

Д.Э. Раупова, Д.А. Данилов

**ТАКСАЦИОННАЯ СТРУКТУРА И ПЛОТНОСТЬ
ДРЕВЕСИНЫ СОСНЫ И ЕЛИ
В СМЕШАННЫХ ИСКУССТВЕННЫХ НАСАЖДЕНИЯХ
ЛЕНИНГРАДСКОЙ ОБЛАСТИ**

Введение. Создание многовидовых насаждений из различных древесных пород при использовании потенциала условий произрастания позволяет повысить продуктивность насаждений. Проблематика данного вопроса имеет длительную историю в лесоводственных исследованиях [Морозов, 1930; Bravo-Oviedo et al., 2014; Drössler et al., 2015, 2018; Mai et al., 2021; Danilov et al., 2021].

Полученные результаты по созданным смешанным насаждениям приводят нередко к диаметрально противоположным мнениям о доле участия пород в создаваемых искусственно или формируемых из естественных молодых насаждениях [Pretzsch et al., 2016, 2020; Sterba et al., 2014; Bielak et al., 2014; Danilov, 2018, 2019; Януш и др., 2020]. Однако общим в подобного рода исследованиях является выявление внешних или внутренних факторов, которые определяют успешность роста и развития смешанных насаждений [Бюсген, 1961; Третьяков и др., 2007; Громцев, 2008; Ruiz-Peinado et al., 2021; Riofrio et al., 2019; Беляева, Данилов, 2011, 2014, 2020; Иванов и др., 2016; Zaytsev et al., 2018; Залесова и др., 2019; Яковлев и др., 2019].

Рост и производительность насаждений с разной долей участия сосны и ели в зависимости от схемы смешения пород необходимо рассматривать для конкретных типов условий местопроизрастания [Наумов, Поляков, 1999; Федорчук и др., 2005; Чибисов, 2010; Данилов и др., 2016; Мерзленко, Бабиц, 2019]. Природа сочетаний пород отражается на реальных возможностях роста той или иной хвойной породы и, как следствие, на результатах их культивирования к возрасту спелости искусственного древостоя [Морозов 1899, 1930]. Это отражение просматривается на фоне различных по своей природе типах условий местопроизрастания.

Выращивание высокопродуктивных смешанных древостоев сосны (*P. sylvestris* L.) и ели (*P. abies* Karst.) в условиях Северо-Запада России позволяет решать задачу по обеспечению сырьём лесного комплекса страны.

Однако вопрос качественных характеристик выращиваемой древесины и такого комплексного показателя, как её плотность, остаётся открытым и не изученным в полной мере [Вихров, Лобасенок, 1963; Kisser и др., 1967; Liu & Westman, 2009; Полубояринов, 1976].

В проведённых исследованиях по изучению плотности древесины сосны и ели в искусственных и естественных насаждениях полученные результаты показывают, что на этот интегральный показатель качества древесины могут влиять условия произрастания, состав и полнота насаждения и ряд других факторов [Полубояринов, 1976, 1991; Чибисов, 2010; Лохов, 2011; Царенко и др., 2014; Данилов и др., 2011, 2014, 2016; Усольцев и др., 2020; Danilov et al., 2020].

Для прогнозирования качественных и количественных характеристик древесины сосны и ели при их выращивании необходимы исследования по данной проблематике, чтобы сформировать оптимальный режим лесовыращивания на всех этапах развития смешанного хвойного насаждения [Неволин, 2004; Данилов и др., 2011, 2014].

В связи с вышеизложенным целью проведённого исследования было изучение таксационной структуры и плотности древесины сосны и ели в смешанных искусственных насаждениях различного состава на почвах, сформированных на двучленных наносах на склоновом рельефе.

Регион исследования – Ленинградская область СЗФО относится к Балтийско-Белозерскому таежному лесному району. Исследование проводилось в 50-летних смешанных насаждениях сосны и ели в квартале 23 Орлинского участкового лесничества Гатчинского районного лесничества.

Участок приурочен к склоновому рельефу в направлении к бассейну реки Ракитинка.

Почвы данного участка сформированы на двучленных отложениях – перекрывающий супесчаный горизонт, подстилаемый красноцветным моренным валунным суглинком на склоновой части выположенного рельефа, тип лесорастительных условий С2. Данные почвы занимают до 40% лесного фонда района исследования [Чертов, 1981].

Высадка растений сосны и ели проводилась по пластам, созданным дисковой лесной бороной по сдвоенным рядам. Первичная густота посадки в лесных культурах 6000 шт./га, схема смешения порядная, густота 3000 шт./га сосны и 3000 шт./га ели, ширина междурядий 4 м, шаг посадки 0,5 м. Агротехнические и лесоводственные уходы проводились химическими методами. Прореживающих рубок за сосновым и еловым элементами древостоя не проводилось.



Рис. 1. Карта-схема объектов исследования

Fig. 1. Map-scheme of the study objects

Методика исследования. В смешанных насаждениях были заложены три пробные площади (ПП) по склоновому рельефу размером 50×50 м площадью 0,25 га каждая с использованием мерной ленты и навигатора GPS MAP 64 для отбивки углов участка. Проведен сплошной пересчёт деревьев с замером диаметров на высоте 1,3 м и высот деревьев с использованием мерных таксационных вилок Haglof и высотомеров Suunto PM-5/1250 [Ветров и др., 2014; Прищепов, 2020].

Отбор кернов древесины сосны и ели проводился от деревьев всего ряда распределения по ступеням 2 см на высоте 1,3 м буровом Пресслера. Далее определялась базисная плотность древесины методом максимальной влажности по Полубояринову [Полубояринов, 1976].

Для статистической обработки полученных данных использовался программный пакет STATISTICA-12 [Бондаренко, Жигунов, 2016].

Результаты исследования. На данном возрастном этапе развития смешанного насаждения проявилось влияние рельефа на участке местопроизрастания на фоне относительно однородных почвенных условий, которые отразились на таксационных характеристиках пород, составляющих древостой. Можно наблюдать изменения по склону участка состава насаждения и запаса, как для сосны, так и для ели, приведённые в табл. 1.

Таблица 1

**Средние таксационные показатели сосны и ели на опытных
объектах смешанных лесных культурах сосны и ели**

**Average Taxation Indexes of Pine and Spruce in Experimental Plots
in Mixed Stands of Pine and Spruce**

№ ПП	Со- став	Порода	N , шт./га	G , м ² /га	$D_{ср}$, см	$H_{ср}$, м	$M_{эл.леса}$, м ³ /га	$M_{эл.леса}$, м ³ /га	$M_{общ}$, м ³ /га	$M_{общ}$, м ³ /га
ПП 1	6Е4С	С	<u>424</u>	<u>15,7</u>	<u>21,7</u>	<u>20,4</u>	<u>38,3</u>	<u>153,2</u>	85,9	343,6
		Е	1056	23,3	16,8	16,8	47,6	190,4		
ПП 2	7Е3С	С	<u>172</u>	<u>7,5</u>	<u>23,7</u>	<u>25,9</u>	<u>21,9</u>	<u>87,6</u>	82,7	330,8
		Е	1532	23,8	14,3	15,9	60,8	243,2		
ПП 3	5Е5С	С	<u>256</u>	<u>12,6</u>	<u>25,0</u>	<u>20,2</u>	<u>30,5</u>	<u>122,0</u>	64,6	258,4
		Е	920	12,6	13,4	18,2	34,2	136,8		

Таксационные характеристики. Результаты исследования показали, что диаметр и высота на всех опытных участках у соснового элемента насаждения выше, чем у елового (табл. 1). Наибольшая высота в смешанных насаждениях наблюдается у сосны на ПП 2 с составом 7Е3С, а средний диаметр насаждения на ПП 3 с составом 5Е5С. Для ели наибольшая средняя высота отмечается на участке с равной долей участия пород, а средний диаметр на участке 1 с составом 6Е4С, где и отмечен высший запас насаждения с наибольшим количеством деревьев 1480 шт./га. Однако распределение по классам диаметра стволов у ели имеет меньший размах, чем у сосновой части насаждения на всех трёх опытных объектах независимо от состава насаждения (рис. 2). Следует отметить, что на всех обследованных участках у еловой части насаждения наибольшее количество стволов находится в диапазоне от 10 до 20 см. У сосновой части насаждений наибольшее количество стволов представлено ступенями от 16 до 32 см.

