

DOI: 10.15393/j2.art.2024.7463

УДК 630*24 : 630*174.755 : 630*181.522 : 630*181.7 (470.51/.54)

Статья

Влияние рубок ухода на рост и плодоношение сибирской и европейской елей в культурах на Среднем Урале

Терехов Геннадий Григорьевич

*доктор сельскохозяйственных наук, Ботанический сад УрО РАН (Российская Федерация),
terekhov_g_g@mail.ru*

Андреева Елена Михайловна

*кандидат биологических наук, Ботанический сад УрО РАН (Российская Федерация),
e_m_andreeva@mail.ru*

Стеценко Светлана Карленовна

*кандидат биологических наук, Ботанический сад УрО РАН (Российская Федерация),
stets_s@mail.ru*

Теринов Николай Николаевич

*доктор сельскохозяйственных наук, Ботанический сад УрО РАН (Российская Федерация),
n_n_terinov@mail.ru*

Получена: 16 октября 2023 / Принята: 12 февраля 2024 / Опубликовано: 25 февраля 2024

Аннотация: Цель исследований — изучение влияния прочистки на регулирование морфоструктуры и густоты древостоя, рост ствола и кроны, ускорение и увеличение репродуктивной способности ели. Объектом исследований являлся участок 19-летних культур ели сибирской и ели европейской, заложенных одновременно на старой вырубке в типе леса ельник разнотравно-зеленомошниковый со свежими, периодически влажными почвами. На участке проведена прочистка разной интенсивности изреживания смешанного древостоя. После прочистки образовалось шесть секций: контрольная (без рубки), остальные опытные — с вырубкой стволов древесных видов: 19, 24, 38, 44 и 67 %. Все виды естественного возобновления на последних 2 секциях вырублены сплошь. Исследованиями установлено, что эффективность рубок ухода определялась интенсивностью изреживания лиственного древостоя. Максимальные периодические (за 12 лет) приросты высоты и диаметра стволов, проекции и объема кроны обоих видов елей отмечены на последних двух секциях. При этом

полное отсутствие лиственных пород на участке способствовало повреждению центральных побегов ствола и ветвей елей высотой до 5 м поздневесенними заморозками, а в летне-осенний период у елей с максимальными размерами кроны в культурах третьего и начала четвёртого десятилетий отмечалась ветровальность. На секциях с участием лиственных пород влияние этих абиотических факторов на ели не отмечено. Ель европейская по некоторым таксационным показателям к 31-летнему возрасту культур превосходит ель сибирскую. Прочистка способствовала активному накоплению деревьев елей обоих видов в первом ярусе древостоя. Больше всего их было на секциях без лиственных пород и в рядах с изреживанием елей. Увеличенный размер кроны елей и постоянная освещённость её солнечными лучами стимулируют семеношение с наибольшим количеством репродуктивных органов по сравнению с деревьями елей на секциях с участием лиственных пород. Через 15 лет после посадки культур ежегодно в опадоуловителях имелись здоровые семена елей. Их количество (0,1—1,2 кг/га) зависело от возраста культур и урожайности шишек. В междурядьях постоянно появляются всходы, из которых образуется подрост. За счёт его накопления есть возможность сформировать разновозрастные еловые древостои, что создаст предпосылку для «натурализации» культурценозов. Даны рекомендации по организации здесь постоянного лесосеменного участка ели сибирской и ели европейской.

Ключевые слова: рубки ухода; культуры елей сибирской и европейской; рост ствола и кроны деревьев; семеношение

DOI: 10.15393/j2.art.2024.7463

Article

Influence of tending felling on the growth and seed production of Siberian and Norway spruce trees in cultures in the Middle Urals

Gennadii Terekhov

Dr. Sc. in agriculture, Botanical Garden Ural Branch of Russian Academy of Sciences (Russian Federation), terekhov_g_g@mail.ru

Elena Andreeva

Ph. D. in biology, Botanical Garden Ural Branch of Russian Academy of Sciences (Russian Federation), e_m_andreeva@mail.ru

Svetlana Stetsenko

Ph. D. in biology, Botanical Garden Ural Branch of Russian Academy of Sciences (Russian Federation), stets_s@mail.ru

Nikolay Terinov

Dr. Sc. in agriculture, Botanical Garden Ural Branch of Russian Academy of Sciences (Russian Federation), n_n_terinov@mail.ru

Received: 16 October 2023 / Accepted: 12 February 2024 / Published: 25 February 2024

Abstract: The purpose of the research was to study the effect of tending felling on the regulation of stand morphostructure and density, trunk and crown growth, acceleration and increase of spruce reproductive ability. The object of the research was a site of 19-year-old *Picea obovata* and *Picea abies* planted simultaneously on an old clear cutting in the spruce forest with the fresh moist soil covered with different grass species and green mosses. Tending felling was performed on the site with different thinning intensity of mixed forest stand. After clearing six sections were formed: one control section (without cutting), and five experimental ones with 19, 24, 38, 44 and 67 % tree trunks cut down. All the trees of natural regeneration were cut down on two last sections. It was found that the efficiency of tending felling resulted from the intensity of deciduous stand clearing. The maximum periodic (over 12 years) growth of the trunks height and diameter, projection and volume of crowns of both types of fir trees were noted in the last two sections. At the same time the complete absence of deciduous trees on the site contributed to the damage of the central shoots of the trunk and branches of spruce trees

up to 5 m high by late spring frosts. Windfall spruce trees with the maximum crown size in the cultures of the third and early fourth decades were noted in the summer and autumn periods. The influence of these abiotic factors on spruce trees was not observed in sections with deciduous trees presence. By the age of 31 years *Picea abies* surpassed *Picea obovata* by some taxation indicators. Clearing contributed to the active accumulation of spruce trees of both types in the first layer of the forest stand. Most of spruce trees grew on sections without deciduous trees and in rows thinned of fir trees. The increased size of fir trees crown and its constant solar illumination stimulated seed production due to larger number of reproductive organs compared to spruce trees on sections with the deciduous trees presence. Healthy spruce seeds in the traps were available every year in 15-year old stands. Their number (0.1—1.2 kg/ha) depended on trees age and the spruce cone harvest. Spruce undergrowth appeared between the rows of trees. Therefore is possible to form uneven spruce stands. The recommendations for the organization of a permanent seed plantation of *Picea abies* and *Picea obovata* are given.

Keywords: thinning; *Picea abies* and *Picea obovata* cultures; tree trunk and crown growth; seed production

1. Введение

Актуальной задачей современного отечественного и зарубежного лесного хозяйства является разработка новой стратегии, направленной на недопущение смены хозяйственно ценных пород, улучшение товарной структуры древостоя и повышение производительности насаждений, на ускорение процесса начала выполнения лесными насаждениями средообразующих функций и репродуктивной способности с сохранением их высокого уровня на всём протяжении онтогенеза [1—5].

Особенностью формирования искусственных молодняков в условиях сплошных вырубок является их тесное взаимоотношение с естественными сообществами. В смешанных молодняках быстрорастущие лиственные древесные породы и кустарниковые виды, в основном вегетативного происхождения, многократно превышают по количеству посаженные растения и занимают господствующий ярус уже с молодого возраста. Без рубок ухода они оказывают негативное влияние на сохранность и рост культур ели, сосны и других пород, сдерживая на многие десятилетия их выход в первый ярус [7], [8].

