

М.В. Ермакова

ВЛИЯНИЕ ДОПОЛНЕНИЙ НА ФОРМИРОВАНИЕ СТРУКТУРЫ ЛЕСНЫХ КУЛЬТУР СОСНЫ В КУРГАНСКОЙ ОБЛАСТИ

Введение. В настоящее время, в соответствии с задачами и требованиями Климатической доктрины Российской Федерации¹, одной из наиболее важных задач лесного хозяйства по-прежнему является восстановление лесной древесной растительности, в том числе сосны обыкновенной, на территориях, лишившихся ее в результате действия различных причин как антропогенного (вырубки, лесные пожары), так и природного характера (природные лесные пожары). Значительную роль в решении этой проблемы играет искусственное лесовосстановление путем создания лесных культур².

Успешность искусственного лесовосстановления обеспечивается соблюдением ряда необходимых условий [Гаврилова и др., 2021; Смагин и др., 2021; Гаврилова и др., 2023; Пак и др., 2024]. В эти условия входят применение качественного посадочного материала [Сунгурова, Дрочкова, 2021], соблюдение параметров размещения высаживаемых растений на лесокультурной площади и объективная оценка природно-климатических условий района проведения искусственного лесовосстановления [Тырченкова, 2017; Гладинов и др., 2021]. Соответственно, разработка планов лесовосстановления должна учитывать в т.ч. и определенные особенности почвенных, гидрологических и иных условий района проведения лесокультурных работ [Проказин и др., 2017]. Одним из условий успешного лесовосстановления, особенно в достаточно сложных условиях, можно считать возможность (при приживаемости 25-85% от общего количества первоначально высаженных) проведения дополнений лесных культур [Турчина, Банникова, 2023].

К подобным условиям, например, относится Западно-Сибирский подтаежно-лесостепной район³, в котором вследствие катастрофических при-

¹ Климатическая доктрина Российской Федерации. Утверждена Указом Президента Российской Федерации от 26 октября 2023 г. №812.

² Правила лесовосстановления, формы, состава, порядка согласования проекта лесовосстановления, оснований для отказа в его согласовании, а также требований к формату в электронной форме проекта лесовосстановления от 29 декабря 2021 г. № 1024.

³ Приказ МПР от 18 августа 2014 г. № 367, с изм. на 2 августа 2023 г.

родно-антропогенных пожаров за последние десятилетия вопросы лесовосстановления весьма актуальны.

Отличительной особенностью этого района с его недостаточным увлажнением и избытком тепла, коротким, жарким, периодически засушливым летом является сложность почвенного покрова. Наибольшее распространение на территории района имеет черноземный тип почв, осолоделые почвы и солонды, серые лесные и серые лесные оподзоленные почвы, солонцы⁴.

Сосняки располагаются исключительно по древним песчаным отложениям вблизи рек и озер [Горчаковский, 1968; Елисеев, Бунькова, 2024], что, соответственно, определяет проведение искусственного лесовосстановления сосны преимущественно в этих условиях.

Искусственное лесовосстановление сосны в подобных почвенно-климатических условиях сталкивается с определенными сложностями, такими как недостаток почвенной влаги при высоких температурах воздуха, засыпание и засекание стволиков семян песком и т.д. [Перепечина, 2011; Проказин и др., 2017]. Следовательно, даже при соблюдении всех установленных технологических приемов создания лесных культур приживаемость высаженных семян оказывается ниже нормативной, что требует проведения дополнений, иногда неоднократных.

Естественно предположить, что подобные лесные культуры сосны с дополнениями к моменту перевода в категорию земель, на которых расположены леса, могут отличаться по своей структурно-функциональной организации от лесных культур, созданных без применения дополнений. Однако работ, посвященных этому вопросу, на данный момент крайне мало.

Исследование лесных культур с дополнениями необходимо для задач более качественного планирования уходов как за лесными культурами, так и за молодняками сосны на землях, на которых расположены леса. Кроме того, оно позволит более точно проводить мониторинг накопления запасов фитомассы древесной растительности на ранних этапах формирования древостоев, что является необходимым условием в контексте развития программы лесоклиматических проектов.

Цель работы заключалась в изучении особенностей структурно-функциональной организации лесных культур сосны с различным количеством дополнений на момент перевода их в категорию земель, на которых расположены леса.

Материалы и методика исследований. Объектом исследований являлись 8-летние лесные культуры сосны на вырубках в зеленомошном типе

⁴ Лесной план Курганской области. Распоряжение Губернатора Курганской области от 3 апреля 2019 г. № 40-П-р с изменениями от 01.09.2019 г.

леса [Перепечина, 2011] на территории Кетовского лесничества Курганской области Западно-Сибирского подтаежно-лесостепного района.