Показательны кривые распределения по классам диаметра у соснового и елового элементов, которые отражают особенности сформировавшихся ярусов этих пород. Для ели на опытных объектах форма кривой имеет обратно экспоненциальное распределение. Для соснового элемента смешанных хвойных насаждений график распределения близок к нормальному, но имеет два пика в центральной части. В практике лесоводственно-биологических исследований часты случаи, когда значения признаков дают распределения в той или иной мере отличающиеся от нормального.

Иногда обнаруживается асимметричное, в других случаях – эксцессивное распределение того или иного биометрического или таксационного признака насаждения [Ивантер и др., 2011; Бондаренко, Жигунов, 2016; Сальникова и др., 2017; Сидельник и др., 2021].

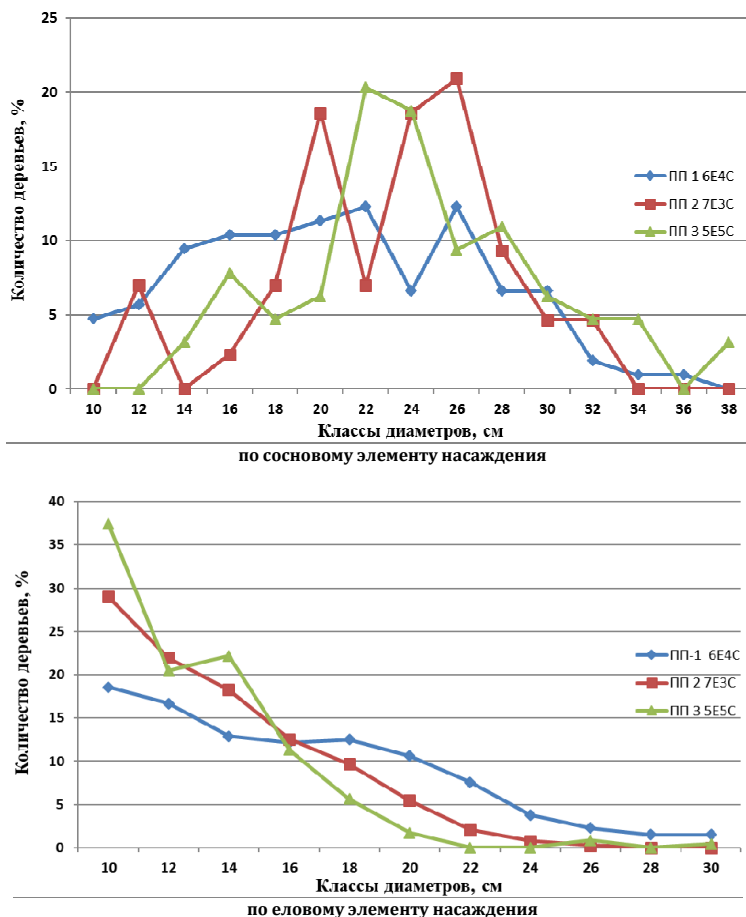


Рис. 2. Распределение по классам диаметров количества стволов сосны и ели в насаждениях на опытных объектах

Fig. 2. Distribution by diameter classes of the number of pine and spruce trunks in the plantations at the experimental sites

В смешанных искусственных насаждениях, как и в естественных древостоях, с возрастом характер распределения стволов изменяется в зависимости от древесной породы и хода изреживания. На опытных объектах с различной долей участия ели и сосны в результате конкуренции между деревьями произошла дифференциация по элементам древостоя, что привело к образованию двухвершинности кривой распределения деревьев сосны по толщине стволов в насаждениях с составом 6Е4С и 7Е3С. Для насаждения с равной долей участия сосны и ели ряд распределения по классам диаметра стволов сосны близок к нормальному и имеет колоколообразную форму. Асимметричность кривой распределения по таксационным показателям есть следствие конкуренции между деревьями [Sterba et al., 2014; Zaytsev et al., 2018; Сальникова и др., 2017; Сидельник и др., 2021]. Более крупные деревья, занимающие в насаждении лучшее положение, имеют все преимущества для успешного роста.

Для определения достоверного влияния состава насаждения на формирование ряда распределения по классам диаметра деревьев был проведён дисперсионный анализ; данные представлены в табл. 2. Для соснового элемента насаждения на всех опытных участках не было выявлено значимого различия. Для елового элемента насаждения были получены достоверные различия между опытными объектами по критерию Фишера $p=5\%$ на уровне.

Проведённое исследование показало, что на опытных объектах с увеличением доли сосны в составе насаждения для соснового яруса наблюдается выравнивание ряда распределения высот при увеличении диаметра ствола. Для еловой части насаждения данная тенденция имеет обратную зависимость – с уменьшением доли породы ряд распределения по высотам с увеличением диаметра ствола становится пологим (см. рис. 3).

Изучение высотной структуры деревьев сосны и ели на опытных участках показало, что соотношение диаметров и высот наиболее достоверно аппроксимируется логарифмической кривой для этих элементов насаждения.

Для определения взаимоотношений между сосновым и еловым элементами насаждения оценивалась степень косости рядов распределения по диаметрам и высотам. По величине абсолютного значения коэффициента асимметрии можно констатировать, что если он меньше 0,25, то косость незначительная, от 0,25 до 0,5 – умеренная, свыше 0,5 – сильная и, следовательно, можно оценивать конкурентную нагрузку со стороны другой породы [Сальникова и др., 2017; Сидельник и др., 2021]. Для оценки распределения эксцессивных признаков, т. е. накопления или снижения в ряду распределения значений таксационных признаков древостоя, определялся коэффициент эксцесса.

