledeb.) и осина (*Populus tremula* L.). Ярусность в древостое не выражена. Сухостой и валёж образуют преимущественно хвойные

Таблица 1 / Table 1

Таксационная характеристика древостоя и подроста хвойно-лиственного насаждения
Taxation characteristics of the mixed stand and undergrowth

Компоненты вырубки Cutting components	Состав древостоя и подроста Composition of forest stands and undergrowth	Порода Tree species	Густота, экз./га Density, trees/ha	Запас стволовой древесины, м ³ /га Growing stock, m ³ /ha	Средние / Mean	
					высота, м height, m	диаметр на высоте 1,3 м, см diameter at a height of 1.3 m, cm
Древостой Stand	4СЗЕ2Б1Ос ед.Пх	С	355	111	19	19
		Е	1063	90	11	11
		Пх	3	0,03	6	7
		Б	317	55	15	15
		Ос	23	26	19	23
		Всего Total	1761	282	–	–
Подрост Undergrowth	10Е+Б,Ос	Е	2653	–	1,4	–
		Б	93	–	4,4	–
		О	93	–	0,4	–
		Всего Total	2839	–	–	–

Примечание. Состав древостоя и подроста состоит из буквенного названия древесной породы (С – сосна; Е – ель, Пх – пихта; Б – берёза повислая, пушистая, Ос – осина) и коэффициента состава. Одна единица коэффициента состава соответствует 10% запаса соответствующего вида в общем запасе. Знак «+» – доля участия породы – 2–5%, «ед.» (единично) – доля участия породы <2%. Прочерк указывает на отсутствие данных.

Note. The formula for the forest stand composition: С – *Pinus sylvestris*; Е – *Picea obovata*; Пх – *Abies sibirica*; Б – *Betula pubescens*, В. *pendula*; Ос – *Populus tremula*. One composition coefficient unit corresponds to 10% of the corresponding species stock in the total growing stock. The participation share of species: “+” – 2–5%; “ед.” – <2%. Dash – indicates no data.

Таблица 2 / Table 2

Статистические характеристики строения древостоя по объёму ствола (m^3) и подроста по высоте (м) хвойно-лиственного насаждения / Statistical characteristics of forest stand structure by trunk volume (m^3) and undergrowth by height (m) of a mixed forest stand

Древесные растения Tree species	Параметр Statistical parameters	Все породы All trees	Основные породы / Dominant trees		
			сосна <i>Pinus sylvestris</i>	ель <i>Picea obovata</i>	берёза <i>Betula pubescens</i> , <i>B. pendula</i>
Деревья Trees	$M \pm m_M$	0,160±0,007	0,310±0,018	0,080±0,005	0,170±0,017
	CV	123	70	120	107
	A	2,7	1,1	2,5	2,4
	E	12,7	1,6	7,2	8,2
Подрост Undergrowth	$M \pm m_M$	1,44±0,07	1,38±0,06	–	–
	CV	95	88	–	–
	A	1,7	1,4	–	–
	E	2,9	1,4	–	–

Примечание: M – среднее значение; m_M – стандартная ошибка среднего значения; CV – коэффициент вариации, %; A – асимметрия; E – эксцесс. Прочерк указывает на отсутствие данных.

Note: M – mean value; m_M – standard error of the mean value; CV – coefficient of variation, %; A – asymmetry; E – excess. Dash indicates no data.

деревья со стволовым запасом древесины 30 m^3 /га. В подросте доминировала ель с небольшой примесью берёзы и осины (табл. 1).

Размеры стволов деревьев – один из наиболее лабильных показателей компонентов структуры древостоев, даже в одновозрастных насаждениях. Дифференциация размеров деревьев в древостоях влияет на режим использования наземных экологических и почвенных питательных ресурсов ценозов, что может оказать существенное влияние на конкурентные взаимоотношения между растениями за свет и минеральные вещества [32].

Структура распределения деревьев по объёму стволов в древостое хвойно-лиственного насаждения показывает очень высокую их вариабельность ($CV > 100\%$). Наименее изменчивой по объёму ствола является сосна, наибольшая вариабельность этого показателя у ели (табл. 2). Преобладают деревья меньше среднего объёма, что характеризуется большой правосторонней асимметрией ($A > 0$), что говорит о преобладании в древостое мелких по объёму деревьев. При этом ряды распределения объёмов стволов очень густо сгруппированы около среднего значения, о чём свидетельствует высокий показатель эксцесса ($E > 0$).