Лесные культуры были созданы путем посадки с помощью меча Колесова стандартных 2-летних сеянцев сосны по бороздам, созданным плугом ПЛ-1.

Перед проведением исследований по каждой пробной площади (ПП) совместно с работниками лесничества, проводивших лесовосстановительные мероприятия, уточнялись данные о проведении посадок, в т.ч. о проведении дополнений в рядах лесных культур.

Исследования на пробных площадях лесных культур выполнялись в соответствии с общепринятыми методиками [Огиевский, Хиров, 1964] с учетом современных методических указаний [Методика..., 2023]. На каждой ПП через равные расстояния по трансекте закладывались площадки размером 50x50 м. На каждой площадке тщательно обследовались все деревья. У каждого дерева подсчитывалось количество годичных побегов для уточнения, к какой категории относятся деревья – основная посадка или дополнение. Если дополнение проводилось в течение ряда лет, то деревья дополнения подразделялись на группы: дополнение 1 – дополнение на следующий год после основной посадки; дополнение 2 – на 2-й год после посадки и т.д. Каждый отдельный участок в ряду культур – основная посадка, дополнение 1, дополнение 2 и т.д. – ограничивался сигнальной лентой с этикеткой.

На каждой ПП измерялось не менее 100 деревьев основной посадки и по 100 деревьев на участках каждого дополнения каждой группы. У каждого дерева определялись диаметры на 0,1 высоты ствола ($D_{0,1H}$), на высоте груди ($D_{1,3M}$) и высота ствола (Нств.).

В лабораторных условиях проводилась статистическая обработка результатов измерений биометрических показателей деревьев [Усманов, 2020], определялось общее количество деревьев на площади. Кроме того, подсчитывалось количество и доля от общего количества деревьев основной посадки и деревьев дополнения с подразделением на группы.

Для оценки варьирования показателей применялась шкала значений коэффициентов вариации [Мамаев, 1973; Карасева и др., 2023]

Распределение деревьев по классам роста в высоту выполнялось путем расчета их ранговых коэффициентов и их амплитуды с последующим распределением на 5 ранговых классов [Маслаков, 1984].

Определение ранговых коэффициентов проводилось по установленной формуле

$$R_{cp} = M_{it} / M_{cp,t}, \quad (1)$$

где R_{cp} – ранговый коэффициент по отношению к среднему; M_{it} – размеры i -го дерева в момент времени t ; $M_{cp,t}$ – размеры среднего дерева в насаждении в момент времени t .

Сравнение средних проводилось с помощью t-критерия Стьюдента при $p \leq 0,05$.

Результаты и обсуждение. Показатели размещения и итоговой приживаемости, а также средние биометрические параметры деревьев на ПП к возрасту перевода в земли, на которых расположены леса, приведены в табл. 1 и 2.

Таблица 1

Характеристики размещения и приживаемости деревьев сосны на ПП

Characteristics of placement and survival of pine trees on SP

№ ПП	Размещение, м	Общее количество высаженных сеянцев, шт.	Сохранилось от общего количества высаженных на момент учета		Количество дополнений
			шт.	%	
1	0,5 x 2,5	8000	5425	67,8	-
2	0,75 x 3,0	4400	2100	47,7	-
3	0,5 x 2,9	6800	6089	89,0	1
4	0,5 x 3,5	5800	4220	72,8	2
5	0,75 x 2,3	5800	4800	82,8	2
6	0,75 x 2,6	5050	2600	51,5	3
7	0,75 x 2,6	5050	3800	75,2	3

Таблица 2

Биометрические характеристики деревьев сосны ПП лесных культур

Biometric characteristics of SP pine trees

№ ПП	Параметры							А, лет
	D _{0,1H}		D _{1,3M}		Hств.			
	(M ± m), см	V, %	(M ± m), см	V, %	(M ± m), см	V, %		
1	4,8 ± 0,14	29,13	2,5 ± 0,09	44,82	195,2 ± 3,60	17,86	8,0	
2	6,1 ± 0,31	36,47	4,3 ± 0,33	53,54	198,4 ± 6,16	20,93	8,0	
3	3,9 ± 0,19	39,67	2,0 ± 0,40	54,48	193,9 ± 5,75	24,17	7,6	
4	3,9 ± 0,15	43,75	1,9 ± 0,08	56,60	186,2 ± 4,36	25,21	7,1	
5	4,0 ± 0,16	42,03	1,6 ± 0,14	71,90	177,4 ± 4,35	28,86	7,5	
6	3,8 ± 0,27	44,20	1,8 ± 0,26	72,14	163,0 ± 6,03	28,07	7,2	
7	3,6 ± 0,28	56,76	1,5 ± 0,29	80,01	159,7 ± 6,34	28,18	6,8	