Общеизвестно, что рубки ухода решают множество задач [4], [9], [10], но крайне скупы сведения об оптимальном соотношении после рубок ухода численности и видового состава лиственных пород, защищающих на начальных этапах формирования ель от неблагоприятных абиотических факторов и при этом несущественно снижающих её рост и развитие. В условиях уральского региона не обнаружено сведений о допустимом режиме развития лиственных пород на участках ели второго класса возраста, поэтому исследование влияния своевременных рубок ухода на процесс формирования устойчивых еловых культурценозов и ускорения срока начала их репродуктивной способности — одна из актуальнейших задач современного лесоведения и лесоводства.

Культуры ели на территории Свердловской и Пермской областей начали создавать с конца 60-х гг. XX в., объёмы их постоянно наращиваются [11]. Учитывая срок примыкания сплошных вырубок в 5 лет, то за последние 50 лет образовались огромные массивы еловых насаждений искусственного происхождения. Высокополнотные участки еловых культурценозов с минимальным участием других лесообразующих пород могут представлять интерес для организации постоянной лесосеменной базы [2], [12], [13].

Данная работа посвящена изучению влияния второго приёма рубок ухода — прореживание разной интенсивности на выход в первый ярус деревьев ели разной видовой принадлежности и динамика семеношения их в наиболее распространённом типе леса — ельник разнотравно-зеленомошниковый.

Целью прорубки являлось регулирование морфоструктуры и густоты древостоя, улучшение условий для роста ствола и кроны и увеличение числа семеносящих деревьев елей и количества репродуктивных органов на них.

2. Материалы и методы

Объектом исследований являлся опытно-производственный участок (ОПУ) культур ели сибирской (*Picea obovata* Ledeb.) и ели европейской (*Picea abies* (L.) Karst.) площадью 4,1 га. Он находится в квартале 103 (выдел 17) Починковского участкового лесничества Невьянского лесничества Свердловской области. Территория лесничества расположена в низкогорных лесах подзоны южной тайги [14]. Участок приурочен к нижней 1/3 макросклона восточной экспозиции, уклон 4—6°, длинной стороной (350 м) поперёк склона. Его координаты: 57°08' 25" с. ш. и 59° 98' 59" в. д. Посадка культур ели на опытно-производственном участке выполнена под руководством Г. Г. Терехова в 1985 г. на 6-летней сплошной вырубке в типе леса ельник разнотравно-зеленомошниковый, который отнесён к травяно-зеленомошной группе типов леса [15]. Почва на ОПУ дерново-подзолистая суглинистая, свежая, периодически влажная, при близком водоупоре из глинистого элювия плотных горных пород, создающего верховодку. Посадочным местом служили микроповышения — гряды (плуг ПЛМ-1,3) и пласты (ПЛП-135). Культуры ели сибирской и ели европейской созданы 4-летними сеянцами, шаг посадки 0,7 м. Каждый ряд от начала и до конца посажен одним видом ели. Чередование ели сибирской с елью европейской равномерное — через один ряд. Направление рядов с севера на юг вдоль длинной стороны участка.

Осветление узкокоридорным методом проводили в 9-летних культурах на всём участке (15-летняя рубка), ширина прорубленных коридоров вдоль рядов ели 1,5—2,5 м. В 19-летних культурах ели (осенью 2004 г.) выполнена прочистка разной интенсивности изреживания древостоя. Перед прочисткой лесокультурный участок разделили вдоль длинной стороны на две равные половины, а затем обе половины ещё раз разделили поперёк на три равные части. Образовалось 6 равных секций (постоянные пробные площади): секция 1 вторым приёмом рубок ухода не затрагивалась, является контрольной; на секции 1а (примыкает длинной стороной к секции 1) вначале изреживали деревья елей в рядах, после этого вырубали со стороны междурядий только те естественные деревья, крона которых перекрывала осевую точку роста оставленных деревьев елей, общая степень изреживания деревьев составила 24 % от их количества; на секции 2 (короткой стороной примыкает к секции 1) применяли верховой метод рубки возобновившихся деревьев коридорами вдоль рядов елей (ширина коридоров до 3 м), в междурядьях сохранились узкие разорванные кулисы лиственных пород, из-за этого значительная часть культур ели оказалась с открытой вершиной, степень изреживания составила 19 %; на секции 2а (примыкает длинной стороной к секции 2, а короткой стороной — к секции 1а) вначале изредили ель в рядах, а затем всё то же, что на секции 2, общая степень изреживания деревьев составила 38 %; на секции 3 (короткой стороной примыкает к секции 2) полностью удалены все виды естественного возобновления высотой более 1 м, степень изреживания деревьев составила 44 % и на секции 3а (примыкает длинной стороной к секции 3, а короткой — к секции 2а) — всё то же,

но дополнительно изреживали деревья елей в рядах, степень изреживания деревьев составила 67 %. Промежутки между кронами оставшихся деревьев елей сибирской и европейской в изреженных рядах от 1 до 2 м. После прочистки на секциях 1а, 2 и 2а вдоль рядов елей образовались окна, коридоры без лиственных пород, их размер составил от 30 до 180 м².

Сразу после прочистки и по окончании наблюдений на каждой секции у всех деревьев елей сибирской и европейской изучены морфометрические показатели: высота и диаметр ствола, проекция кроны вдоль и поперёк ряда, протяжённость её по стволу. Ко второму ярусу отнесены деревья елей, у которых высота ствола меньше на 20 %, чем средняя высота деревьев первого яруса. Учёт урожайности шишек на участке проводился с 2003 г., а после прочистки ежегодно — на каждом дереве каждой секции. Имеющиеся шкалы А. А. Молчанова [16], В. Г. Капера [17] оценки урожайности шишек на деревьях хвойных пород, используемые во взрослых насаждениях, для еловых молодняков с небольшим размером кроны не совсем подходят. Чтобы глазомерным способом более точно оценить количество шишек на всех семеносящих деревьях каждой секции, а затем перевести на 1 га, нами принята следующая балльная шкала: балл 1 присутствует от 1 до 10 шт. шишек на одном дереве; балл 2 — 11—50 шт.; балл 3 — 51—100; балл 4 — 101—150; балл 5 — 151—200 шт. и т. д. с интервалом через 50 шт. Подобная градация ранее также была использована в работе Н. А. Рыбаковой, М. В. Рубцова [1].

3. Результаты

Молодняки — основа будущего древостоя. Исследование горизонтальной и вертикальной структуры древесного полога в искусственных дендроценозах позволяет выявить их биологическую устойчивость к абиотическим факторам, определить условия, обеспечивающие высокие приросты ствола и кроны, а также теоретически обосновать методы, способы и виды рубок ухода и главных рубок [18].