Таблица 2

Дисперсионный анализ достоверных различий рядов распределения по классам диаметров стволов деревьев ели между опытными объектами

Analysis of variance of reliable differences in the series of distributions by classes of spruce tree trunk diameters between the experimental objects

Дисперсия	Сумма квадратов	Степень свободы	Средний квадрат	Фактический критерий Фишера F_{ϕ}	Теоретический критерий Фишера $F_{\tau, p=5\%}$	Вероятность принятия нулевой гипотезы
ПП 1 и ПП 2						
Общая	16492,55	19				
Вариантов	12853,05	10	1285,305	3,19	3,14	0.05
Остаточная	3639,5	9	404,389			
ПП 1 и ПП 3						
Общая	9186	18				
Вариантов	7644	10	764,4	3,97	3,35	0.03
Остаточная	1542	8	192,75			
ПП 2 и ПП 3						
Общая	19432,94	16				
Вариантов	17560,94	8	2195,118	9,38	3,44	0.03
Остаточная	1872	8	234			

Полученные результаты по расчёту данных статистических показателей для диаметров и стволов соснового и елового элементов насаждения показали свои различия в зависимости от состава насаждения (см. табл. 3). Так для еловой части показатель асимметрии распределения по классам диаметра стволов возрастал с уменьшением доли ели в составе. Однако для ряда распределения стволов по высоте имела обратная зависимость, с увеличением доли ели показатель асимметрии изменялся от сильного до незначительного значения. Показатель эксцесса для елового элемента, как для показателей диаметра, так высоты стволов, на опытных объектах выше, чем для соснового элемента исследуемых насаждений. Это характерно для сложных и смешанных насаждений: кривая эксцесса имеет две или несколько вершин и имеет отрицательное значение. Для соснового элемента – правовершинное с отрицательной асимметрией распределение диаметров деревьев, произошедшее вследствие отпада деревьев мелких ступеней толщины и отставших в росте по высоте. Такой вид распределения является характерным для распределений высот деревьев в одновозрастных насаждениях. Доля елового элемента по мере увеличения размаха ряда

распределения деревьев по толщине увеличивается. Для сосновой части насаждения из-за уменьшения числа деревьев кривая становится более плоской, о чем свидетельствует эксцесс. В целом для елового элемента появляются отклонения от нормального распределения, в частности распределение признака становится асимметричным, высота приобретает отрицательную, а диаметр – положительную асимметрию ряда распределения.

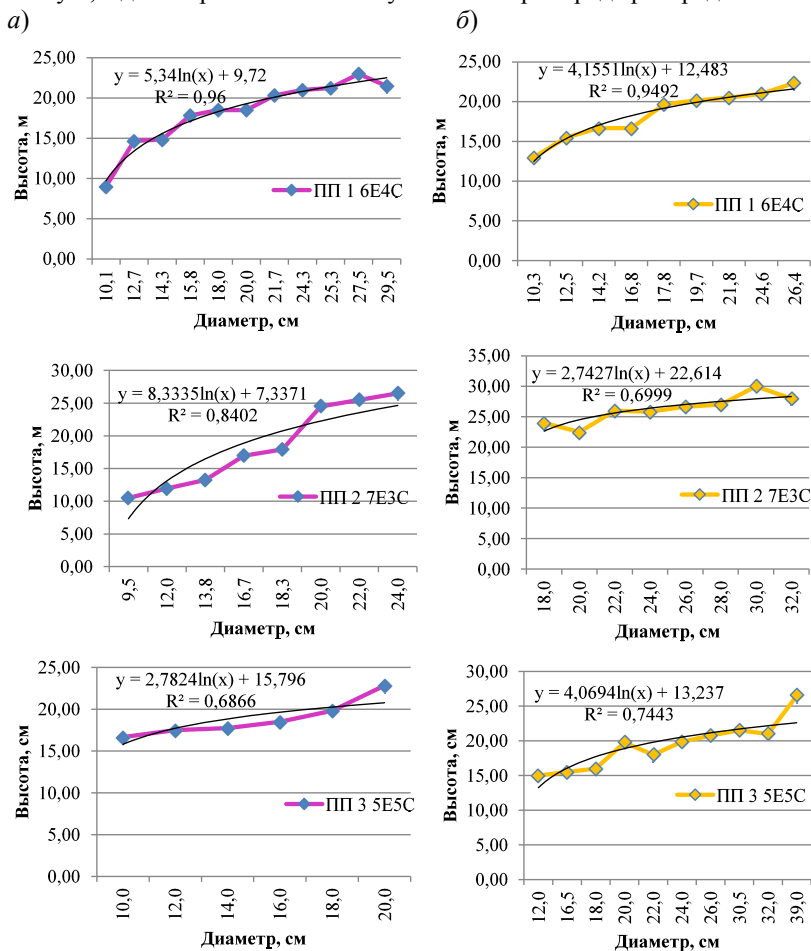


Рис. 3. Графики высот насаждений по сосне и ели на опытных объектах:
а – ель, б – сосна

Fig. 3. Plots of plantation heights of pine and spruce at the experimental sites:
а – spruce, б – pine.

Таблица 3

Показатели асимметрии и скоса рядов распределения по классам диаметров и высот деревьев сосны и ели на объектах исследования

Indices of asymmetry and skewness of the distribution series by diameter and height classes of pine and spruce trees at the study sites

Показатели	ПП 1 6Е4С		ПП 2 7Е3С		ПП 3 5Е5С	
Асимметрия	Для елового элемента насаждения					
	D cm	0,037	0,892		1,407	
	H m	–1,218	0,165		1,365	
	Для соснового элемента насаждения					
	D cm	–0,417	0,841		1,080	
	H m	–0,521	–0,087		0,647	
Эксцесс	Для елового элемента насаждения					
	D cm	–1,406	–0,409		1,252	
	H m	1,476	–1,908		1,768	
	Для соснового элемента насаждения					
	D cm	–1,163	–0,366		0,756	
	H m	–0,748	0,325		0,741	

Плотность древесины. Внешние структурные параметры насаждения, определяемые таксационными показателями соснового и елового элементов, повлияли на показатели плотности древесины данных пород.

Анализ данных по базисной плотности древесины в смешанных насаждениях сосны и ели показал ее зависимость от абсолютной полноты насаждения. На всех участках с разной полнотой у сосны можно наблюдать более высокую плотность древесины, чем у ели (см. рис. 4–6).

Для соснового элемента прослеживается следующая тенденция: с увеличением его абсолютной полноты (G , м²/га) уменьшается плотность его древесины. Наименьший показатель плотности древесины сосны от 0,390 до 0,528 г/см³, где сосновый элемент имеет наибольшую абсолютную полноту 15,7 м²/га и наибольшее количество деревьев. На объекте с абсолютной полнотой 12,6 м²/га соснового элемента зафиксирован наибольший показатель плотности древесины сосны 0,432–0,551 г/см³. Однако на объекте с наименьшим количеством деревьев сосны и наибольшим ели наблюдаются самые низкие значения плотности древесины сосны (0,363–0,449 г/см³) при абсолютной полноте её яруса 7,5 м²/га.