Примечание. M – среднее; m – ошибка среднего; V – коэффициент вариации; А – средневзвешенный возраст

На момент перевода в земли, на которых расположены леса, лесные культуры почти на всех ПП соответствовали установленным требованиям⁵ как по количеству, так и по средней высоте деревьев главной породы. Исключение составила ПП 2 (лесные культуры без дополнения), где количество культивируемых деревьев главной породы оказалось ниже требуемого. Вероятнее всего, это объясняется тем, что на данной ПП изначально было высажено всего 4400 штук 2-летних сеянцев сосны, что в 1,8 раза меньше того, что было высажено на ПП 1, где также не проводилось дополнений.

На ПП 3, где было 1 дополнение, соотношение деревьев сосны основной посадки и дополнения было порядка 6:4 (рис. 1). На ПП 4 и 5 (с двумя дополнениями) соотношение деревьев основной посадки и общей доли деревьев дополнения составило 3:7 и 6:4 соответственно. На ПП 6 и 7 (с тремя дополнениями) это соотношение было 5:5 и 3:7 соответственно. Очевидно, что важными факторами оказываются количество дополнений и их длительность.

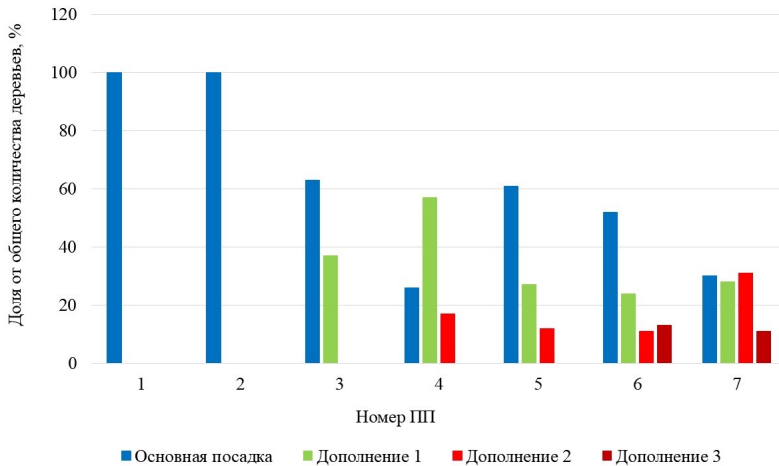


Рис. 1. Распределение деревьев на ПП по категориям

Fig. 1. Distribution of trees on the SP by categories

⁵ Правила лесовосстановления, формы, состава, порядка согласования проекта лесовосстановления, оснований для отказа в его согласовании, а также требований к формату в электронной форме проекта лесовосстановления от 29 декабря 2021 г. № 1024.

Анализ биометрических показателей (табл. 2) позволил установить, что у деревьев на ПП лесных культур, где проводились дополнения, существенно (при $p \leq 0,05$) снижается средняя величина $D_{0,1H}$, $D_{1,3M}$ и Нств. по сравнению с деревьями на ПП, где дополнение не проводилось.

Кроме того, в результате дополнительных посадок произошло изменение среднего возраста лесных культур. Особенно это заметно на ПП 4 (2 дополнения), ПП 6 и 7(3 дополнения): большая доля деревьев в этих культурах оказалась представлена деревьями дополнения, которые на 1-3 года моложе деревьев основной посадки.

Уровень изменчивости [Мамаев, 1973] для $D_{0,1H}$ оказался (независимо от наличия дополнений) в диапазоне от повышенного до очень высокого. В свою очередь, для $D_{1,3M}$ уровень изменчивости на всех ПП оказался очень высоким.

Соответственно, на ПП продолжают процессы дифференциации деревьев по высоте ствола. Уровень изменчивости по высоте на ПП 1 и 2 (без дополнений) оценивается как средний. На ПП 3-7 (1-3 дополнения) уровень изменчивости по высоте характеризуется как повышенный.

Следует отметить, что независимо от наличия или отсутствия дополнений высота стволов деревьев демонстрирует более низкий уровень изменчивости по сравнению с их диаметрами. По всей видимости, процессы дифференциации по высоте к возрасту перевода уже менее выражены, в отличие от дифференциации по толщине ствола [Dlugosiewicz et al., 2019; Ng'andwe et al., 2019; Trouillier et al, 2020]. Наличие деревьев разных возрастов, и соответственно, разных размеров и обеспечивает значительный размах варьирования показателей, прежде всего, высоты ствола (рис. 2).

В целом лесные культуры с дополнениями уже относятся к одновозрастным, в отличие от культур на ПП 1 и 2 (дополнение отсутствовало), которые, как и должно быть, являются абсолютно одновозрастными.