Последующее семенное возобновление лиственных деревьев и кустарников на лесокультурном участке отсутствовало, а вегетативное возобновление лиственных пород было неравномерным, на секциях 1а, 2 и 2а оно представлено лишь ивой козьей, черёмухой обыкновенной и ивой кустарниковой формы (высотой не более 1,5 м). На секциях 3 и 3а по междурядьям отмечена мозаично поросль берёзы, черёмухи, рябины и ивы козьей от пней и отпрыски осины. Большинство стволиков осины и берёзы в молодом возрасте оказались повреждёнными на разной высоте дикими животными. Высота 12-летних порослевых деревьев вторичного возобновления была до 6 м, а общая площадь проекции их крон — не более 25 % территории междурядий. Лиственные породы вторичного возобновления в отдельных случаях выполняли роль подгона для обоих видов елей; кроме того, ежегодно в составе древесного опада присутствует много листьев, что ускоряет процесс минерализации хвойного опада.

Перед прочисткой 7—12 % деревьев ели сибирской имели многовершинность (результат воздействия заморозков), у ели европейской таких деревьев было 6—14 %. Во время второго приёма рубок ухода они почти все были удалены. Вновь повреждённые заморозками деревья обоих видов елей отмечены лишь на секциях 3 и 3а; это, как правило, деревья высотой до 5 м (второй ярус). Повреждение заморозками центральных побегов ствола и кроны елей на секциях сплошного удаления лиственных пород отмечено трижды. Общее количество повреждённых деревьев второго яруса на секции 3а у ели сибирской (в среднем) составило 23 %, а это около 4 % от всех деревьев (1-й и 2-й яруса); у ели европейской соответственно 21 % и 5 %. Центральный побег деревьев 1-го яруса заморозками не повреждался.

Состав насаждения (по запасу древесины) в конце наблюдений (2016 г.) на контрольной секции составил 1Е(л. к.)5Б3Ос1Е (ест.), относительная полнота 1,0; на секции 1а — 1Е(л. к.)5Б3Ос1Е (ест.) и 0,9; на секции 2 — 2Е5Б3Ос и 0,8; на секции 2а — 2Е5Б3Ос ед. Е (ест.) и 0,7; на секции 3 — 10Е ед. Б и 0,7; на секции 3а — 10Е ед. Б и 0,5.

Основные морфометрические показатели деревьев ели сибирской и ели европейской в начале и по окончании исследований приведены в таблице 1, откуда видно, что к концу первого класса возраста (на момент проведения прочистки) сохранность обоих видов елей довольно высокая. Однако большое количество сибирской и европейской елей оказалось под раскидистой кроной деревьев лиственных пород (берёза, осина, ива козья) третьего класса, что негативно отразилось на высоте и других морфометрических показателях 19-летних культур обоих видов елей. Посадка елей проведена на сплошной вырубке 6-летней давности с обильным возобновлением лиственных видов. Крона их в облиствённом состоянии на сплошной вырубке ельника разнотравно-зеленомошникового, приуроченного к нижней части склона, долгое время надёжно защищала молодые побеги елей от поздневесенних заморозков, которые отмечаются здесь часто до конца второй декады июня.

Деревья елей в начале 2-го класса возраста на секциях 1, 2 и 3 без изреживания давно сомкнулись кронами и корнями в рядах. Здесь наиболее выражена дифференциация деревьев по высоте (разница между максимальной и минимальной высотой 3—4-кратная). В результате межвидовой и внутривидовой конкуренции большое количество елей имеют незначительный прирост центрального побега, отстали в росте, занимают 2-й ярус в древостое. Низкая способность к самоизреживанию елей увеличивает число жизнеспособных деревьев, но при этом очень много угнетённых елей, у которых начался процесс усыхания и отпада.

У большинства деревьев каждого вида елей на контрольных секциях 12-летний периодический прирост центрального побега был незначителен, несмотря на то, что за этот период увеличилась высота лиственных деревьев, а в нижней части их кроны уменьшилось количество живых ветвей, что способствовало увеличению освещённости. Лишь отдельные деревья елей в окнах между лиственными породами имели высокие приросты центрального побега. По сравнению с контролем морфометрические показатели роста елей на опытных

секциях заметно увеличились. Максимальный периодический прирост высоты ствола елей относительно исходного показателя отмечен на секциях при сплошной рубке лиственных древесных и кустарниковых видов (секция 3) и дополнительного изреживания (секция 3а) деревьев в рядах (рисунок 1).

Таблица 1. Текущая густота и морфометрические показатели деревьев ели в культуре. Числитель — 2004 г., знаменатель — 2016 г.

Table 1. Current density and morphometric parameters of spruce trees in cultures. Numerator — 2004 year, denominator — 2016 year

№ секции	Ствол деревьев		Крона			Густота деревьев, шт./га
	высота, м	диаметр, см	проекция, м		протяжённость относительно высоты ствола, %	
			вдоль ряда	поперёк ряда		
Ель сибирская						
1	<u>7,4 ± 0,48</u>	<u>6,4 ± 0,46</u>	<u>1,5 ± 0,15</u>	<u>1,8 ± 0,16</u>	<u>68,2</u>	<u>3708</u>
	9,2 ± 0,62	8,8 ± 0,79	1,6 ± 0,15	2,1 ± 0,17	58,8	3287
1а	<u>8,1 ± 0,41</u>	<u>7,1 ± 0,53</u>	<u>1,9 ± 0,13</u>	<u>2,0 ± 0,16</u>	<u>59,1</u>	<u>1638</u>
	13,8 ± 0,52	11,5 ± 0,68	2,5 ± 0,29	2,7 ± 0,13	84,0	1521
2	<u>7,6 ± 0,44</u>	<u>6,2 ± 0,49</u>	<u>1,5 ± 0,11</u>	<u>1,9 ± 0,19</u>	<u>66,7</u>	<u>3843</u>
	14,7 ± 0,63	12,2 ± 0,78	1,9 ± 0,15	2,4 ± 0,14	68,3	3398
2а	<u>7,9 ± 0,41</u>	<u>7,5 ± 0,51</u>	<u>2,0 ± 0,16</u>	<u>2,2 ± 0,19</u>	<u>63,3</u>	<u>1820</u>
	15,6 ± 0,78	12,4 ± 0,76	2,7 ± 0,24	3,0 ± 0,23	78,4	1669
3	<u>7,9 ± 0,53</u>	<u>6,1 ± 0,48</u>	<u>1,5 ± 0,11</u>	<u>1,8 ± 0,16</u>	<u>42,9</u>	<u>4170</u>
	14,3 ± 0,59	12,6 ± 0,81	1,8 ± 0,16	2,5 ± 0,17	64,6	3773
3а	<u>7,8 ± 0,59</u>	<u>7,6 ± 0,53</u>	<u>1,9 ± 0,17</u>	<u>2,2 ± 0,14</u>	<u>85,4</u>	<u>1792</u>
	14,8 ± 0,64	13,7 ± 0,86	3,2 ± 0,11	3,4 ± 0,12	81,5	1776
Ель европейская						
1	<u>7,6 ± 0,41</u>	<u>5,8 ± 0,59</u>	<u>1,3 ± 0,14</u>	<u>1,8 ± 0,15</u>	<u>69,6</u>	<u>4477</u>
	11,5 ± 0,67	7,4 ± 0,70	1,5 ± 0,17	2,4 ± 0,19	65,7	3687
1а	<u>8,4 ± 0,61</u>	<u>6,4 ± 0,41</u>	<u>1,8 ± 0,16</u>	<u>2,0 ± 0,13</u>	<u>74,1</u>	<u>2269</u>
	15,1 ± 0,74	10,0 ± 0,62	2,4 ± 0,18	2,8 ± 0,19	72,2	2012
2	<u>7,5 ± 0,55</u>	<u>6,3 ± 0,55</u>	<u>1,2 ± 0,16</u>	<u>1,9 ± 0,17</u>	<u>66,7</u>	<u>3894</u>
	14,1 ± 0,89	9,5 ± 0,67	1,5 ± 0,19	2,5 ± 0,13	63,3	3509
2а	<u>8,8 ± 0,57</u>	<u>6,6 ± 0,54</u>	<u>2,0 ± 0,18</u>	<u>2,4 ± 0,27</u>	<u>69,1</u>	<u>1624</u>
	17,4 ± 0,87	13,4 ± 0,81	2,9 ± 0,21	3,3 ± 0,19	77,1	1512
3	<u>7,6 ± 0,54</u>	<u>6,4 ± 0,57</u>	<u>1,3 ± 0,16</u>	<u>1,7 ± 0,17</u>	<u>67,4</u>	<u>2597</u>
	17,8 ± 0,89	10,9 ± 0,76	1,4 ± 0,18	2,8 ± 0,15	66,0	2364
3а	<u>8,7 ± 0,67</u>	<u>6,7 ± 0,52</u>	<u>1,9 ± 0,16</u>	<u>2,2 ± 0,16</u>	<u>63,6</u>	<u>1923</u>
	16,9 ± 0,89	14,4 ± 0,88	3,3 ± 0,21	3,7 ± 0,34	85,3	1912

