

**СОЗДАНИЕ ЛЕСНЫХ КУЛЬТУР СОСНЫ СЕЯНЦАМИ С ЗАКРЫТОЙ И ОТКРЫТОЙ
КОРНЕВОЙ СИСТЕМОЙ В ПРАВОБЕРЕЖЬЕ НИЖЕГОРОДСКОГО ПОВОЛЖЬЯ****Н. Н. Бессчетнова, В. П. Бессчетнов, Н. А. Метелкин, И. А. Шайфлер**

Нижегородский государственный агротехнологический университет имени Л. Я. Флорентьева
Российская Федерация, 603107, г. Нижний Новгород, пр. Гагарина, 97
E-mail: lesfak@bk.ru

Аннотация. Актуальность темы научной работы обоснована все возрастающей потребностью в модернизации и дальнейшем совершенствовании методов и технологий искусственного восстановления насаждений главных лесообразующих пород Российской Федерации. Цель исследований – дать сравнительную оценку эффективности технологий создания в Нижегородском Поволжье искусственных насаждений сосны обыкновенной (*Pinus sylvestris* L.) посадочным материалом с закрытой и открытой корневой системой. Объектом исследований явились одновозрастные ювенильные особи, высаженные в лесные культуры общего назначения на территории Лысковского и Починковского межрайонных лесничеств Нижегородской области. Предметом исследования выступала изменчивость таксационных показателей и признаков морфологии ствола растений, полученных по технологиям закрытой и открытой корневой системы. Методологическая платформа работ основана на принципах единственного логического различия, типичности, пригодности, целесообразности и надежности опыта. Организационно-методическая схема предусматривала проведение натурной таксации со сплошным перечетом деревьев на пробных площадях и выполнение камерального этапа работы. Высоту деревьев фиксировали мерной рейкой с точностью до 1 см. Диаметр ствола у шейки корня измеряли штангенциркулем с точностью до 0,1 мм. Наряду с признаками непосредственного учета анализировали производные от них таксационные показатели. Первичную лесоводственную информацию обрабатывали общепринятыми статистическими методами с привлечением дисперсионного анализа. Обнаружили различия в таксационных показателях лесных культур, созданных сеянцами с закрытой и открытой корневой системой. Дисперсия значений характеристик ствола проявилась и на уровне индивидуальной изменчивости особей на разных опытных участках. Зафиксировали достижение наибольшей высоты деревьев в культурах, созданных стандартным посадочным материалом и контейнерными сеянцами.

Ключевые слова: сосна обыкновенная, лесные культуры, стандартные сеянцы, контейнерные сеянцы, таксационные показатели, изменчивость.

*Conifers of the boreal area. 2025, Vol. XLIII, No. 6, P. 21–31***CREATION OF PINE FOREST CROPS BY SEEDLINGS WITH CLOSED AND OPEN ROOT SYSTEMS
IN THE RIGHT BANK OF THE NIZHNY NOVGOROD VOLGA REGION****N. N. Besschetnova, V. P. Besschetnov, N. A. Metelkin, I. A. Scheifler**

Nizhny Novgorod State Florentyev Agrotechnological University
97, Gagarin Ave., Nizhny Novgorod, 603107, Russian Federation
E-mail: lesfak@bk.ru

Abstract. The relevance of the topic of scientific work is justified by the need for modernization and further improvement of methods and technologies of artificial restoration of plantations of the main forest-forming species of the Russian Federation. The purpose of the research is to provide a comparative assessment of the effectiveness of technologies for creating artificial stands of Scots pine (*Pinus sylvestris* L.) in the Nizhny Novgorod Volga region with a planting material with a closed and open root system. The object of research was single-aged juvenile individuals planted in general-purpose forest crops on the territory of the Lyskovsky and Pochinkovsky interdistrict forestries of the Nizhny Novgorod region. The subject of the study was the variability of taxation indicators and morphological features of plant stems obtained using closed and open root system technologies. The methodological platform of the work is based on the principles of a single logical difference, typicality, suitability, expediency and reliability of experience. The organizational and methodological scheme provided for conducting full-scale taxation with a continuous enumeration of trees on trial areas and performing the desk stage of work. The height of the trees was fixed with a measuring rail with an accuracy of 1 cm. The diameter of the trunk at the root neck was measured with a caliper with an accuracy of 0.1 mm. Along with the signs of direct accounting, the tax indicators derived from them were analyzed. Primary forestry information was processed using generally accepted statistical methods using analysis of variance.

Differences were found in the taxation indicators of forest crops created by seedlings with closed and open root systems. The variance of the values of the trunk characteristics was also manifested at the level of individual variability of individuals in different experimental sites. The achievement of the highest tree height was recorded in crops created by standard planting materials and container seedlings.

Keywords: Scots pine, forest crops, standard seedlings, container seedlings, taxation indicators, variability.