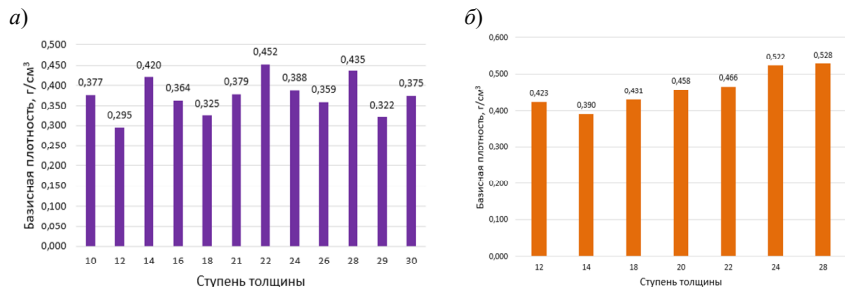


Рис. 4. Средняя базисная плотность древесины на ПП 1: а – ель, б – сосна

Fig. 4. Average basic wood density at PP 1: a – spruce, b – pine

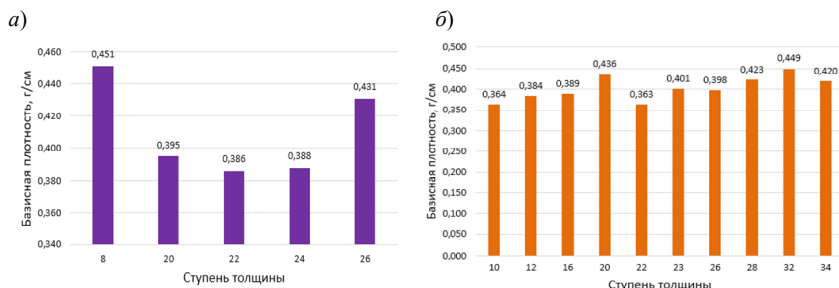


Рис. 5. Средняя базисная плотность древесины на ПП 2: а – ель, б – сосна

Fig. 5. Average basic wood density at PP 2: a – spruce, b – pine

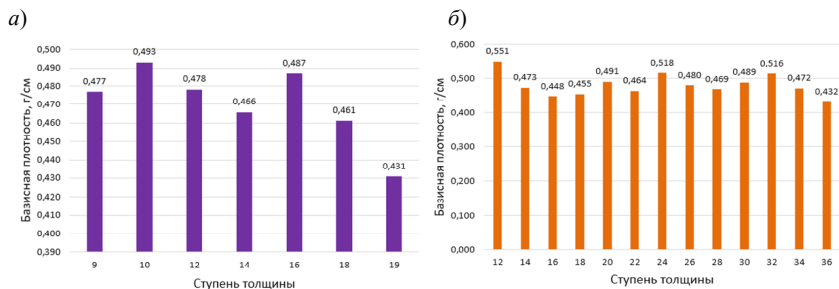


Рис. 6. Средняя базисная плотность древесины на ПП 3: а – ель, б – сосна

Fig. 6. Average basic wood density at PP 3: a – spruce, b – pine

Наиболее плотная древесина у ели формируется как в самых мелких ступенях толщины, так и в самых крупных. В целом варьирование плотности древесины ели по ступеням толщины больше, чем у сосновой части насаждения с уменьшением густоты на опытных объектах.

Для елового насаждения зафиксирована наиболее плотная древесина ($0,431\text{--}0,493\text{ г/см}^3$) в насаждении с абсолютной полнотой $12,6\text{ м}^2/\text{га}$ и наименьшей густотой насаждения.

В наиболее густом насаждении отмечено снижение плотности древесины ели ($0,386\text{--}0,451\text{ г/см}^3$) при абсолютной полноте $23,8\text{ м}^2/\text{га}$.

Наименьшая плотность древесины ели ($0,295\text{--}0,452\text{ г/см}^3$) зафиксирована в насаждении с общим количеством деревьев 1480 шт./га при абсолютной полноте $23,3\text{ м}^2/\text{га}$.

Выводы. В настоящее время можно наблюдать разный характер ряда распределения по высотам и диаметрам стволов для сосны и ели. Для сосны характерно увеличение ветви кривой распределения, на которой сосредоточены крупные деревья. Левая ветвь, изображающая отстающие в росте деревья, оказывается более короткой из-за отпада ослабленных деревьев. Для ели части характерно накопление средних и мелких классов диаметра в левой части ряда распределения.

Дифференциация деревьев соснового элемента в ходе роста в смешанных насаждениях привела к значительному отпаду деревьев сосны мелких ступеней толщины, так как разреживающих рубок ухода в данных древостоях не проводилось. Для елового элемента насаждения произошло накопление деревьев мелких классов диаметров в силу меньшего отпада деревьев за период формирования насаждения.

Проведённое исследование показало различный характер влияния густоты и абсолютной полноты древостоя на формирование плотности древесины сосны и ели в смешанном искусственном насаждении.

Для ели увеличение абсолютной полноты её элемента приводит к снижению плотности её древесины. Для сосны увеличение или снижение плотности её древесины зависит также от показателей абсолютной полноты и густоты сопутствующего елового яруса.

В насаждении состава 5Е5С формируется наиболее плотная древесина, как у ели, так и у сосны, однако наибольший запас сформировался в насаждении 6Е4С. По-видимому, в таком диапазоне состава насаждения необходимо выращивать эти породы до возраста рубки спелого древостоя.

Библиографический список

Беляева Н.В., Данилов Д.А. Закономерности функционирования сосновых и еловых фитоценозов на объектах рубок ухода и комплексного ухода за лесом. СПб.: Изд-во Политехн. ун-та, 2014. 164 с.

Бондаренко А.С., Жигунов А.В. Статистическая обработка материалов лесоводственных исследований. СПб.: Изд-во Политехн. ун-та, 2016. 125 с.

Бюсген М. Строение и жизнь наших лесных деревьев. М.; Л.: Гослесбумиздат, 1961. 424 с.

Ветров Л.С., Вавилов С.В., Никифорчин И.В. Таксация леса: [метод. указ. по учебной практике]. СПб.: СПбГЛТУ, 2014. 58 с.

Вихров В.Е., Лобасенок А.К. Технические свойства древесины в связи с типами леса. Минск, 1963. 72 с.

Громцев А.Н. Основы ландшафтной экологии европейских таежных лесов России / КарНЦ РАН. Петрозаводск, 2008. 238 с. EDN: QLAQDN

Данилов Д.А., Беляева Н.В., Мельников Е.А. Результаты воздействия комплексного ухода на структуру и качество показателей древесины сосново-евого древостоя // Вестник Саратовского государственного аграрного университета. 2011. № 8. С. 3–8.

Данилов Д.А., Навалихин С.В., Кузмина А.В. Запас и плотность древесины 50-летних смешанных плантационных культур сосны и ели // Леса России: политика, промышленность, наука, образование: матер. науч.-техн. конф., Санкт-Петербург, 13–15 апреля 2016 года / под. ред. В.М. Гедьо. СПб.: СПбГЛТУ, 2016. С. 114–116.

Данилов Д.А., Шестаков В.И., Шестакова Т.А., Эндерс О.О. Сукцессионные стадии восстановления древесной растительности на постагrogenных землях Ленинградской области // Известия Санкт-Петербургской лесотехнической академии. 2020. Вып. 233. С. 60–80. DOI 10.21266/2079-4304.2020.233.60-80.

Данилов Д.А., Скупченко В.Б. Изменения в строении древесины сосны и ели на анатомическом уровне в древостоях, пройденных рубками ухода и комплексным уходом // Известия высших учебных заведений. Лесной журнал. 2014. № 5(341). С. 70–88.

Залесова Е.С., Белов Л.А., Залесов С.В. и др. Влияние типа леса и полноты древостоев на обеспеченность подростом спелых и перестойных сосняков подзоны северной тайги // Международный научно-исследовательский журнал. 2019. №11 (89).

Иванов В.П., Ерохин А.В., Колосова Т.Г. Анализ естественного лесовозобновления на основе парцеллярной структуры в сосново-еловых насаждениях после выборочных санитарных рубок // ИВУЗ. Лесной журнал. 2016. № 6. С. 65–75. DOI: 10.17238/issn0536-1036.2016.6.65

Ивантер Э.В., Коросов А.В. Введение в количественную биологию: учеб. пособие для студ. биолог. спец. Петрозаводск: Изд-во ПетрГУ, 2011. 302 с. ISBN 978-5-8021-1231-1. EDN QKUQVV.

Лохов Д.В. Лесоводственная оценка и показатели качества древесины культур сосны на залежных землях // Экологические проблемы Севера. межвуз. сб. науч. тр. 2011. Вып. 14. С. 73–76.