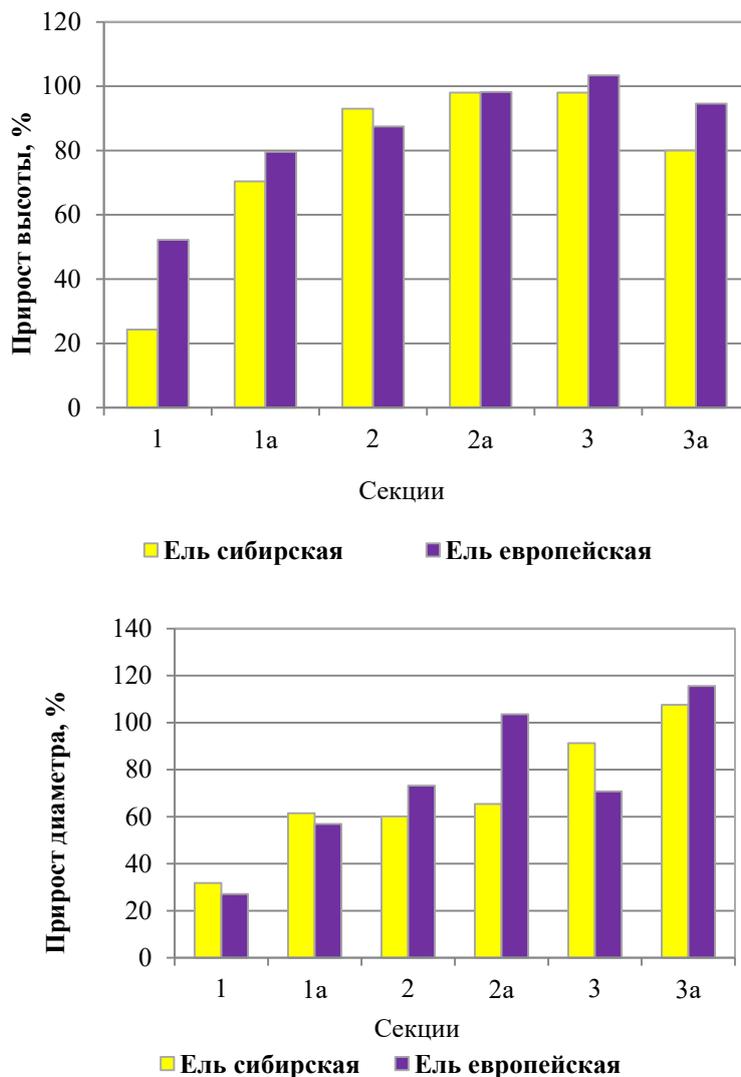


Рисунок 1. Прирост ствола по высоте и диаметру деревьев елей за 12-летний период (2005—2016 гг.) после прочистки

Figure 1. The height and diameter increment of the spruce trees trunk over a 12-year period (2005—2016) after tending felling

Вырубка лиственных деревьев разной интенсивности и дополнительное изреживание деревьев елей в рядах снизило межвидовую и внутривидовую конкуренцию надземной части и корневой системы, в большей мере улучшило освещённость кроны, что положительно отразилось на приросте ствола по диаметру, прежде всего у ели европейской. Периодический прирост ствола по диаметру в опытных секциях превысил исходный в 1,6—2,1 раза и более. Особенно это заметно на секциях 3а у обоих видов елей.

Доля деревьев ели сибирской, находящихся в первом ярусе древостоя в момент прочистки, составляла в среднем около 10 % от общего количества, ели европейской — 9 %. Через 12 лет количество таких деревьев на контрольной секции у ели сибирской

уменьшилось до 7 % (230 шт./га), ели европейской — до 4 % (147 шт./га). На опытной секции 1а, где интенсивность изреживания древостоя составляла 24 % (в т. ч. 17 % ели и 7 % лиственных пород), их было соответственно 13 % и 19 % (198 шт./га и 324 шт./га). На опытной секции 2 при небольшой степени изреживания лиственных деревьев (19 %), но с большим количеством окон в пологе доля деревьев ели сибирской, достигших 1-го яруса в древостое, составила 33 % (1121 шт./га) и ели европейской — 37 % (1298 шт./га). Более высокая степень изреживания древостоя на секции 2а (38 %, в т. ч. 16 % лиственных пород) позволила к этому возрасту достигнуть 1-го яруса преобладающей части деревьев ели сибирской (55 %, или 918 шт./га) и ели европейской (58 %, или 877 шт./га). При отсутствии затенения со стороны лиственных пород и с изреживанием елей в рядах (секции 3а) почти все деревья обоих видов елей находились в 1-м ярусе (ель сибирская — 91 %, ель европейская — 93 %), на секции без изреживания — соответственно 67 % и 55 %. В последнем случае у елей в 31-летних культурах отмечается высокая внутривидовая конкуренция, из-за угнетения многие деревья отстали в росте. Количество деревьев, достигших 1-го яруса, у ели европейской на многих опытных секциях было чуть больше, чем у ели сибирской. Кроны деревьев елей на секции 3а в течение светового дня освещались полностью, на секции 3 — только у деревьев 1-го яруса, а у деревьев 2-го яруса — частично (в утренние и послеобеденные часы). У деревьев елей, достигших 1-го яруса на секциях 1, 1а, 2 и 2а, максимальное освещение получала лишь самая верхняя часть вершины.