Анализ распределения всех деревьев сосны на ПП (по показателю, имеющему наименьшее варьирование из всех рассмотренных) позволил установить определенные различия между лесными культурами, созданными без дополнения, и теми, где оно неоднократно проводилось. Установлено, что (табл. 3) на ПП 1 и 2 (дополнение отсутствует) и на ПП 3 (1 дополнение) распределение деревьев по высоте было близко к нормальному, что свидетельствует о стабилизации дифференциации деревьев по высоте в данных лесных культурах.

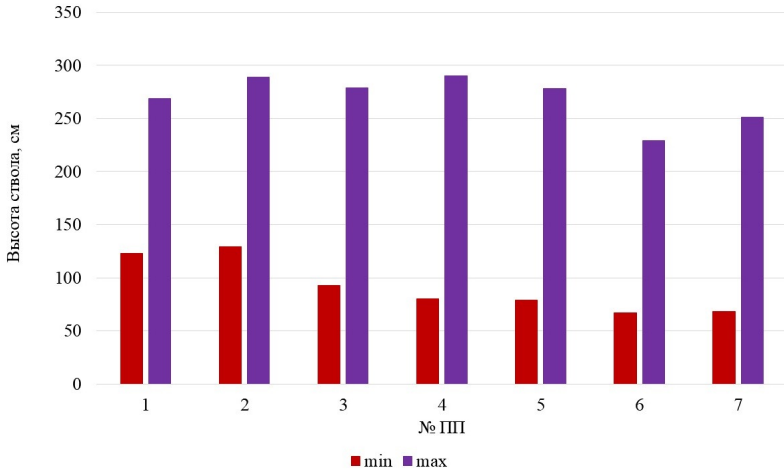


Рис. 2. Размах варьирования высоты ствола деревьев на ПП
 Fig. 2. Range of tree trunk height variation in the SP

Таблица 3

Показатели распределения деревьев сосны по высоте ствола
Indicators of distribution of pine trees by trunk height

	Показатель		
	$As \pm m_{ax}$	$Ex \pm m_{ex}$	АРК
1	$0,380 \pm 0,2487$	$-0,357 \pm 0,4926$	0,862
2	$0,143 \pm 0,3366$	$-0,505 \pm 0,6619$	0,859
3	$0,475 \pm 0,3190$	$0,260 \pm 0,6283$	1,011
4	$-0,896 \pm 0,3757$	$1,075 \pm 0,6283$	1,154
5	$-1,194 \pm 0,4757$	$1,275 \pm 0,6283$	1,242
6	$-1,262 \pm 0,3039$	$-1,517 \pm 0,5993$	1,507
7	$-1,310 \pm 0,6160$	$1,888 \pm 0,6883$	1,680

Примечание. As – асимметрия; m_{ax} – ошибка асимметрии; Ex – эксцесс; m_{ex} – ошибка эксцесса; АРК – амплитуда редукционных чисел

На ПП 4-6 (2 и 3 дополнения), напротив, распределение деревьев сосны по высоте ствола заметно отличалось от характеристик нормального распределения. Это является свидетельством продолжения активной диф-

ференциации деревьев по высоте. Высокая левосторонняя асимметрия распределения на ПП определяется наличием большого количества деревьев дополнения, более молодых, чем деревья основной посадки, и, соответственно, имеющих более низкую высоту.

О подобном различии в распределении деревьев по высоте ствола на ПП лесных культур без дополнений и с дополнениями свидетельствует и амплитуда ранговых коэффициентов (АРК). По мере увеличения количества дополнений возрастает и величина АРК, что также указывает на увеличение размаха варьирования по величине ствола.

Соответственно, все вышеуказанное определяет характер распределения деревьев сосны по ранговым классам высоты ствола (рис. 3).

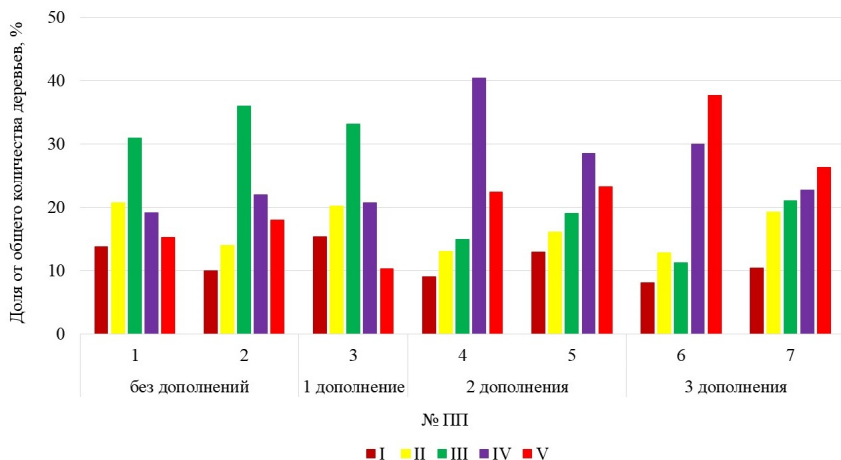


Рис. 3. Распределение деревьев сосны на ПП по ранговым классам высоты
 Fig. 3. Distribution of pine trees on the SP by rank height classes