Мерзленко М.Д., Бабич Н.А. Лесоводство. Искусственное лесовосстановление: учебник для бакалавриата и магистратуры. 2-е изд., перераб. и доп. М.: Юрайт, 2019. 184 с. (Серия: Бакалавр и магистр. Академический курс).

Морозов Г.Ф. Почвоведение и лесоводство. СПб., 1899. 20 с.

Морозов Г.Ф. Учение о лесе / под ред. В.В. Матренинского. 5-е изд. М.; Л., 1930. 440 с.

Наумов В.Д., Поляков А.Н. Таксационно-лесоводственная оценка сосново-еловых насаждений и почвенные условия их произрастания // Известия ТСХА. 1999. Вып. 4. С. 80–95.

Неволин О.А., Третьяков С.В., Еремина О.О. Продуктивность смешанных сосняков Европейского Севера и организация хозяйства в них // ПВУЗ. Лесной журнал. 2004. № 3. С. 26–36.

Полубояринов О.И. Плотность древесины. М.: Лесн. пром-сть, 1976. 160 с.

Полубояринов О.И., Федоров Р.Б. Качество древесины культур сосны плантационного типа на северо-западе Европейской части СССР // Лесоводство, лесные культуры и почвоведение. Л. ЛТА, 1991. С. 89–95.

Прищепов В.А. Опыт таксации с использованием высотомеров *trupulse laser technology*, *Suunto* и *Haglof* // 71-я науч.-техн. конф. учащихся, студентов и магистрантов: сб. науч. работ. Минск, 20–25 апреля 2020 г. Минск: БГТУ, 2020. С. 36–39.

Сальникова И.С., Анчугова Г.В., Нагимов З.Я. Таксация леса: [учеб. пособие]. Екатеринбург: УГЛТУ, 2017. 71 с.

Сидельник Н.Я., Машковский В.П., Севрук П.В. Лесная биометрия: лаборатор. практикум. Минск: БГТУ, 2021. 120 с.

Третьяков С.В. Прирост сосны и ели в смешанных древостоях средней подзоны тайги Европейского Севера России затронутых хозяйственной деятельностью // Вестник московского государственного университета леса. Лесной вестник. 2007. № 5 (54). С. 137–139.

Усольцев В.А., Цепордей И.С. Квалиметрия фитомассы лесных деревьев: плотность и содержание сухого вещества: моногр. Екатеринбург: УГЛТУ, 2020.

Федорчук И.Н., Нешатаев В.Ю., Кузнецов М.Л. Лесные экосистемы северо-западных районов России: Типология, динамика, хозяйственные особенности. СПб., 2005. 382 с.

Царенко В.П., Данилов Д.А., Смирнов А.П. Продуктивность и качество древесины смешанных елово-сосновых древостоев на почвах двучленного строения // Известия Санкт-Петербургского государственного аграрного университета. 2014. № 36. С. 55–59.

Чертов О.Г. Экология лесных земель (почвенно-экологическое исследование лесных местообитаний). Л.: Наука, 1981. 192 с.

Чибисов Г.А. Смена сосны елью. Архангельск: СевНИИЛХ, 2010. 150 с.

Яковлев А.А., Данилов Д.А. Ландшафтные особенности таксационных показателей смешанных древостоев сосны и ели в зеленомошной группе типов леса Северо-Востока Ленинградской области // Леса России: политика, промышленность, наука, образование: матер. IV науч.-техн. конф., Санкт-Петербург, 22–25 мая 2019 г. СПб.: СПбГПУ, 2019. С. 198–201.

Януш С.Ю., Данилов Д.А. Таксационная и товарная структура древостоев сосны и ели на старопахотных и лесных почвах в Ленинградской области // Труды Санкт-Петербургского научно-исследовательского института лесного хозяйства. 2020. № 4. С. 54–64. EDN JZMMQR.

Bielak K., Dudzińska M., Pretzsch H. Mixed stands of Scots pine (*Pinus sylvestris* L.) and Norway spruce [*Picea abies* (L.) Karst] can be more productive than monocultures. Evidence from over 100 years of observation of long-term experiments // For. Syst. 2014. 23. P. 573–589.

Bravo-Oviedo A., Pretzsch H., Ammer C., Andenmatten E., Barbati A., Barreiro S., Brang P., Bravo F., Coll L., Corona P., Den Ouden J., Ducey M.J., Forrester D.I., Giergiczny M., Jacobsen J.B., Lesinski J., Löf M., Mason W.L., Matovic B., Metslaid M., Morneau F., Motiejunaite J., O'Reilly C., Pach M., Ponette Q., Del Rio M., Short I., Skovsgaard J.P., Soliño M., Spathelf P., Sterba, H., Stojanovic D., Strelcova K., Svoboda M., Verheyen K., Von Lüpke N., Zlatanov T. (2014): European Mixed Forests: definition and research perspectives, For. Syst., 23(3), 518.

Danilov D.A. Qualitative and Quantitative Characteristics of Wood Spruce and Pine in Plantation Cultivation in The North-West of Russia, Preserv. For. Ecosyst. Proc. Second Int. Sci. Conf., Vyatka State University, Kirov, 2019. P. 74–78.

Danilov D.A., Belyaeva N.V., Gryaz'kin A.V. Features of Yield and Commodity Composition of Pine and Spruce Modal Coniferous Stands for the Age of Mature Stands // Lesnoy zhurnal [Forestry journal]. 2018. No. 2. P. 40–48. DOI: 10.17238/issn0536-1036.2018.2.40

Danilov D.A., Griazkin A.V., Sokolova V.A., Bacherikov I.V. The component composition of planted pine wood cultivated in the boreal zone // Nordic Pulp & Paper Research Journal. 2020. 35(4). P. 685–693.

Danilov D.A., Yakovlev A.A., Bogdanova L.S. [et al.] Mixed pine and spruce stands in the Luga-Volkhov and Valdai-Tikhvin landscape districts of the Leningrad Region // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, Virtual, Online, 10 июня 2021 года. Virtual, Online, 2021. P. 012007. DOI 10.1088/1755-1315/941/1/012007.

Drössler, Lars & Agestam, Eric & Bielak, Kamil & Dudzińska, Małgorzata & Koricheva, Julia & Liziniewicz, Mateusz & Löf, Magnus & Mason, Bill & Pretzsch, Hans & Id, Sauli & Valkonen, Sauli & Wellhausen, Klaas. (2018). Over-and Un-

deryielding in Time and Space in Experiments with Mixed Stands of Scots Pine and Norway Spruce. *Forests*. 9. 10.3390/f9080495.

Drössler, Lars & Övergaard, Rolf & Ekö, Per & Gemmel, Pelle & Böhlenius, Henrik. Early development of pure and mixed tree species plantations in Snogeholm, southern Sweden. *Scandinavian Journal of Forest Research*. 2015. 30. P. 1–13. 10.1080/02827581.2015.1005127.

Kisser J.G., Ylinen A., Freudenberg K., Kollmann F., Liese W., Thunell B., Stamm A.J. History of wood science // *Wood Sci. Technol*. 1967. 1. P. 161–190,

Liu C., Westman C.J. Biomass in a Norway spruce–Scots pine forest: a comparison of estimation methods // *Boreal Env. Res*. 2009. 14. P. 875–888

Mai, Carsten & Schmitt, Uwe & Niemz, Peter. (2021). A brief overview on the development of wood research. *Holzforschung*. 76. 10.1515/hf-2021-0155.