В начале четвёртого десятилетия культур на секциях без изреживания деревьев в рядах значительная часть нижних ветвей кроны елей отмерла, в результате протяжённость живой кроны по стволу уменьшилась. После изреживания деревьев в рядах с частичным либо полным удалением лиственных пород текущий периодический прирост ствола по высоте был значительно больше, а отмирание нижних ветвей замедлилось, поэтому протяжённость кроны у ели сибирской достигала 78—84 % (фактический размер кроны 10—12 м), ели европейской — 72—85 % (11—14 м).

Периодический прирост ветвей (кроны) вдоль ряда на секции 2 (с лиственными породами) без изреживания деревьев в рядах у ели сибирской составил 21 % от общей протяжённости, ели европейской — 20 %, а на секции 3 (без лиственных пород) — соответственно 17 % и 7 %. Поперёк ряда периодический прирост ветвей елей сибирской и европейской на этих секциях был в 1,5—2 раза больше. Максимальные значения отмечены на секциях без лиственных пород. Развитие кроны елей на секциях с изреживанием деревьев в рядах происходило активнее (таблица 1), прирост кроны вдоль ряда на секциях 1а, 2а и 3а у ели сибирской составил 24 %, 35 % и 41 % от общего размера проекции, а у ели европейской — соответственно 25 %, 31 % и 42 %. Разница между проекцией кроны вдоль и поперёк ряда на секциях без изреживания достигала у ели сибирской 1,3—1,4, ели европейской 1,6—2,0, на секциях с изреживанием — соответственно 1,1—1,2 и 1,1—1,2.

Наибольшая площадь горизонтальной проекции и объём кроны елей отмечены (рисунок 2) на секциях с изреживанием деревьев в рядах; особенно высокие показатели были как у ели сибирской, так и ели европейской на секциях без лиственных пород.

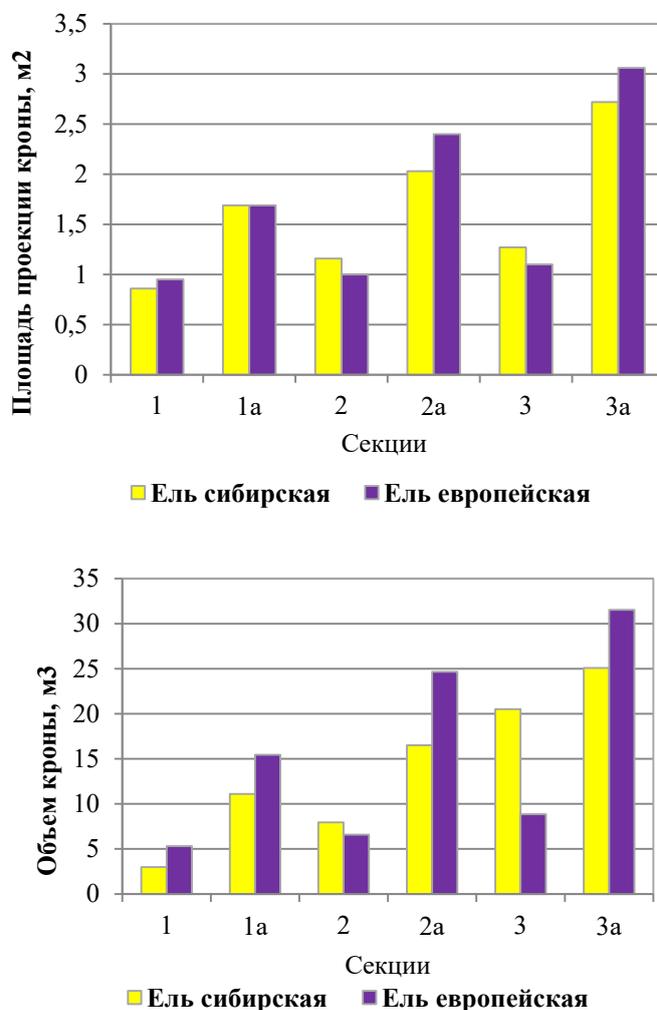


Рисунок 2. Площадь проекции и объём кроны в 31-летних еловых культурах

Figure 2. Projection and crown volume in 31-year-old spruce stands

Основные показатели роста (высота и диаметр ствола, проекция и объём кроны) деревьев ели европейской в 30-летних культурах чуть больше, чем ели сибирской, но достоверность различий между ними отсутствует. Форма кроны на секциях без изреживания елей в рядах овальная (эллипсоидная) с вариантами яйцевидной, выпуклой стороной в направлении наибольшей освещённости, по плотности средняя. На секциях с изреживанием овальность становится менее выраженной и порывы резких ветровых нагрузок на крону будут более равномерно распределяться по ней, не вызывая негативных явлений — слом ствола или одностороннее закручивание кроны с ветровальностью деревьев. При очередном приёме

рубков ухода дерева с односторонне развитой (асимметричной) кроной могут оказаться подлежащими рубке.

Во всех секциях ОПУ к 31-летнему возрасту культур имеется отпад (усыхание отставших в росте) деревьев елей. Наиболее выражен он на контроле (ель сибирская 13 %, ель европейская 18 %) и на опытных секциях 2 и 3 без изреживания деревьев в рядах соответственно 10—11 % и 9—10 %. На секциях 1а и 2а отпад деревьев елей (4—10 %) связан с воздействием разросшихся крон лиственных деревьев и кустарников. На секции 3а хотя незначительный, но также имеется отпад деревьев ели (2 % и 1 %), который образовался в результате ветровальности елей с максимальным объёмом кроны, растущих на нижнем пласту относительно уклона, где более длительное время сохраняется анаэробное явление на переувлажнённых почвах. Корневая система у этих деревьев елей поверхностная, образует веерообразную форму с односторонней направленностью в сторону междурядий. Её протяжённость в сторону борозд не превышает 30 см от внешней окружности ствола. Из-за длительного присутствия воды по дну борозд весной, осенью и при затяжных летних осадках она не выходит в сторону борозд. Ежегодно мелкие корни елей, образовавшиеся летом, проникают в борозды, но осенью либо весной при заполнении борозд водой они отмирают. По количеству вывалившихся деревьев преобладала ель европейская. На секциях 1, 1а, 2 и 2а это явление не отмечено.

Таким образом, в культурах, созданных по пластам на периодически влажных почвах при близком водоупоре из глинистого элювия плотных горных пород, где по дну борозд происходит длительное застаивание воды в вегетационный период, полное удаление лиственных деревьев нежелательно.

Начало появления генеративных органов (шишек) у единичных деревьев ели сибирской, произрастающих на открытых местах, отмечено через 9 лет после посадки 5-летними (3 + 2) саженцами [19]. Отдельные деревья елей обоих видов, находящихся в 1-м ярусе с хорошей освещённостью, имели генеративные органы до прочистки. Через два года после вырубki всей древесной и кустарниковой естественной растительности на секциях 3 и 3а в культурах обоих видов елей произошло значительное увеличение количества деревьев с репродуктивными органами. При этом одновременно возросло количество шишек на каждом дереве по сравнению с предыдущими годами. Семеношение на этих секциях у елей в 1-м ярусе было крайне неравномерно, но ежегодно у разного количества деревьев имелись шишки, их количество — от 3 до 91 шт. на одно дерево.