Под пологом хвойно-лиственного древостоя развивается подрост преимущественно из ели (табл. 1). Его вариабельность по высоте значительная ($CV > 80\%$). Преобладает подрост ниже средней высоты ($A > 0$), он сгруппирован ($E > 0$) около среднего значения (табл. 2).

Исследуемое нами хвойно-лиственное насаждение находится вне зоны воздействия

аэротехногенных загрязнителей. Следовательно, факторами, определяющими жизненное состояние деревьев и подроста, являются местные экологические условия, создающиеся как в пологе древостоя, так и в почве. Поэтому район исследований можно отнести к условно-фоновому.

Согласно индексам повреждённости [25], рассчитанным по данным классов повреждения [23], изучаемый хвойно-лиственный древостой относится к категории «здоровый» с индексом повреждённости равным 0,3.

Ценопопуляция подроста хвойно-лиственного насаждения до рубки характеризовалась высоким уровнем жизненного состояния. Рассчитанное по приведённой выше формуле [26] значение соответствующего индекса жизненного состояния (L_n) подроста равно 83%, что характеризует его ценопопуляцию как «здоровая».

Первичное пострубочное обследование возобновления (2021 г.) показало на большей части вырубке и её технологических элементах неравномерность распределения заселения территории древесными породами. Отмечается преобладание в возобновлении мелколиственных пород в количестве 23 тыс. экз./га (рис.). При сильной захламлённости на волоках возобновление отсутствует, что требует дополнительных мероприятий для улучшения возобновления на этих технологических элементах вырубке. Сохранившийся после рубки подрост ели находится в неудовлетворительном состоянии и по мере увеличения крупности по высоте переходит