Pretzsch H., Schütze G. Effect of Tree Species Mixing on the Size Structure, Density, and Yield of Forest Stands // *European Journal of Forest Research*. January 2016. Vol. 135, iss. 1. P. 1–22.

Pretzsch H., Steckel, M., Heym, M. et al. Stand growth and structure of mixed-species and monospecific stands of Scots pine (*Pinus sylvestris* L.) and oak (*Q. robur* L., *Quercus petraea* (MATT.) LIEBL.) analysed along a productivity gradient through Europe. *Eur J Forest Res*. 2020. 139. P. 349–367. URL: <https://doi.org/10.1007/s10342-019-01233-y>

Riofrio, José & Rio, Miren & Maguire, Doug & Bravo, Felipe. (2019). Species Mixing Effects on Height-Diameter and Basal Area Increment Models for Scots Pine and Maritime Pine. *Forests*. 10. 249. 10.3390/f10030249.

Ruiz-Peinado, Ricardo & Pretzsch, Hans & Löf, Magnus & Heym, Michael & Bielak, Kamil & Aldea, J. & Barbeito, Ignacio & Brazaitis, Gediminas & Drössler, Lars & Godvod, Kšištof & Granhus, Aksel & Holm, Stig-Olof & Jansons, Aris & Makrickiene, Ekaterina & Metslaid, Marek & Metslaid, Sandra & Nothdurft, Arne & Reventlow, Otto & Sitko, Roman & Reventlow, Ditlev. Mixing effects on Scots pine (*Pinus sylvestris* L.) and Norway spruce (*Picea abies* (L.) Karst.) productivity along a climatic gradient across Europe // *Forest Ecology and Management*. 2021. 482. 118834. 10.1016/j.foreco.2020.118834.

Sterba, Hubert & Rio, Miren & Brunner, Andreas & Condés, Sonia. Effect of species proportion definition on the evaluation of growth in pure vs. Mixed stands // *Forest Systems*. 2014. 23. P. 547–559. 10.5424/fs/2014233-06051.

Zaytsev D.A., Danilov D.A., Navalihin S.V. The effect of tree distribution by diameter classes on the density of pine and spruce trees in mixed coniferous forest stands without forestry impact // *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science: International Jubilee Scientific and Practical Conference «Innovative Directions of Development of the Forestry Complex (FORESTRY-2018)»*, Voronezh, October 04–05, 2018. Institute of Physics Publishing: Institute of Physics Publishing, 2019. P. 012066. DOI 10.1088/1755-1315/226/1/012066. EDN NTAUII.

Reference

Belyaeva N.V., Danilov D.A. Laws of functioning of pine and spruce phytocenoses on the objects of thinning and comprehensive forest care. St. Petersburg: Polytechnic University Press, 2014. 164 p. (In Russ.)

Bielak K., Dudzińska M., Pretzsch H. Mixed stands of Scots pine (*Pinus sylvestris* L.) and Norway spruce [*Picea abies* (L.) Karst] can be more productive than monocultures. Evidence from over 100 years of observation of long-term experiments. *For. Syst.*, 2014, 23, pp. 573–589.

Bondarenko A.S., Zhigunov A.V. Statistical processing of forestry research materials. St. Petersburg: Polytechnic University Press, 2016. 125 p. (In Russ.)

Bravo-Oviedo A., Pretzsch H., Ammer C., Andenmatten E., Barbati A., Barreiro S., Brang P., Bravo F., Coll L., Corona P., Den Ouden J., Ducey M. J., Forrester D.I., Giergiczny M., Jacobsen J.B., Lesinski J., Löf M., Mason, W. L., Matovic B., Metslaid M., Morneau F., Motiejunaite J., O'Reilly C., Pach M., Ponette Q., Del Rio M., Short I., Skovsgaard J.P., Soliño M., Spathelf P., Sterba H., Stojanovic D., Strelcova K., Svoboda M., Verheyen K., Von Lüpke N., Zlatanov T. European Mixed Forests: definition and research perspectives. *For. Syst.*, 2014, 23(3), p. 518.

Büsgen M. Structure and life of our forest trees. M. L.: Goslesbumizdat, 1961. 424 p.

Chertov O.G. Ecology of forest lands (soil-ecological study of forest habitats). L.: Nauka, 1981. 192 p.

Chibisov G.A. Replacement of pine by spruce. Arkhangelsk SevNIIFLH, 2010. 150 p.

Danilov D.A. Quantitative and qualitative characteristics of spruce and pine wood in plantation crops in Northwest Russia. *Conservation of Forest Ecosystems: conference proceedings.*, Vyatka State University, Kirov, 2019, pp. 74–78.

Danilov D.A., Belyaeva N.V., Gryazkin A.V. Features of Yield and Com-mo-dity Composition of Pine and Spruce Mod-al Coniferous Stands for the Age of Mature Stands. *Lesnoy zhurnal [Forestry journal]*, 2018, no. 2, pp. 40–48. DOI: 10.17238/issn0536-1036.2018.2.40

Danilov D.A., Belyaeva N.V., Melnikov E.A. The results of the impact of complex care on the structure and quality of wood indicators of pine and spruce stands. *Vestnik Sarat. gos. agrarn. univ. n.I. Vavilov*, 2011, no. 8, pp. 3–8.

Danilov D.A., Giazkin A.V., Sokolova V.A., Bacherikov I.V. The component composition of planted pine wood cultivated in the boreal zone. *Nordic Pulp & Paper Research Journal*, 2020, no. 35(4), pp. 685–693.

Danilov D.A., Navalikhin S.V., Kuzmina A.V. Stock and wood density of 50-year-old mixed plantation crops of pine and spruce. *Forests of Russia: policy, industry, science, education: materials of scientific and technical conference*, St. Petersburg, April 13–15, 2016. Ed. by V.M. Gedio. St. Petersburg: SPbGLTU, 2016, pp. 114–116

Danilov D.A., Shestakov V.I., Shestakova T.A., Enders O.O. Successional stages of restoration of woody vegetation on post-agrogenic lands of Leningrad region.

Proceedings of St. Petersburg Forestry Engineering Academy, 2020, no. 233, pp. 60–80. DOI 10.21266/2079-4304.2020.233.60-80.

Danilov D.A., Skupchenko V.B. Changes in the structure of pine and spruce wood at the anatomical level in stands undergoing thinning and comprehensive care. *Izvestiya vysokikh uchebov. Forest Journal*, 2014, no. 5(341), pp. 70–88.

Danilov D.A., Yakovlev A.A. Bogdanova L.S. [et al.] Mixed pine and spruce stands in the Luga-Volkhov and Valdai-Tikhvin landscape districts of the Leningrad Region. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, Virtual, Online, 10 июня 2021 года. Virtual, Online, 2021, pp. 012007. DOI 10.1088/1755-1315/941/1/012007.

Drössler, Lars & Agestam, Eric & Bielak, Kamil & Dudzinska, Malgorzata & Koricheva, Julia & Liziniewicz, Mateusz & Löf, Magnus & Mason, Bill & Pretzsch, Hans & Id, Sauli & Valkonen, Sauli & Wellhausen, Klaas. Over-and Underyielding in Time and Space in Experiments with Mixed Stands of Scots Pine and Norway Spruce. *Forests*, 2018, 9. 10.3390/f9080495.

Drössler, Lars & Övergaard, Rolf & Ekö, Per & Gemmel, Pelle & Böhlenius, Henrik. Early development of pure and mixed tree species plantations in Snogeholm, southern Sweden. *Scandinavian Journal of Forest Research*, 2015, 30, pp. 1–13. 10.1080/02827581.2015.1005127.