Установленные особенности распределения деревьев сосны на ПП лесных культур, где проводились дополнения, особенно дважды или трижды, указывают на то, что в данном случае формирование структурно-функциональной организации искусственных древостоев сосны имеет значительное сходство с тем, что наблюдается в естественных молодняках [Ермакова, 2023; Astrat et al., 2020].

Заклучение. Таким образом, результаты наших исследований показывают, что дополнения лесных культур являются серьезным фактором, зна-

чительно снижающим их средние биометрические показатели. К возрасту перевода в категорию земель, на которых расположены леса, лесные культуры сосны, в которых не проводилось дополнений, демонстрируют определенную стабилизацию деревьев по высоте. В отличие от них, лесные культуры сосны, где проводились дополнения, сохраняют повышенную вариабельность деревьев по высоте, подобную той, что наблюдается в естественных молодняках. По возрастной структуре лесные культуры сосны с дополнениями уже не являются абсолютно одновозрастными, а переходят в категорию одновозрастных молодняков с регулярным размещением деревьев. Соответственно, необходимые лесохозяйственные мероприятия, связанные с формированием структурно-функциональной организации таких молодняков, должны, на наш взгляд, более ориентироваться на требования, предъявляемые к естественным молоднякам, чем к искусственным.

Успешное создание лесных культур, позволяющее в дальнейшем сохранить абсолютную одновозрастность и характерное формирование структурно-функциональной организации искусственных древостоев, в данных условиях, на наш взгляд, возможно только при высаживании не менее 8-10 тыс. 2-летних семян на 1 га, т.е. создании культур повышенной густоты.

Сведения о финансировании. Работа выполнена в рамках Государственного задания ФГБУН Ботанический сад УрО РАН (регистрационный номер 1022040300042-6-1.6.19;1.6.14;4.1.2).

Конфликт интересов. Автор заявляет об отсутствии конфликта интересов.

Библиографический список

Гаврилова О.И., Грязькин А.В., Кабонен А.В., Шукин П.О., Суханов Ю.В. Современные проблемы лесовосстановления в России и оценки его качества // DIGITAL. 2021. № 3. С. 8-16.

Гаврилова О.И., Грязькин А.В., Молостовкин М.Д., Пак К.А. Сравнительные результаты производства лесных культур сосны на задернённых вырубках // Вестник Поволжского государственного технологического университета. Серия: Лес. Экология. Природопользование. 2023. № 1 (57). С. 88–98. DOI:10.25686/2306-2827.2023.1.88.

Гладинов А.Н., Коновалова Е.В., Содбоева С.Ч. Сравнительные результаты использования семян сосны обыкновенной с открытой и закрытой корневой системой при искусственном лесовосстановлении в условиях Западного Забайкалья // Успехи современного естествознания. 2021. № 11. С. 7-12.

Горчаковский П.Л. Растительность // Урал и Приуралье. М., 1968. С. 211-218.

Елисеев И.А., Бунькова Н.П. Формирование древесной растительности на различных видах сельскохозяйственных угодий в условиях южной тайги // Леса России и хозяйство в них. 2024. № 1 (88). С. 75-82.

Ермакова М.В. Формирование структурно-функциональной организации молодняков сосны обыкновенной (*Pinus sylvestris* L.) смешанного искусственно-естественного происхождения в условиях сосняков ягодникового и разнотравного Среднего Урала // Лесотехнический журнал. 2023. Т. 13, № 2 (50). С. 43-58. DOI: 10.34220/issn.2222-7962/2023.2/3.

Карасева М.А., Мухортов Д.И., Лежнин К.Т. Изменчивость показателей роста семенного потомства сосны кедровой сибирской местной репродукции в Марийском Заволжье // Вестник Поволжского государственного технологического университета. Серия: Лес. Экология. Природопользование. 2023. № 1 (57). С. 73-87. DOI: 10.25686/2306-2827.2023.1.73.

Мамаев С.А. Формы внутривидовой изменчивости древесных растений (на примере семейства Pinaceae). М.: Наука, 1973. 284 с.