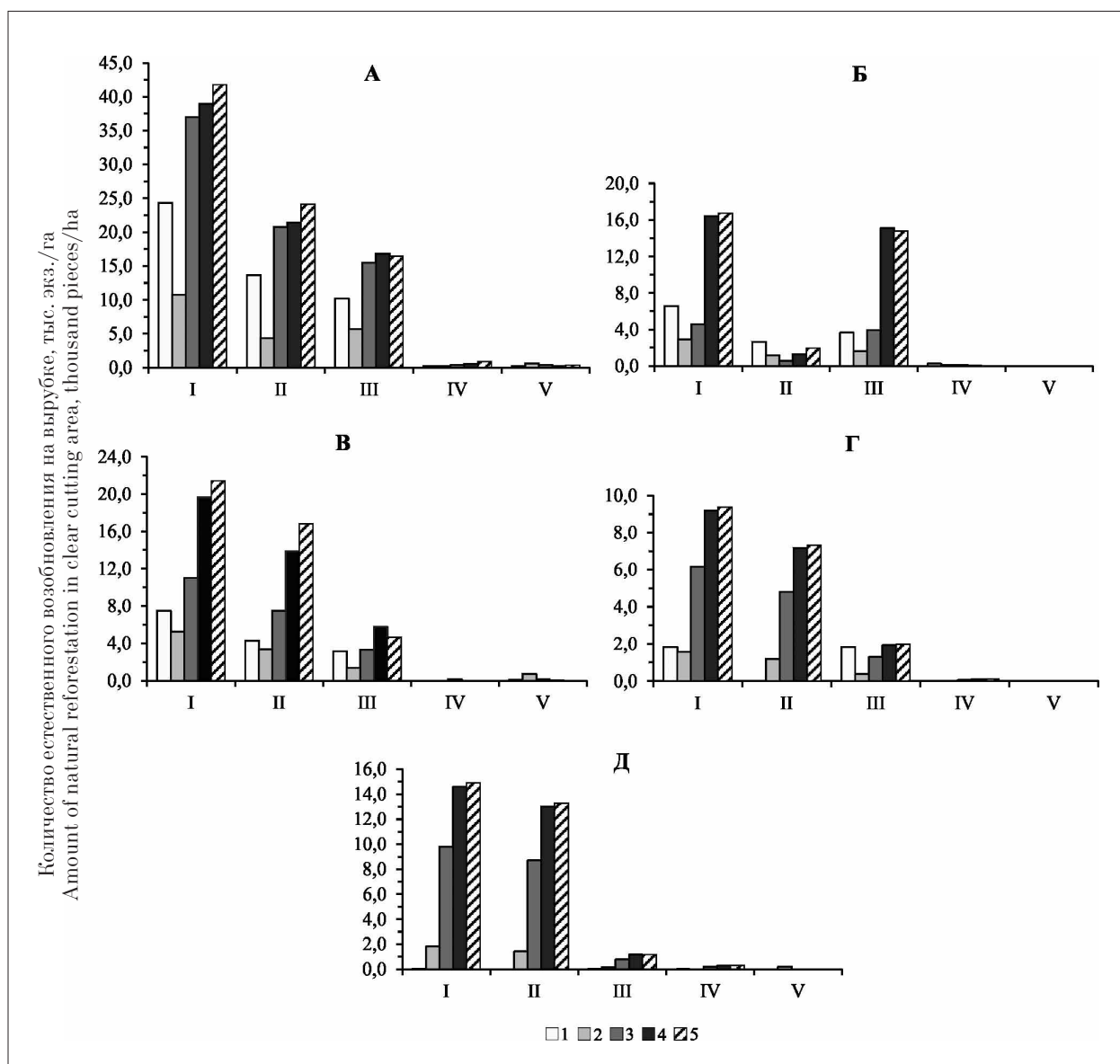


Рис. Динамика естественного возобновления на вырубке: А – общее на вырубке, Б – на пасеках, В – на волоках, Г – на волоках с тремя проходами форвардера, Д – на волоках с 10 проходами форвардера. Учёт подроста: 1 –осенью 2021 г., 2 – весной 2022 г., 3 – осенью 2022 г., 4 – весной 2023 г., 5 – осенью 2023 г. I – всего, II – берёза, III – осина, IV – ель, V – сосна
Fig. The dynamics of natural reforestation in clearing: A – general in clearing, B – in the skidding trails, C – in drags, D – in drags with 3 forwarder passes, E – in drags with 10 forwarder passes. Registration of undergrowth: 1 – autumn 2021, 2 – spring 2022, 3 – autumn 2022, 4 – spring 2023, 5 – autumn 2023. I – Total, II – *Betula*, III – *Populus*, IV – *Picea*, V – *Pinus*

от категории «сомнительный» до категорий «усыхающий» и «сухой».

Обследование 2022 г. показало, что в составе подроста идёт активное увеличение доли мелколиственных древесных растений (осины и берёзы). По сравнению с 2021 г., весенний учёт 2022 г. показал снижение количества подроста более чем в два раза, с 24,3 до 10,7 тыс. экз./га (рис.). Однако, количество возобновления (всходы, поросль) на вырубке за летний период 2022 г.

увеличилось до 20,8 тыс. экз./га. За летний период 2022 г. более интенсивное возобновление шло преимущественно берёзой семенного происхождения на волоках с десятью проходами. Это обусловлено лучшей минерализацией колейного пространства по сравнению с волоками подвергшихся воздействию трёх проходов лесозаготовительных машин. На пасеках возобновление идёт в основном порослевой осинкой и реже берёзой, появившейся от пня.

Небольшое количество возобновления наблюдается на волоках с десятью проходами форвардера. В первый год после рубки на волоках с 3 и 10 проходами в возобновлении участвует только порослевая осина, на второй год преобладают всходы берёзы. Количество всходов хвойных (ель, сосна) минимальное. На выровненных волоках в осенний период 2023 г. отмечено начало слабого лесовозобновления, что, видимо, связано с образованием живого напочвенного покрова и отсутствием семян древесных растений. В весенний и осенний период 2023 г. отмечается равномерное накопление подроста до 42 тыс. экз./га.

По данным [14], на вырубках Архангельской области количество подроста на пасаеках выше, чем на волоках. Это объясняют сохранившейся частью подроста предварительной генерации и переуплотнённой почвой в колежном пространстве волока. Согласно нашим результатам, лучшее возобновление отмечается на волоках с числом проходов от 3 до 10 раз, что обусловлено удалением подстилочного горизонта до минерального слоя почвы в колеях.

Согласно данным [20], лучшим ростом сосновых молодняков лишайниковых вырубков характеризуются участки, где верхние горизонты при механическом воздействии были сгружены и перемешаны с напочвенным покровом и порубочными остатками. Автор отмечает, что на этих микроучастках на глубине 8–12 см аккумулируется большая часть гидролизуемого азота, что подтверждается нашими исследованиями органического вещества почв вырубков [19, 29], в которых наблюдается значительное увеличение углерода и азота в верхних минеральных горизонтах по сравнению с фоновыми почвами.