После прочистки на секциях 2 и 2а у обоих видов елей также произошло увеличение количества деревьев в 1-м ярусе, а через 5 лет величина деревьев с шишками достигла 10 %, но наибольшее количество (до 50 шт.) шишек было только на самых высоких деревьях с максимальной освещённостью кроны. На секции 1а доля таких деревьев елей с каждым годом увеличивалась и возрастала численность шишек на них. В контроле к 25-летнему возрасту лишь отдельные деревья обоих видов елей достигли 1-го яруса, а генеративные

органы (в небольшом количестве) стали образовываться у самых высоких деревьев на последних 1—2-летних приростах вершин.

Присутствие генеративных органов у деревьев елей 2-го яруса (по высоте перед прореживанием они были меньше деревьев 1-го яруса) на секции 3а отмечено на 3-й год у отдельных деревьев, в дальнейшем их количество возрастало. Семеношение на секции 3 было лишь у отдельных деревьев елей 2-го яруса (не затенённых либо со слабым затенением) через 5 лет после прочистки. На остальных секциях наличие шишек у деревьев елей сибирской и европейской к 31-летнему возрасту культур, находящихся во 2-м ярусе, не отмечено.

Наибольшая урожайность шишек за весь период наблюдения отмечена в 30-летних культурах (таблица 2). К этому времени на контрольной секции и на всех опытных секциях у обоих видов елей стали накапливаться деревья в 1-м ярусе. Их количество определялось степенью изреживания древостоя при прочистке. Самое главное то, что на всех секциях, в т. ч. впервые на контрольной секции у обоих видов елей, отмечены деревья с репродуктивными органами. У деревьев елей на контрольной и опытных секциях с участием лиственных пород репродуктивные органы присутствовали только на 1—3-летних приростах вершин. При этом балл урожайности шишек у них невысокий (количество шишек от 3 до 58 шт. на одном дереве), оценён, в основном, 1, 2 и 3 баллами.

Таблица 2. Распределение деревьев с репродуктивными органами в 30-летних культурах (2015 г.) по баллам урожайности на секциях (%)

Table 2. Distribution of trees with reproductive organs in 30-year-old cultures (2015) by yield points in sections (%)

Секция	Количество деревьев с баллом урожайности шишек, %						Всего деревьев с шишками, %
	1	2	3	4	5	6	
Ель сибирская							
1	1	1	0	1	0	0	3
1a	1	2	1	1	1	0	6
2	3	1	2	2	0	0	8
2a	7	3	7	2	1	0	20
3	19	10	6	4	7	6	52
3a	14	14	8	15	18	8	77
Ель европейская							
1	1	1	0	0	1	0	2
1a	1	2	0	2	1	0	6
2	2	1	2	3	1	0	9
2a	3	4	6	5	5	1	24
3	9	16	6	6	3	5	45
3a	8	13	21	19	19	7	87

Максимальное количество деревьев елей с разной урожайностью шишек отмечено на секции 3а (ель сибирская 77 %, ель европейская 87 % от общего количества). Крона этих деревьев освещалась в течение светового дня полностью, генеративные органы здесь отмечены на значительно большем количестве приростов вершины и даже на ветвях в средней части кроны (единично). Доля деревьев ели с высоким баллом урожайности шишек (4, 5 и 6 баллов) на секции 3а у ели сибирской составила 41 %, ели европейской — 45 %. После прочистки на секции 3а у обоих видов елей обильное семеношение (деревьев с шишками в 1-м ярусе 70 % и более) отмечено 3 раза (2009, 2013 и 2015 гг.).

Таким образом, на данном лесокультурном участке можно сформировать постоянный участок по заготовке семян ели сибирской и ели европейской. Для этого необходимо при прореживании на секциях 1, 2 и 3 изредить деревья елей в рядах, а на секциях 1а, 2а и 3а ещё раз изредить деревья елей в рядах. Затем на секциях 1, 1а, 2, и 2а убрать из 1-го яруса все лиственные деревья, сохранив их во 2-м ярусе. При отсутствии 2-го яруса 1-й ярус изреживается так, чтобы крона не менее чем у 70 % деревьев елей оказалась открытой. На секциях 3 и 3а после изреживания елей в рядах следует оставить большую часть лиственных деревьев вторичного возобновления во избежание ветровальности елей.

Эти мероприятия снизят внутривидовую и межвидовую конкуренцию для оставшихся деревьев елей и создадут им благоприятные условия для роста надземной части и корневой системы. Увеличение размера кроны деревьев в культурах и её максимальная освещённость повысят урожайность шишек, что будет способствовать появлению большего количества семян и самосева, тем самым создаётся возможность формирования 2-го яруса из елового подроста под пологом искусственного материнского древостоя.

Начало раскрытия семенных чешуек и вылет семян определяются погодными условиями в период созревания шишек и семян. В тёплое и сухое лето эти явления ускоряются. Нами отмечено начало массового вылета семян ели сибирской в первых числах сентября (с 1-е по 4-е число) в 2007, 2008, 2010, 2013 и 2014 гг., у ели европейской это происходило на 7—11 дней позже. Часто основное количество семян обоих видов елей выпадает на поверхность почвы до начала основного древесного листопада и отпада надземной части травянистой растительности, которые наиболее выражены после осенних заморозков. Отпад травянистой растительности и листьев надёжно прикрывает семена ели и сохраняет их от поедания орнитофауной, численность которой к этому времени в лесу заметно сокращается.

Ежегодно под пологом культур третьего-четвёртого десятилетий в опадоуловителях обнаруживались здоровые семена ели (0,1—1,2 кг/га) [11]. Пройдя естественную стратификацию, некоторая часть сохранившихся семян под опадом дала всходы, из которых впоследствии образовался еловый подрост [20—22]. За счёт накопления его по междурядьям [23] появляется возможность с помощью рубок ухода сформировать разновозрастные устойчивые продуктивные еловые древостои [24], что создаст предпосылку

для «натурализации» культурценозов и последовательного переформирования их в сложные разновозрастные экосистемы.

4. Обсуждение и заключение

В послерубочный период максимальный прирост высоты и диаметра стволов, проекции и объёма крон деревьев елей, а также количества деревьев обоих видов елей в 1-м ярусе древостоя отмечен при удалении лиственных пород. На секциях без лиственных пород в ельнике разнотравно-зеленомошниковом кроме положительного явления имело место и отрицательное — молодые побеги ствола, ветвей елей высотой до 5 м повреждались поздневесенними заморозками. Кроме того, в культурах обоих видов елей у деревьев с максимальными размерами кроны в конце третьего и начале четвёртого десятилетия стала отмечаться ветровальность. Ель европейская к 31-летнему возрасту культур превосходит по некоторым таксационным показателям ель сибирскую.

После прочистки активнее стали накапливаться деревья елей в 1-м ярусе, их количество определялось степенью изреживания древостоя. Постоянная освещённость солнечными лучами кроны этих деревьев активнее стимулирует семеношение с наибольшим количеством репродуктивных органов как на вершине, так и в её средней части. Репродуктивных органов у деревьев елей обоих видов на секциях с участием лиственных пород было значительно меньше (от 3 до 58 шт. на одном дереве), присутствовали только на 1—3-летних приростах вершин.