Маслаков Е.Л. Формирование сосновых молодняков М.: Лесн. пром-сть, 1984. 166 с.

Методика полевых работ по таксации леса на постоянных пробных площадях в рамках реализации инновационного проекта государственного значения «Углерод в экосистемах: мониторинг». Консорциум № 4. Версия 1.0. М., 2023. 32 с.

Огиевский В.В., Хиров А.А. Обследование и исследование лесных культур. М.: Лесн. пром-сть, 1964. 49 с.

Пак К.А., Гаврилова О.И., Грязькин А.В. Сохранность лесных культур сосны в условиях Северной Карелии // Природообустройство. 2024. № 4. С. 141-149. DOI: 10/26897/1997-6011-2024-4-141-149.

Перепечина Ю.И. Хозяйственно-лесорастительное районирование лесов лесостепи южного Зауралья (на примере Курганской области) // ИВУЗ. Лесной журнал. 2011. № 2. С. 40-45.

Проказин Н.Е., Бартенев И.М., Казаков В.И., Лобанова Е.Н. Особенности роста сеянцев сосны при лесовосстановлении горельников в лесостепной зоне // Лесотехнический журнал. 2017. № 2. С. 91-96. DOI: 10.12737/article_5967e9ddb1144.25242725.

Смагин А.Ю., Приходько О.Ю., Ортиков Р.Х. Состояние лесных культур в Кербинском лесничестве Хабаровского края // Аграрный вестник Приморья. 2021. № 2(22). С. 82-85.

Сунгурова Н.Р., Дрочкова А.А. Биометрические характеристики посадочного материала как тест-показатель успешности культур *Pinus sylvestris* L. // ИВУЗ. Лесной журнал. 2021. № 4. С. 107-116. DOI: 10.374482/05636-1036-2021-4-107-116.

Турчина Т.А., Банникова О.А. Создание лесных культур сосны крымской (*Pinus pallasiana* D. Don) на бугристых песках в степной зоне России. // ИВУЗ. Лесной журнал. 2023. № 4. С. 76-92. DOI: 10.37482/0536-1036-2023-4-76-92.

Тырченко И.В. Особенности лесовосстановления на вырубках и гарях в Сомовском лесничестве Воронежской области // Лесотехнический журнал. 2017. № 3. С. 157-166. DOI: 10.12737/article_59c225837f7385.12703017.

Усманов Р.Р. Статистическая обработка данных агрономических исследований в программе «STATISTICA»: учеб.-метод. пособие. М., 2020. 177 с. DOI: 10/34677/2020.004.

Astrat Z., Eid T., Gobbaken T., Negas M. Modelling and quantifying tree biometric prosperities of dry Afromontane forests of south-central Ethiopia // *Trees*. 2020. Vol. 34. P. 1411-1426. DOI: 10.1007/s00468-020-02012-8.

Długosiewicz J., Zajac S., Wysocka-Fijorek E. Evaluation of the natural and artificial regeneration of Scots pine (*Pinus sylvestris* L.) in the forest district Nowa Dęba // *Forest Research Papers*. 2019. Vol. 80, iss. 2. P. 105-106. DOI: 10.2478/frp-2019-0009.

Ng'andwe P., Chungu D., Yambaymba A.M., Chilamambe A. Modeling the height-diameter relationship of planed *Pinus kesiya* in Zambia // *Forest Ecology and Management*. 2019. Vol. 447. P. 1-11. DOI: 10.1016/j.foreco.2019.05.051.

Trouillier M., van der Maten-Theunissen M., Scharnweber T., Wilmking M. A unifying concept for growth trends of trees and forests – the “Potential natural forest” // *Frontiers in Forests and Global Change*. 2020. Vol. 3. Art. no. 581334. DOI: 10.3389/ffgc.2020.581334.

References

Astrat Z., Eid T., Gobbaken T., Negas M. Modelling and quantifying tree biometric prosperities of dry Afromontane forests of south-central Ethiopia. *Trees*, 2020, vol. 34, pp. 1411-1426. DOI: 10.1007/s00468-020-02012-8.

Długosiewicz J., Zajac S., Wysocka-Fijorek E. Evaluation of the natural and artificial regeneration of Scots pine (*Pinus sylvestris* L.) in the forest district Nowa Dęba. *Forest Research Papers*, 2019, vol. 80, iss. 2, pp. 105-106. DOI: 10.2478/frp-2019-0009.

Eliseev I.A., Bunkova N.P. Formation of woody vegetation on various types of agricultural land in the conditions of the southern taiga subzone. *Forest of Russia and economy in them*, 2024, no. 1 (88), pp. 75-82. DOI: 10.51318/FRET.2023.88.1.007. (In Russ.)