Исследования естественного возобновления сосны обыкновенной в ленточных борах Алтайского края, пройденных рубками, показали, что лучшее возобновление идёт после выборочных рубок, что обусловлено сохранением среды и устойчивости древостоев. При постепенных рубках процесс лесовосстановления затруднён и растягивается на неопределённое время [32]. Отмечено, что в условиях ленточного бора процесс возобновления протекает неравномерно и находится в тесной зависимости от проективного покрытия живого напочвенного покрова.

Исследования [22] показали, что на вырубках папоротниковых типов леса Сибири при летних лесозаготовках на волоках с ухудшением почвенных условий в течение

трёх лет идёт заселение злаковой растительностью, занимающей до 5–10% площади. В первый год после рубки на волоках обильно возобновляется самосев лиственных пород до 30 экз./м². Автор отмечает, что для подростка кедра в возрасте 10–13 лет, вышедшего из-под трав, характерна высокая энергия роста. К 10–12 годам суммарное количество подростка как предварительного, так и последующего возобновления в зеленомошной группе типов леса достигает 2,0, в крупнопоротниковой – 0,5 тыс. экз./га.

Заключение

Таким образом, морфометрические показатели деревьев подростка, развивающихся под пологом хвойно-лиственного древостоя, характеризуются высокой лабильностью. Преобладают некрупные деревья и мелкий подрост. Древостой и подрост характеризуются как «здоровые». Проведённые трёхлетние (2021–2023 гг.) весенне-осенние обследования возобновления на вырубке показали значительную гибель поросли осины и берёзы после объедания их животными. Всходы берёзы, сосны и ели в основном отмирают в результате выжимания их из почвы морозным пучением. Усиленное возобновление отмечено от стен леса в нижней части вырубке. На данный момент установлено, что на второй и третий год после рубки лесовозобновительный процесс находится на стадии увеличения количества деревьев лиственных пород, преимущественно берёзы семенного происхождения (рис.).

Начальный этап обследования возобновления на вырубке показал, что на большей части и отдельных технологических элементах существует неравномерность заселения территории древесными растениями. Относительно хорошая равномерность поселения выявлена только на волоках в колеях. Отмечается преобладание в возобновлении мелколиственных пород. При сильной захлащённости на волоках появление древесных растений отсутствует, что требует дополнительных мероприятий для улучшения возобновления их на этих технологических элементах вырубке. На участках вырубке, где было проведено выравнивание, в первый и второй год после рубки возобновление отсутствует или протекает слабо. На основании проведённых исследований можно констатировать, что выравнивание волоков не оказывает положительного влияния на эффективность естественного лесовозобновления первые три года. Заторможенное естествен-

ное возобновление на оголённых участках суглинистых почв связано с криогенным выжиманием всходов из почв в зимний период. Последующие наблюдения за процессом развития древесных растений на вырубке позволят лучше познать процесс восстановительных сукцессий нарушенных рубкой ландшафтов бореальной зоны.

Исследование выполнено за счёт гранта Российской государственной академии наук № 23-74-10007, <https://rscf.ru/project/23-74-10007/>.