На данном участке через 15 лет после посадки культур в опадоуловителях ежегодно имелись здоровые семена елей. Их количество (0,1—1,2 кг/га) зависело от возраста культур и урожайности шишек. Пройдя естественную стратификацию, некоторая часть семян, сохранившихся под опадом, дала всходы, из которых впоследствии по междурядьям накапливается еловый подрост. С помощью рубок ухода появляется возможность сформировать разновозрастные устойчивые продуктивные еловые древостои, что создаст при одноразовой посадке предпосылку для «натурализации» культурценозов. Здесь путём двух прореживаний можно сформировать лесосеменной участок из ели сибирской и ели европейской с небольшим числом лиственных деревьев вторичного возобновления.

Работа выполнена в рамках государственного задания ФГБУН «Ботанический сад УрО РАН».

Список литературы

1. Рыбакова Н. А., Рубцов М. В. Влияние рубки древостоев берёзы на семеношение ели предварительной генерации в южной тайге // Известия вузов. Лесной журнал. 2017. № 2. С. 21—31.
2. Багаев С. С., Чудецкий А. И. Результаты рубок ухода в лиственно-еловых насаждениях Костромской области // Лесохозяйственная информация. 2018. № 1. С. 5—20. URL:

http://lhi.vniilm.ru/PDF/2018/1/LHI_2018_01-01-Bagaev.pdf (дата обращения: 14.06.2023).
Текст: электронный.

3. Дерюгин А. А., Глазунов Ю. Б. Рост деревьев ели предварительного возобновления после рубки березняков в подзоне южной тайги Русской равнины // Вестник Поволжского государственного технологического университета. Серия: Лес. Экология. Природопользование. 2018. № 2 (38). С. 5—18.
4. Залесов С. В. Лесоводство: Учебник. Екатеринбург: УГЛТУ, 2020. 295 с.
5. Paquette A., Messier Ch. The Role of Plantations in Managing the World's Forests in the Anthropocene // *Frontiers in Ecology and the Environment*. 2010. Vol. 8, no. 1. P. 27—34. DOI: 10.1890/080116.
6. Lessons from Native Spruce Forests in Alaska: Managing Sitka Spruce Plantations Worldwide to Benefit Biodiversity and Ecosystem Services / R. L. Deal, P. Hennon, R. O'Hanlon [et al.] // *Forestry*. 2014. Vol. 87, no. 2. P. 193—208. DOI: 10.1093/forestry/cpt05.
7. Рыбакова Н. А. Многолетняя динамика парцеллярной структуры лесных фитоценозов после рубки южнотаёжных березняков с сохранением второго яруса ели // Лесохозяйственная информация. 2018. № 3. С. 37—50. DOI: 10.17238/issn0536036.2017.2.21/.
8. Рыбакова Н. А. Динамика семеношения восстановительной сукцессии ели обыкновенной (*Picea abies* L.) в южной тайге // Вестник Поволжского государственного технологического университета. Серия: Лес. Экология. Природопользование. 2022. № 1 (53). С. 20—30. DOI: <https://doi.org/10.25686/2306-2827.2022.1.20>.
9. Антонов О. И., Кузнецов Е. Н. Совершенствование технологии комплексного ухода за лесом с целью повышения качественной продуктивности насаждений // Лесотехнический журнал. 2017. Т. 7, № 1 (25). С. 42—49. DOI: 12737/25191.
10. Правила ухода за лесом: Приказ Министерства природных ресурсов и экологии № 534 от 30.07.2020. Зарегистрирован в Минюсте 18.12.2020. № 61555. 206 с.
11. Терехов Г. Г., Бирюкова А. М., Пермякова Л. П. Влияние насекомых-конофагов на выход семян в шишках культур ели на Среднем Урале // Известия Санкт-Петербургской лесотехнической академии. 2012. Вып. 200. С. 160—172.
12. Создание лесных плантаций лесоводственными методами в Костромской области / С. С. Багаев, А. И. Чудецкий, И. А. Коренев [и др.] // Актуальные проблемы ботаники и охраны природы: Сб. науч. ст. Междунар. научно-практич. конф., посвящённой 150-летию со дня рождения проф. Г. Ф. Морозова (г. Симферополь, 28—30 нояб. 2017 г.). Симферополь: ИТ «АРИАЛ», 2017. С. 223—227.
13. Чудецкий А. И., Багаев С. С. Оценка потенциала еловых насаждений для создания лесных плантаций лесоводственными методами в южно-таёжном районе европейской части России // Лесной журнал. 2019. № 2. С. 22—31. (Изв. высш. учеб. заведений). DOI: 10.17238/issn0536-1036.2019.2.22.
14. Колесников Б. П., Зубарева Р. С., Смолоногов Е. П. Лесорастительные условия и типы леса Свердловской области: Практическое руководство. Свердловск: УНЦ АН СССР, 1973. 176 с.
15. Исаева Р. П. Рекомендации по ведению лесного хозяйства на зонально-типологической основе в лесах Свердловской области. М., 1984. 56 с.
16. Молчанов А. А. География плодоношения главнейших древесных пород СССР. М.: Наука, 1967. 104 с.
17. Атрохин В. Г., Кузнецов Г. В. Лесоводство. 2-е изд., перераб. и доп. М.: Агропромиздат, 1989. 400 с.

18. Моделирование динамики лесных экосистем как инструмент прогнозирования и управления лесами / П. Я. Грабарник, В. Н. Шанин, О. Г. Чертов [и др.] // Лесоведение. 2019. № 6. С. 488—500.
19. Терехов Г. Г. Особенности создания и выращивания культур ели сибирской на Урале // Лесной и химический комплексы — проблемы и решения (экологические аспекты): Материалы Всерос. научно-практич. конф. Красноярск, 2004. Т. 1. С. 201—206.
20. Беляева Н. В., Казы И. А., Матвеева А. С. Естественное возобновление ели европейской под пологом древостоев в зависимости от их состава в южно-таёжном лесном районе Ленинградской области // Актуальные проблемы развития лесного комплекса: Материалы Междунар. научно-техн. конф. Вологда: Вологодский государственный университет, 2016. С. 7—10.
21. Беляева Н. В., Апаницына А. П. Влияние состава материнского древостоя на естественное возобновление ели европейской // Актуальные направления научных исследований XXI века: теория и практика: Сб. науч. тр. Воронеж: ВГЛУ, 2016. № 4 (24). С. 33—42.
22. Екимова Д. В. Ход естественного возобновления в сосновых и еловых типах леса в Емцовском учебно-опытном лесхозе // Молодой учёный. 2020. № 24 (134). С. 137—139.
23. Луганский Н. А., Терехов Г. Г. Влияние микроэкотопов лесокультурного участка на естественное восстановление ели сибирской // Лесной вестник. 2007. № 8. С. 40—45.
24. Терехов Г. Г., Усольцев В. А., Бирюкова А. М. Лесоводственная оценка самосева ели сибирской в еловых культуруценозах на Среднем Урале // Известия Санкт-Петербургской лесотехнической академии. 2007. № 180. С. 20—30.