Ermakova M.V. Formation of the structural and functional organization of young stands of Scots pine (*Pinus sylvestris* L.) of mixed artificial and natural origin in the condition of berry pine forests of and forb pine forests of the Middle Urals. *Forestry Engineering Journal*, 2023, vol. 2, no. 2 (50), pp. 43-58. DOI: 10.34220/issn.2222-7962/2023.2/3. (In Russ.)

Gavrilova O.I., Griazkin A.V., Kabonen A.V., Shukin P.O., Suhkanov Yu. V. Actual problems of reforestation in Russia and its quality assessment. *DIGITAL*, 2021, no. 3, pp. 8-16. (In Russ.)

Gavrilova O.I., Gryazkin A.V., Molostovkin M.D., Pak K.A. Comparative results of the production of pine forest crops in turf clearings. *Bulletin of the Volga State Technological University. Series. Forest. Ecology. Nature management*, 2023, no. 1 (57), pp. 88–98. (In Russ.)

Gladinov A.N., Konovalova E.V., Sodboeva S.C. Results of a comparative analysis of the use of Scottal pine seedlings with open and closed root system under artificial forest recovery in the conditions of Western Transbaicalie. *Advances in current natural sciences*, 2021, no. 11, pp. 7-12. (In Russ.)

Gorchakovski P.L. Vegetation. *Urals and the Urals region*. Moscow, 1968, pp. 211-218. (In Russ.)

Karaseva M.A., Mukhortov D.I., Lezhnin K.T. Variability of growth indices of Siberian stone pine seed progeny of local reproduction in Mary Trans-Volga region. *Vestnik of Volga State University of Technology. Series: Forest. Ecology. Nature Management*, 2023, no. 1 (57), pp. 73–87. (In Russ.). DOI: 10.25686/2306-2827.2023.1.73. (In Russ.)

Mamaev S.A. Forms of intraspecific variability of woody plants (using the Pinaceae family as an example). Moscow: Science, 1973. 284 p. (In Russ.)

Maslakov E. L. Formation of pine young stands. Moscow: Forest industry, 1984. 166 p. (In Russ.)

Methodology for field work on forest taxation on permanent trial plots as part of the implementation of an innovative project of national importance “Carbon in ecosystems: monitoring.” Consortium No. 4. Version 1.0. Moscow, 2023. 32 p. (In Russ.)

Ng'andwe Ph., Chungu D., Yambaymba A.M., Chilamambe A. Modeling the height-diameter relationship of planed *Pinus kesiya* in Zambia. *Forest Ecology and Management*, 2019, vol. 447, pp. 1-11. DOI: 10.1016/j.foreco.2019.05.051.

Ogievski V.V., Khirov A.A. Survey and research of forest crops. Moscow: Forest industry, 1964. 49 p. (In Russ.)

Pak K.A., Gavrilova O.I., Gryazkin A.V. Preservation of pine forest crops in the conditions of North Karelia. *Prirodoobustrojstvo*, 2024, no. 4, pp. 141-149. DOI: 10.26897/1997-6011-2024-4-141-149. (In Russ.)

Perepechina Yu.I. Economic and Forest-growing Zoning of Forests of Southern Trans-Ural Forest-steppe (by Example of Kurgan Area). *Forestry Engineering Journal*, 2011, no. 2, pp. 40-45. (In Russ.)

Prokazin N.E., Bartenev I.M., Kazakov V.I., Lobanova E.N. Peculiarities of the growth of pine seedlings in reforestation of burned forests in the forest-steppe zone. *Forestry Engineering Journal*, 2017, no. 2, pp. 91-96. DOI: 10.12737/article_5967e9ddb144.25242725. (In Russ.)

Smagin A.Yu., Prikhodko O.Yu., Ortikov R.Kh. State of forest crops in Kerbin forestry of Khabarovsk region. *Agrarian Bulletin of Primorye*, 2021, no. 2 (22), pp. 82-85. (In Russ.)

Sungurova N.R., Drochkova A.A. Biometric parameters of planting material as a test indicator of success of *Pinus silvestris* L. *Russian Forestry Journal*, 2021, no. 4, pp. 107-116. DOI: 10.37482/0536-1036-2021-4-107-116. (In Russ.)

Trouillier M., van der Maten-Theunissen M., Scharnweber T., Wilmking M. A unifying concept for growth trends of trees and forests – the “Potential natural forest”. *Frontiers in Forests and Global Change*, 2020, vol. 3, art. no. 581334. DOI:10.3389/ffgc.2020.581334.