Fedorchuk I.N., Neshataev V.Yu., Kuznetsov M.L. Forest ecosystems of northwestern regions of Russia: Typology, dynamics, economic features. St. Petersburg, 2005. 382 p.

Gromtsev A.N. Fundamentals of landscape ecology of European taiga forests of Russia / Karelian Research Center of RAS, Petrozavodsk, 2008. 238 p. EDN: QLAQDN.

Ivanov V.P., Erohin A.V., Kolosova T.G. Analysis of Natural Reforestation on the Basis of Parcel Structure in Pine and Spruce Forests After Selective Sanitary Felling. *Lesnoy diurnal*, 2016, no. 6, pp. 65–75. DOI: 10.17238/issn0536-1036.2016.6.65

Ivanter E.V., Korosov A.V. Introduction to quantitative biology: textbook for students of biological specialties. Ministry of Education and Science of the Russian Federation, State Educational Institution of Higher Professional Education Petrozavodsk State University. 2nd ed. Petrozavodsk: Publishing house of Petrozavodsk State University, 2011. 302 p.

Kisser J.G., Ylinen A., Freudenberg K., Kollmann F., Liese W., Thunell B., Stamm A.J. History of wood science. *Wood Sci. Technol*, 1967, 1, pp. 161–190,

Liu, C. & Westman, C. J. Biomass in a Norway spruce–Scots pine forest: a comparison of estimation methods. *Boreal Env. Res.*, 2009, 14, pp. 875–888

Lokhov D.V. Forest assessment and indicators of the quality of wood pine crops on fallow lands. *Environmental problems of the North. Interuniversity collection of scientific works*, 2011, vol. 14, pp. 73–76.

Mai, Carsten & Schmitt, Uwe & Niemz, Peter. A brief overview on the development of wood research. *Holzforschung*, 2021, 76. 10.1515/hf-2021-0155.

Merzlenko M.D., Babich N.A. Forestry. Artificial reforestation: a textbook for undergraduate and graduate studies. 2nd ed., revised. and ext. M.: Publishing house Yurait, 20189. 184 p. (Series: Bachelor and Master. Academic course).

Morozov G.F. Doctrine of the forest / ed. by V. V. Matreninsky. 5th ed. M.: State Publishing House; L., 1930. 440 p.

Morozov G.F. Soil science and forestry. type. Spb. A.A. of the printing business in Russia E. Evdokimov, [1899]. 20 p/

Naumov V.D., Polyakov A.N. Taxa-forest-evaluation of pine-spruce forests and soil conditions of their growth. *Proceedings of the TSKHA*, 1999, iss. 4, pp. 80–95.

Nevolin O.A., Tretiakov S.V., Eremina O.O. Productivity of mixed pine forests of the European North and the organization of management in them. *Proceedings of Higher Education Institutions. Lesnoy zhurnal*, 2004, no. 3, pp. 26–36.

Poluboyarinov O.I. Density of wood. M.: Forest Industry, 1976. 160 p.

Poluboyarinov O.I., Fedorov R.B. Quality of plantation-type pine wood in the northwest of the European part of the USSR. *Forestry, forestry crops and soil science*, 1991. [[. 89–95.

Pretzsch H., Schütze G. Effect of Tree Species Mixing on the Size Structure, Density, and Yield of Forest Stands // *European Journal of Forest Research*. January 2016. Vol. 135, iss. 1. Pp. 1–22.

Pretzsch, H., Steckel, M., Heym, M. et al. Stand growth and structure of mixed-species and monospecific stands of Scots pine (*Pinus sylvestris* L.) and oak (*Q. robur* L., *Quercus petraea* (MATT.) LIEBL.) analysed along a productivity gradient through Europe. *Eur J Forest Res* 139, 349–367 (2020). <https://doi.org/10.1007/s10342-019-01233-y>

Prishchepov V.A. Experience of taxation using trupulse laser technology, Suunto and Haglof altimeters. *71st Scientific and Technical Conference of pupils, students and undergraduates*: collection of scientific papers, Minsk, April 20–25, 2020. Minsk: Belarusian State Technical University, 2020, pp. 36–39.

Riofrio, José & Rio, Miren & Maguire, Doug & Bravo, Felipe. Species Mixing Effects on Height-Diameter and Basal Area Increment Models for Scots Pine and Maritime Pine. *Forests*, 2019, 10, p. 249. 10.3390/f10030249.

Ruiz-Peinado, Ricardo & Pretzsch, Hans & Löf, Magnus & Heym, Michael & Bielak, Kamil & Aldea, J. & Barbeito, Ignacio & Brazaitis, Gediminas & Drössler, Lars & Godvod, Kšištof & Granhus, Aksel & Holm, Stig-Olof & Jansons, Aris & Makrickiene, Ekaterina & Metslaid, Marek & Metslaid, Sandra & Nothdurft, Arne & Reventlow, Otto & Siiko, Roman & Reventlow, Ditlev. Mixing effects on Scots pine (*Pinus sylvestris* L.) and Norway spruce (*Picea abies* (L.) Karst.) productivity along a climatic gradient across Europe. *Forest Ecology and Management*, 2021, 482, p. 118834. 10.1016/j.foreco.2020.118834.

Salnikova I.S., Anchugova G.V., Nagimov Z.Ya. Forest taxation: a textbook for the course work. Yekaterinburg: Ural. state forestry technical university, 2017. 71 p.

Sidelnik N.Y., Mashkovsky V. P., Sevruck P.V. Forest biometry. Laboratory practice: educational-methodical textbook for the students of the specialty 1-75 01 01 «Forestry». Minsk: Belarusian State Technical University, 2021. 120 p.

Sterba, Hubert & Rio, Miren & Brunner, Andreas & Condés, Sonia. Effect of species proportion definition on the evaluation of growth in pure vs. Mixed stands. Forest Systems. 2014, 23, pp. 547–559. 10.5424/fs/2014233-06051.

Tretyakov S.V. The growth of pine and spruce in mixed stands of the middle taiga sub-zone of the European North of Russia affected by economic activities. *Bulletin of the Moscow State Forest University. Lesnaya Vestnik*, 2007, no. 5 (54), pp. 137–139.

Tsarenko V.P., Danilov D.A., Smirnov A.P. Productivity and wood quality of mixed spruce-pine stands on soils of two-member structure. *Proceedings of St. Petersburg State Agrarian University*, 2014, no. 36, pp. 55–59.

Usoltsev V.A., Tsepordei I.S. Phytomass qualimetry of forest trees: density and dry matter content: monograph / Ministry of Science and Higher Education of the Russian Federation: Ural State Forestry University; Botanical Garden of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences. Ekaterinburg: UGLTU, 2020.

Vetrov L.S., Vavilov S.V., Nikiforchin I. Forest taxation: methodological guidelines for training practice for bachelors in the field of 35.03.01 «Forestry» St. Petersburg: St. Petersburg State Forestry University, 2014. 58 p.

Vikhrov V.E., Lobasenok A.K. Technical properties of wood in connection with forest types. Minsk: Publishing house of the Ministry of Higher, Secondary Special and Vocational Education, 1963. 72 p.

Yakovlev A.A., Danilov D.A. Landscape features of taxation indicators of mixed stands of pine and spruce in the green-moss group of forest types of the North-East of the Leningrad region. *Forests of Russia: policy, industry, science, education: materials of IV scientific and technical conference*, Saint Petersburg, 22-25 May 2019. St. Petersburg: Federal State Autonomous Educational Institution of Higher Education «St. Petersburg Polytechnic University of Peter the Great», 2019, pp. 198–201.