References

1. Rybakova N. A., Rubtsov M. V. Effect of Birch Stand Cutting on Seed Production of Spruce of Preliminary Generation in the South Taiga. *Forestry journal*, 2017, no. 2, pp. 21—31. doi: 10.17238/issn0536-1036.2017.2.21. (In Russ.)
2. Bagaev S., Chudetsky A. Results of Thinning in Deciduous-and-Spruce Stands in the Kostroma Region. *Forestry information*, 2018, no. 1, pp. 5—20. Available at: <http://dx.doi.org/10.24419/LHI.2304-3083.2018.1.01>. Text. Image: electronic. (In Russ.)
3. Derugin A. A., Glazunov Yu. B. Growth of Spruce of Advance Regeneration after Birch Groves Felling in the Subzone of Southern Taiga of Russian Plain. *Vestnik of Volga State University of Technology. Series: Forest. Ecology. Nature Management*, 2018, no. 2 (38), pp. 5—88. doi: 10.15350/2306-2827.2018.2.5. (In Russ.)
4. Zalesov S. V. *Silviculture: Schoolbook*. Yekaterinburg, UGLTU, 2020. 295 p. (In Russ.)
5. Paquette A., Messier Ch. The Role of Plantations in Managing the World's Forests in the Anthropocene. *Frontiers in Ecology and the Environment*, 2010, vol. 8, no. 1, pp. 27—34. doi: 10.1890/080116.
6. Deal R. L., Hennon P., O'Hanlon R., D'Amore D. Lessons from Native Spruce Forests in Alaska: Managing Sitka Spruce Plantations Worldwide to Benefit Biodiversity and Ecosystem Services. *Forestry*, 2014, vol. 87, no. 2, pp. 193—208. doi: 10.1093/forestry/cpt055.
7. Rybakova N. A. Long-Term Dynamics Parcellary Structure of Forest Phytocenoses in Clearings of Birch Forests With the Preservation of the Second Layer of Spruce in the Southern Taiga. *Forestry information*, 2018, no. 1, pp. 5—20. Available at: <http://lhi.vniilm.ru/-DOI:10.17238/issn 0536036.2017.2.21>. (In Russ.)
8. Rybakova N. A. Dynamics of Seed Production of Secondary Succession of European Spruce (*Picea Abies* L.) in the Southern Taiga. *Vestnik of Volga State University of Technology*.

- Series: Forest. Ecology. Nature Management*, 2022, no. 1 (53), pp. 20—30. doi: <https://doi.org/10.25686/2306-2827.2022.1.20>. (In Russ.)
9. Antonov O. I., Kuznetsov E. N. Improving the technology of complex care for forests with the aim of improving quality of productivity of plantations. *Forestry Engineering Journal*, 2017, vol. 7, no. 1 (25), pp. 42—49. doi: 12737/25191. (in Russ.)
 10. Rules for the care of the forest: Order of the Ministry of Natural Resources and Ecology No. 534 dated 07.30.2020. Registered with the Ministry of Justice on 12.18.2020 No. 61555. 206 p. (In Russ.)
 11. Terekhov G. G., Biryukova A. M., Permyakova L. P. Influence of konophagous insects on the yield of seeds in cones of spruce cultures in the Middle Urals. *Proceedings of the Saint Petersburg Forestry Academy*, 2012, no. 200, pp. 160—172. (In Russ.)
 12. Bagaev S. S., Chudetsky A. I., Korenev I. A., Tretyakov V. V. Creating of forest plantations by silvicultural methods in Kostroma region. *Current problems of botany and nature protection* Materials of scientific articles of the International scientific and practical conference dedicated to the 150th anniversary of the birth of Professor G. F. Morozov. Simferopol, IT «ARIAL», 2017, pp. 223—227. (In Russ.)
 13. Chudetsky A. I., Bagaev S. S. Potential Assessment of Spruce Stands for the Development of Forest Plantations by Silvicultural Methods in the Southern Taiga Region of the European Part of Russia. *Forestry Journal*, 2019, no. 2, pp. 22—31. doi: 10.17238/issn0536-1036.2019.2.22 (In Russ.)
 14. Kolesnikov B. P., Zubareva R. S., Smolonogov E. P. *Forest-growing conditions and forest types of the Sverdlovsk region: A practical guide*. Sverdlovsk, UNC AN SSSR, 1973. 176 p. (In Russ.)
 15. Isaeva R. P. *Recommendations for forest management on a zonal-typological basis in the forests of the Sverdlovsk region*. Moscow, 1984. 56 p. (In Russ.)
 16. Molchanov A. A. *Geography of fruiting of the main tree species of the USSR*. Moscow, Nauka, 1967. 104 p. (In Russ.)
 17. Atrokhin V. G., Kuznetsov G. V. *Forestry*. 2nd edition, revised and added. Moscow, Agropromizdat, 1989. 400 p. (In Russ.)
 18. Grabarnik P. Ya., Shanin V. N., Chertov O. G., Pripulina I. V., Bykhovets S. S., Petropavlovskii B. S., Frolov P. V., Zubkova E. V., Shashkov M. P., Frolova G. G. Modelling of Forest Ecosystem Dynamics: an Instrument for Forest Prediction and Management. *Forestry*, 2019, vol. 6, pp. 488—500. (In Russ.)
 19. Terekhov G. G. Features of the creation and cultivation of Siberian spruce cultures in the Urals. *Forest and chemical complexes — problems and solutions (environmental aspects)*: Materials of the articles of the All-Russian scientific-practical conference. Krasnoyarsk, 2004, vol. 1, pp. 201—206. (In Russ.)
 20. Belyaeva N. V., Kazi I. A., Matveeva A. S. Natural renewal of European spruce under the canopy of forest stands, depending on their composition in the southern taiga forest region of the Leningrad region. *Actual problems of the development of the forest complex*: Materials of the International Scientific and Technical Conference. Vologda, Vologda State University, 2016, pp. 7—10. (In Russ.)
 21. Belyaeva N. V., Apanitsyna A. P. Influence of the composition of the parent stand on the natural renewal of European spruce. *Actual directions of scientific research of the XXI century: theory and practice*: Materials of the International Scientific and Practical Conference. Voronezh, VGLTU, 2016, no. 4 (24), pp. 33—42. (In Russ.)

22. Ekimova D. V. The course of natural renewal in pine and spruce forest types in the Yemtsovsky educational and experimental forestry. *Young scientis*, 2020, no. 24 (134), pp. 137—139. (In Russ.)
23. Lugansky N. A., Terekhov G. G. Influence of microecotopes of the forest area on the natural renewal of Siberian spruce. *Forestry Bulletin*, 2007, no. 8, pp. 40—45. (In Russ.)
24. Terekhov G. G., Usoltsev V. A., Biryukova A. M. Forestry assessment of self-sowing of Siberian spruce in spruce cultural cenoses in the Middle Urals. *Proceedings of the Saint Petersburg Forestry Academy*, 2007, no. 180, pp. 20—30. (In Russ.)

© Терехов Г. Г., Андреева Е. М., Стеценко С. К., Теринов Н. Н., 2024