Литература

1. Громцев А.Н. Основы ландшафтной экологии европейских таёжных лесов России. Петрозаводск: Карельский науч. центр РАН, 2008. 226 с.
2. Дыренков С.А. Структура и динамика таёжных ельников. Л.: Наука, 1984. 176 с.
3. Цветков В.Ф. Лесовозобновление: природа, закономерности, оценка, прогноз. Архангельск: Изд-во АГТУ, 2008. 211 с.
4. Санникова Н.С., Локосова Е.И. Микроэкологический анализ структурно-функциональных связей в лесных биогеоценозах // Генетические и экологические исследования в лесных экосистемах. Екатеринбург, 2001. С. 73–94.
5. del Río M., Pretzsch H., Alberdi I., Bielak K., Bravo F., Brunner A., Condés S., Ducey M.J., Fonseca T., von Lüpke N., Pach M., Peric S., Perot T., Souidi Z., Spathelf H., Sterba H., Tijardovic M., Tomé M., Vallet P., Bravo-Oviedo A. Characterization of the structure, dynamics, and productivity of mixed-species stands: review and perspectives // Eur. J. Forest Res. 2016. V. 135. No. 1. P. 23–49. doi: 10.1007/s10342-015-0927-6
6. Мелехов И.С. Изучение концентрированных рубок и возобновление леса в связи с ними в таёжной зоне // Концентрированные рубки в лесах Севера. М.: Изд-во Акад. наук СССР, 1954. С. 5–47.
7. Обыденников В.И. Последствия использования новых машин в северотаёжных сосняках // Лесное хозяйство. 1979. № 11. С. 18–21.
8. Ларин В.Б. Ход естественного возобновления на вырубках из-под ельников // Трансформация экосистем Севера в зоне интенсивной заготовки древесины. Сыктывкар: Институт биологии Коми научного центра УрО РАН, 1979. С. 78–89.
9. Лазарев И.П., Зябченко С.С. Воздействие лесозаготовительной техники на почву при рубке основных лесов // Влияние хозяйственных мероприятий на лесные почвы Карелии. Петрозаводск: КФ АН СССР, Ин-т леса, 1983. С. 112–129.
10. Козобродов А.С., Климов Р.Н. Влияние современных технологий разработки лесосек на водно-физические свойства почв и лесовосстановление // Почвенные исследования на Европейском Севере России. Архангельск: Издательский дом «ЭЛПА», 1996. С. 138–144.
11. Цветков В.Ф. Сосняки Кольской лесорастительной области и ведение хозяйства в них. Архангельск: Изд-во АГТУ, 2002. 380 с.
12. Ильинцев А.С., Наквасина Е.Н. Образование колонности при проходе лесозаготовительной техники в ельниках на двучленных породах // Известия Санкт-Петербургской лесотехнической академии. 2021. № 237. С. 168–182. doi: 10.21266/2079-4304.2021.237.168-182
13. Побединский А.В. Рубки и возобновление в таёжных лесах СССР. М.: Лесная промышленность, 1973. 199 с.
14. 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
15. Цветков В.Ф., Семенов Б.А. Сосняки Крайнего Севера. М.: Агропромиздат, 1985. 116 с.
16. Иванов В.В. Экологические последствия механизированных лесозаготовок в южной тайге Красноярского края // Лесоведение. 2005. № 2. С. 3–8.
17. Исаев В.И. Влияние механизированных лесозаготовок на изменение водно-физических свойств почвы, сток и возобновление леса // Состояние возобновления и пути формирования молодняков на концентрированных вырубках северо-запада европейской части СССР: тезисы докл. к Всесоюз. совещ. Архангельск, 1971. С. 287–289.
18. Морозова Р.М. Изменение процессов почвообразования под влиянием концентрированных рубок // Возобновление леса на вырубках и выращивание сеянцев в питомниках. Петрозаводск: Карел. кн. изд-во, 1964. С. 55–73.
19. Dymov A.A., V.V. 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 Science. 2022. V. 55. No. 11. P. 1633–1646. doi: 10.1134/S1064229322110023
20. Листов А.А. Боры-беломошники. М.: Агропромиздат, 1986. 179 с.
21. Бабинцева Р.М. Динамика живого напочвенного покрова на вырубках кедровых древостоев в северной части Западного Саяна // Возобновление в лесах Сибири. Красноярск: Красноярское книжное издательство, 1965. 283 с.
22. Загребев В.В., Сухих В.И., Швиденко А.З., Гусев Н.Н., Мошкалев А.Г. Общесоюзные нормативы для таксации лесов. М.: Колос, 1992. 495 с.
23. Cools N., de Vos B. Sampling and analysis of soil // Manual on methods and criteria for harmonized sampling, assessment, monitoring and analysis of the effects of air

pollution on forests. Part 10. Hamburg: UNECE, ICP Forests, 2010. 208 p.

24. Алексеев В.А. Диагностика жизненного состояния деревьев и древостоев // Лесоведение. 1989. № 4. С. 51–57.

25. Алексеев А.С. Мониторинг лесных экосистем. СПб: ЛТА, 1997. 114 с.

26. Цветков П.А., Киришева Д.А. Влияние рекреации на естественное возобновление сосны обыкновенной // Хвойные бореальные зоны. 2004. № 2. С. 61–65.

27. Гусев И.И. Моделирование экосистем. Архангельск: Архангельский государственный технический университет, 2002. 112 с.