Yanush S.Yu., Danilov D.A. Taxation and commodity structure of pine and spruce stands on old-fallow and forest soils in the Leningrad region. *Proceedings of the St. Petersburg Research Institute of Forestry*, 2020, no. 4, pp. 54–64. EDN JZMMQR.

Zalesova E.S., Belov L.A., Zalesov S.V. et al. Influence of forest type and completeness of forest stands on the provision of mature and overmature pine forests of the northern taiga subzone. *International Scientific Research Journal*, 2019, no. 11 (89).

Zaytsev D.A., Danilov D.A., Navalihin S.V. The effect of tree distribution by diameter classes on the density of pine and spruce trees in mixed coniferous forest stands without forestry impact. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science: International Jubilee Scientific and Practical Conference «Innovative Directions of Development of the Forestry Complex (FORESTRY-2018)»*, Voronezh, October 04–05, 2018. Institute of Physics Publishing: Institute of Physics Publishing, 2019, p. 012066. DOI 10.1088/1755-1315/226/1/012066. EDN NTAUII.

Материал поступил в редакцию 28.08.2022

Раупова Д.Э., Данилов Д.А. Таксационная структура и плотность древесины сосны и ели в смешанных искусственных насаждениях Ленинградской области // *Известия Санкт-Петербургской лесотехнической академии. 2022. Вып. 240. С. 25–46. DOI: 10.21266/2079-4304.2022.240.25-46*

Выращивание смешанных насаждений сосны и ели позволяет оптимизировать качественные и количественные показатели выращиваемой древесины. Оценка таксационных показателей в насаждениях с различной густотой позволяет определить оптимальное соотношение пород. Исследование качественных характеристик древесины сосны и ели, в частности плотности древесины, позволяет определить показатели выращиваемого объема древесины сосны и ели. Целью исследования является сравнить таксационные характеристики насаждения с разной долей участия сосны и ели и плотности древесины различного состава. Исследования проводились в 50-летних смешанных искусственных насаждениях сосны и ели с одинаковой первичной густотой посадки, произрастающих на двучленных наносах – тип лесорастительных условий С2. Регион исследования – Ленинградская область, 23 квартал Орлинского участкового лесничества Гатчинского районного лесничества. В смешанных насаждениях были заложены три пробные площади по склоновому рельефу размером 50×50 м площадью 0,25 га каждая. Проведен сплошной переучёт деревьев с замером диаметров на высоте 1,3 м и высот деревьев. Для определения базисной плотности древесины методом максимальной влажности были отобраны керны древесины сосны и ели по всем рядам распределения деревьев по ступеням толщины 2 см на высоте 1,3 м. Исследование показало, что в насаждении составом 5Е5С формируется наиболее плотная древесина. Наибольший запас сформировался в насаждении 6Е4С, что свидетельствует о накоплении объема и оптимальном составе насаждения. Для ели увеличение абсолютной полноты её элемента приводит к снижению плотности её древесины. Для сосны увеличение или снижение плотности её древесины зависит также от показателей абсолютной полноты и густоты сопутствующего елового яруса.

Ключевые слова: сосна, ель, средняя высота, средний диаметр на высоте груди, плотность древесины, дисперсионный анализ, смешанные искусственные насаждения.

Raupova D.E., Danilov D.A. Taxation structure and wood density of pine and spruce in mixed artificial plantations of the Leningrad Region. *Izvestia Sankt-Peterburgskoj Lesotekhniceskoj Akademii*, 2022, iss. 240, pp. 25–46 (in Russian with English summary). DOI: 10.21266/2079-4304.2022.240.25-46

Cultivation of mixed plantations of pine and spruce allows us to optimize the qualitative and quantitative indicators of growing wood. Evaluation of taxation

indicators in plantations with different densities allows us to determine the optimal ratio of species. The study of the qualitative characteristics of pine and spruce timber, in particular wood density, allows us to determine the indicators of the growing volume of pine and spruce timber. The aim of the study is to compare the taxation characteristics of stands with different shares of pine and spruce and wood density of different composition. The studies were conducted in 50-year mixed artificial plantations of pine and spruce with the same primary density of planting, growing on two-member sediments – type of forest site conditions C2. Region of the study Leningrad region, 23 quarter of Orlinsky district forestry Gatchina district forestry. In mixed plantations, three trial plots (TPs) were established along the slope topography, 50m x 50m in size, 0.25 ha each. A continuous count of trees with measuring diameters at the height of 1.3 m and tree heights was carried out. To determine basic wood density by maximum moisture method, pine and spruce wood cores were sampled in all rows of tree distribution in steps of 2 cm thickness at a height of 1.3 m. The study showed that the plantation composition 5E5C formed the most dense wood. The largest stock was formed in the plantation 6E4C, indicating the accumulation of volume and the optimal composition of the plantation. For spruce, an increase in the absolute completeness of its element leads to a decrease in the density of its wood. For pine, an increase or decrease in its wood density also depends on the absolute completeness and density of the accompanying spruce layer.

Keywords: pine, spruce, average height, average diameter at breast height, wood density, analysis of variance, mixed stands.

РАУПОВА Диана Эдуардовна – аспирант Санкт-Петербургского государственного лесотехнического университета им. С.М. Кирова.

194021, Институтский переулок, д. 5, Санкт-Петербург, Россия E-mail: diana.raupova@bk.ru,

SPIN-код: 8604-1191, ORCID: 0000-0002-3275-5913, ResearcherID: ABN-5523-2022

RAUPOVA Diana E. – Postgraduate student of St. Petersburg State Forest Engineering University named after S.M. Kirov.

194021, Institutskiy lane, 5, St. Petersburg, Russia E-mail: diana.raupova@bk.ru

SPIN: 8604-1191, ORCID: 0000-0002-3275-5913, ResearcherID: ABN-5523-2022

ДАНИЛОВ Дмитрий Александрович – профессор кафедры лесоводства Санкт-Петербургского государственного лесотехнического университета имени С.М. Кирова, доктор сельскохозяйственных наук.

194021, Институтский пер., д. 5, Санкт-Петербург, Россия E.mail: stown200@mail.ru

Главный научный сотрудник Ленинградского научно-исследовательского института сельского хозяйства «БЕЛОГОРКА» – филиал ФБГНУ «ФИЦ картофеля имени А.Г. Лорха»

188338, ул. Институтская, д. 1, д. Белогорка, п. Сиверский, Ленинградская обл., 188338, Россия E-mail:stown200@mail.ru

SPIN-код: 5826-3852, ORCID: 0000-0002-7504-5743, ResearcherID: S-7007-2019, ScopusID: 57205402682.

DANILOV Dmitry A. – DSc (Agriculture), Professor, Forestry Department, St.Petersburg State Forest Engineering University.

194021, Institutskiy lane. 5. St. Petersburg, Russia. E-mail:stown200@mail.ru

Chief researcher of the Leningrad Research Institute of Agriculture «Belogorka» – a branch of the Lorch Research Center for Potato, Doctor of Agricultural Sciences.

1 Institutskaya St., Belogorka, Siversky village, Leningrad region, 188338, Russia. E-mail:stown200@mail.ru

SPIN-code: 5826-3852, ORCID: 0000-0002-7504-5743, ResearcherID: S-7007-2019, ScopusID: 57205402682.