Turchina T.A., Bannikova O.A. Creation of Forest Cultures of Crimean Pine (*Pinus pallasiana* D. Don) on the Hilly Sands in the Steppe Zone of Russia. *Russian Forestry Journal*, 2023, no. 4, pp. 76–92. DOI: 10.37482/0536-1036-2023-4-76-92. (In Russ.)

Tyrchenkova I.V. Features of reforestation on clearings and burnt-out areas in Somovskoe forestry of the Voronezh region. *Russian Forestry Journal*, 2018, no. 3, pp. 157-166. DOI: 10.12737/article_59c225837f7385.12703017. (In Russ.)

Usmanov R.R. Statistical processing of agronomic research data in the program «STATISTICA»: textbook. Moscow, 2020. 177 p. DOI: 10/34677/2020.004. (In Russ.)

Материал поступил в редакцию 28.01.2025

Ермакова М.В. Влияние дополнений на формирование структуры лесных культур сосны в Курганской области // Известия Санкт-Петербургской лесотехнической академии. 2025. Вып. 256. С. 335–349. DOI: 10.21266/2079-4304.2025.256.335-349

Объект исследований – 8-летние лесные культуры сосны на вырубках в зеленомошном типе леса на территории Западно-Сибирского подтаежно-лесостепного района. Цель исследований – изучение особенностей структурно-функциональной организации лесных культур сосны с различным количеством дополнений на момент перевода их в категорию земель, на которых расположены леса. Исследования на пробных площадях лесных культур проводились по общепринятым методикам с учетом современных методических требований с закладкой площадок размером 50х50 м по трансекте. Деревья дополнения подразделялись на группы по годам посадки. Установлено, что в лесных культурах с дополнениями существенно снижаются средние показатели диаметров и высоты ствола по сравнению с площадями, где дополнение не проводилось, но в целом они соответствовали установленным требованиям как по количеству, так и по средней высоте деревьев главной породы. Показано, что

в результате дополнительных посадок произошло снижение среднего возраста лесных культур сосны на 0,4–1,2 года. Присутствие деревьев разных возрастов и разных размеров в результате дополнения определяет значительный размах варьирования по высоте ствола. Установлено, что при отсутствии дополнений или однократном дополнении распределение деревьев по высоте близко к нормальному. При наличии нескольких дополнений распределение деревьев сосны по высоте ствола заметно отличается от нормального. Лесные культуры сосны с дополнениями можно классифицировать как одновозрастные молодняки с регулярным размещением деревьев.

Ключевые слова: лесные культуры сосны, дополнения лесных культур, возраст культур.

Ermakova M.V. Influence of additional landings on the formation of the structure of pine forest cultures in the Kurgan region. *Izvestia Sankt-Peterburgskoj Lesotehneskoj Akademii*, 2025, iss. 256, pp. 335–349 (in Russian with English summary). DOI: 10.21266/2079-4304.2025.256.335-349

The object of the research is 8-year-old pine forest cultures in clearings in the true mosses type of forest in the territory of the West Siberian subtaiga-forest-steppe region. The aim of the research is to study the features of the structural and functional organization of pine forest plantations with different numbers of additional landings at the time of their transfer to the category of lands on which forests are located. The studies on the sample plots of forest plantations were carried out according to generally accepted methods, taking into account modern methodological requirements, with the laying out of sites measuring 50x50 m transect. The trees were additionally divided into groups by year of planting. It was found that in forest plantations with additional landings, the average diameters and heights of the trunks were significantly reduced compared to areas where additional landings were not made, but, in general, they met the established requirements, both in terms of the number and average height of trees of the main species. It has been shown that as a result of additional landings, the average age of pine forest plantations has decreased by 0.4–1.2 years. The presence of trees of different ages and sizes, as a result of the additional landings, determines a significant range of variation in trunk height. It has been established that in the absence of additional landings or a single additional planting, the distribution of trees by height is close to normal. In the presence of several additional landings, the distribution of pine trees by trunk height differs significantly from normal. Pine forest cultures with additional landings can be classified as single-aged young stands with regular placement of trees.

Keywords: pine forest plantations, forest additional landings, forest plantations age.

ЕРМАКОВА Мария Викторовна – ведущий научный сотрудник Ботанического сада Уральского отделения Российской Академии Наук, доктор сельскохозяйственных наук, ORCID: 0000-0002-9894-6587. SPIN-код: 6184-2190.

620144, ул. 8 Марта, д. 202а, г. Екатеринбург, Россия. E-mail: M58_07@mail.ru

ERMAKOVA Maria V. – DSc (Agricultural), Leading Research Scientist, Botanical Garden of Ural Branch of the RAS. ORCID: 0000-0002-9894-6587. SPIN-code 6184-2190.

620144. 8 Marta str. 202a. Ekaterinburg. Russia. E-mail: M58_07@mail.ru