28. Атлас почв Республики Коми / Под ред. Г.В. Добровольского, А.И. Таскаева, И.В. Забоевой. Сыктывкар: ООО «Коми республиканская типография», 2010. 356 с.

29. Startsev V.V., Severgina D.A., Dymov A.A. Dynamics of water-soluble carbon and nitrogen content in soils in the first years after clearcutting // Eurasian Soil Science. 2024. V. 57. P. 903–916. doi: 10.1134/S1064229324600064

30. Огородняя С.А., Бутылкина М.А., Красиков С.Р., Дымов А.А. Физические свойства минеральных горизонтов почв вырубки (средняя тайга, Республики Коми) // Вестник Московского университета. Сер. 17. Почвоведение. 2024. Т. 79. № 2. С. 15–25. doi: 10.55959/MSU0137-0944-17-2024-79-2-15-25

31. Pretzsch H., Schütze G. Effect of tree species mixing on the size structure, density, and yield of forest stands // Eur. J. Forest Res. 2016. V. 135. No. 1. P. 1–22. doi: 10.1007/s10342-015-0913-z

32. Малиновских А.А., Маленко А.А. Влияние живого напочвенного покрова на процесс естественного возобновления сосны обыкновенной после рубок в спелых и перестойных насаждениях в ленточных борах Алтайского края // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. 2017. № 12. С. 58–64.

References

1. Gromtsev A.N. Fundamentals of landscape ecology of European taiga forests of Russia. Petrozavodsk: Karelian Scientific Center of RAS, 2008. 226 p. (in Russian).

2. Dyrenkov S.A. Structure and dynamics of taiga spruce forests. Leningrad: Nauka, 1984. 176 p. (in Russian).

3. Tsvetkov V.F. Forest regeneration: nature, regularities, assessment, forecast. Arkhangel'sk: AGTU Publishing, 2008. 212 p. (in Russian).

4. Sannikova N.S., Lokosova E.I. Microecosystem analysis of structural and functional relationships in forest biogeocenoses // Genetic and ecological studies in forest ecosystems. Ekaterinburg, 2001. P. 73–94 (in Russian).

5. del Rio M., Pretzsch H., Alberdi I., Bielak K., Bravo F., Brunner A., Condés S., Ducey M.J., Fonseca T., von Lüpke N., Pach M., Peric S., Perot T., Souidi Z., Spathelf H., Ster-

ba H., Tijardovic M., Tomé M., Vallet P., Bravo-Oviedo A. Characterization of the structure, dynamics, and productivity of mixed-species stands: review and perspectives // Eur. J. Forest Res. 2016. V. 135. No. 1. P. 23–49. doi: 10.1007/s10342-015-0927-6

6. Melekhov I.S. Study of concentrated cuttings and forest regeneration in connection with them in the taiga zone // Concentrated cuttings in the forests of the North. Moskva: ANS SSSR, 1954. P. 5–47 (in Russian).

7. Obydennikov V.I. Impacts of new machine use in the northern taiga pine forests // Lesnoe hozyajstvo. 1979. No. 11. P. 18–21 (in Russian).

8. Larin V.B. Progress of natural regeneration on clearcuts under spruce forests // Transformation of Northern ecosystems in the zone of intensive timber harvesting. Syktывkar: Institute of Biology of the Komi Scientific Center of the Ural Branch of RAS, 1997. P. 78–89 (in Russian).

9. Lazarev I.P., Zyabchenko S.S. Impact of logging equipment on soil during cutting of pine forests // Impact of economic activities on forest soils of Karelia. Petrozavodsk: Karelian Branch of the USSR AS, Institute of Forestry, 1983. P. 112–129 (in Russian).

10. Kozobrodov A.S., Klimov R.N. Impact of modern logging technologies on soil water-physical properties and reforestation // Soil research in the European North of Russia. Arkhangel'sk: Publishing house “ELPA”, 1996. P. 138–144 (in Russian).

11. Tsvetkov V.F. Pine forests of the Kola forest region and management in them. Arkhangel'sk: ASTU Publishing, 2002. 380 p. (in Russian).

12. Ilintsev A.S., Nakvasina E.N. Rut formation after the passage of logging machinery in spruce forests on binomial soils // Izvestia Sankt-Peterburgskoj lesotekhnicheskoy akademii. 2021. No. 237. P. 168–182 (in Russian). doi: 10.21266/2079-4304.2021.237.168-182

13. Pobedinsky A.V. Cuttings and renewal in the USSR taiga forests. Moskva: Lesnaya promyshlennost, 1973. 199 p. (in Russian).

14. 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 // Proceedings of the Russian Geographical Society. 2023. V. 155. No. 3–4. P. 62–73 (in Russian). doi: 10.31857/S0869607123030072

15. Tsvetkov V.F., Semyonov B.A. Pine forests of the Far North. Moskva: Agropromizdat, 1985. 116 p. (in Russian).

16. Ivanov V.V. Ecological consequences of mechanized logging operations in the southern taiga of Krasnoyarsk Krai // Lesovedenie. 2005. No. 2. P. 3–8 (in Russian).

17. Isaev V.I. Impact of mechanized logging on changes in water-physical properties of soil, runoff and forest regeneration // State of regeneration and ways of formation of young trees on concentrated clearcuts in the north-west of the European part of the USSR: tezisy

dokladov k Vsesoyuznomu soveshchaniyu. Arkhangelsk, 1971. P. 287–289 (in Russian).

18. Morozova R.M. Changes in soil formation processes under the influence of concentrated felling // Reforestation on clearcuts and cultivation of seedlings in nurseries. Petrozavodsk: Karelian Book Publishing, 1974. P. 55–73 (in Russian).

19. Dymov A.A., V.V. Startsev V.V., Gorbach N.M., Severgina D.A., Kutuyavin 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 Science. 2022. V. 55. No. 11. P. 1633–1646. doi: 10.1134/S1064229322110023

20. Listov A.A. Lichen pine forests. Moskva: Agropromizdat, 1986. 181 p. (in Russian).

21. Babintseva R.M. Dynamics of living ground cover on clearcuts of cedar stands in the northern part of the Western Sayan // Renewal in Siberian forests. Krasnoyarsk: Krasnoyarskoe knizhnoe izdatel'stvo, 1965. 283 p. (in Russian).

22. All-Union norms for forest taxation / Eds. V.V. Zagreev, V.I. Sukhikh, A.Z. Shvidenko, N.N. Gusev, A.G. Moshkalev. Moskva: Kolos, 1992. 495 p. (in Russian).

23. Cools N., de Vos B. Sampling and Analysis of Soil // Manual on methods and criteria for harmonized sampling, assessment, monitoring and analysis of the effects of air pollution on forests. Part 10. Hamburg: UNECE, ICP Forests, 2010. 208 p.

24. Alekseev V.A. Diagnostics of life state of trees and stands // Lesovedenie. 1989. No. 4. P. 51–57 (in Russian).

25. Alekseev A.S. Monitoring of forest ecosystems. Sankt-Peterburg: LTA, 1997. 114 p. (in Russian).

26. Tsvetkov P.A., Kirisheva D.A. Influence of recreation on natural regeneration of common pine // Hvoynye borealnye zony. 2004. No. 2. P. 61–65 (in Russian).

27. Gusev I.I. Modeling of ecosystems. Arkhangelsk: Arkhangelsk State Technical University, 2002. 112 p. (in Russian).

28. Atlas of soils of the Komi Republic / Eds. G.V. Dobrovolsky, A.I. Taskaev, I.V. Zaboieva. Syktyvkar: Komi Republican Printing House LLC, 2010. 356 p. (in Russian).

29. Startsev V.V., Severgina D.A., Dymov A.A. Dynamics of water-soluble carbon and nitrogen content in soils in the first years after clearcutting // Eurasian Soil Science. 2024. V. 57. P. 903–916. doi: 10.1134/S1064229324600064.

30. Ogorodniaia S.A., Butylkina M.A., Krasikov S.R., Dymov A.A. Physical properties of upper mineral horizons of cutting area (middle taiga, Komi Republic) // Lomonosov Soil Science Journal. 2024. V. 79. No. 2. P. 15–25 (in Russian). doi: 10.55959/MSU0137-0944-17-2024-79-2-15-25

31. Pretzsch H., Schütze G. Effect of tree species mixing on the size structure, density, and yield of forest stands // Eur. J. Forest Res. 2016. V. 135. No. 1. P. 1–22. doi: 10.1007/s10342-015-0913-z

32. Malinovskikh A.A., Malenko A.A. Living soil cover influence on natural regeneration of Scots pine after felling in mature and over-mature stands in belt pine forests of the Altai Region // Vestnik Altayskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. 2017. No. 12. P. 58–64 (in Russian).