ВВЕДЕНИЕ

Развитие лесного комплекса Российской Федерации на период до 2030 года, векторы которого определены Стратегией, принятой правительством страны, предусматривает неуклонный переход к интенсивным формам ведения отраслевого хозяйства, что в свою очередь предполагает его инновационный характер, базирующийся на принципах устойчивого управления лесами, непрерывного и неистощительного лесопользования. Решение встающих перед специалистами отрасли в этой связи задач может быть достигнуто посредством последовательного совершенствования технологий искусственного лесовосстановления важнейших древесных пород, к числу которых с полным основанием относят сосну обыкновенную (*Pinus sylvestris* L.) [23; 27; 29–31]. У нас в стране она абсолютно обоснованно признана одним из наиболее востребованных в утилитарном плане аборигенных видов [26; 27; 33]. Благодаря уникальному комплексу полезных свойств сосна неизменно находится в поле зрения российских [1; 5; 33] и зарубежных [41; 47; 49; 50] исследователей, активно изучающих адаптационно-экологические реакции и особенности биологии вида [20; 26; 34; 35], его разнообразные признаки, имеющие хозяйственное [17; 32; 38; 40; 49], адаптационное [10; 13; 42] и идентификационное [6; 7; 11; 12] значение. Важное место в их перечне занимают вопросы селекционного совершенствования [16; 17], семенного [50] и микрклонального [41] размножения, производства посадочного материала, в том числе сеянцев с закрытой корневой системой [18; 19; 25]. Её естественные насаждения охватывают значительную часть Нижегородской области, где помимо реализации своего эксплуатационного потенциала выполняют водоохраные, почвозащитные и другие экостабилизирующие функции [2–4; 28]. Здесь созданы её многочисленные лесные культуры [21; 22], заложено немало лесосеменных плантаций [14], архивов клонов [7], испытательных культур [8]. На текущий момент в регионе сформирована эффективно действующая постоянная лесосеменная база, развернут единый генетико-селекционный комплекс [9]. Однако в последнее время такие работы в Среднем Поволжье недостаточно активны, не завершена разработка теоретической платформы формирования ассортимента лесных культур, не сложился единый взгляд на преимущества и недостатки ряда технологий производства посадочного материала, требует дальнейшего совершенствования процедура всесторонней проверки их качества на основе детального анализа технического, общесанитарного и санитарного состояния лесокультурных объектов.

Цель исследований – дать сравнительную оценку эффективности технологий создания в Правобережье Нижегородского Поволжья искусственных насажде-

ний сосны обыкновенной посадочным материалом с закрытой и открытой корневой системой.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Объекты исследования представлены участками лесных культур сосны обыкновенной, созданными на территории Лысковского (56.067651N, 45.096479E) и Починковского (54.856127047 N, 45.096813318E) межрайонных лесничеств в Правобережье Нижегородской области. Территориально они располагаются в пределах зоны хвойно-широколиственных лесов и причислены к району хвойно-широколиственных (смешанных) лесов европейской части Российской Федерации. В указанной местности сформирован климат с умеренно теплым и влажным летом и умеренно суровой снежной зимой. В нем распространены серые лесные, а также дерново-подзолистые и подзолистые почвы, в силу чего лесорастительные условия признаются вполне благоприятными для успешного произрастания обширного перечня хвойных пород, включая сосну обыкновенную [2–4; 28]. Метод и способ создания культур: ручная посадка сеянцев древесных пород с применением меча Колесова по подготовленным бороздам. Размещение посадочных мест предусматривало расстояние между рядами 5,0 м, в рядах 0,65 м. (одинаково для всех вариантов и повторностей опыта). Предметом исследования выступала изменчивость таксационных показателей и признаков морфологии ствола деревьев в составе лесных культур, созданных стандартными сеянцами с открытой и закрытой корневой системой. Технологические параметры контейнеров, используемых для выращивания последних, следующие: кассетные блоки «Plantek-F» с внешними габаритами 38,5×38,5×7,3 см; объем ячейки 4,1×4,1×7,3 см; количество ячеек в кассет-блоке – 81 шт. Методологическая платформа работ основана на принципах единственного логического различия, типичности, пригодности, целесообразности и надежности опыта. Организационно-методическая схема предусматривала проведение натурной таксации со сплошным пересчетом деревьев на пробных площадях и выполнение камерального этапа работы. Высоту деревьев фиксировали мерной рейкой с точностью до 1 см. Диаметр ствола у шейки корня измеряли штангенциркулем с точностью до 0,1 мм. Первичной единицей выборки выступал разовый замер каждого из тестируемых параметров всех вариантов опыта (технологии производства посадочного материала) и его повторностей (учетные ряды участков лесных культур). Наряду с таксационными показателями, устанавливаемыми в процессе непосредственного учета и фиксации, анализировали производные от них признаки надземной части ствола, получаемые расчетным путем [37–39]. Такой подход широко

распространён в лесоводственных [7; 12; 15] и биологических [13; 36; 46] исследованиях. Первичную лесоводственную информацию обрабатывали общепринятыми методами статистического анализа [43–45; 48; 51]. Изменчивость признаков оценивали по шкале Мамаева [24].

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

На опытных участках наблюдалась отчетливо заметная неоднородность исследованных лесных культур по комплексу характеристик надземной части растений, что прослеживалось как на уровне различий между объектами, созданными разным типом посадочного материала, так и в форме индивидуальной внутривидовой изменчивости особей семенного происхождения в пределах каждого из них (табл. 1–7).

Весьма контрастными оказались различия по высоте ствола (см. табл. 1). В этом случае обобщенные по соответствующим пробным площадям параметры

в культурах общего назначения достигли следующих величин: от $121,08 \pm 3,52$ см до $131,16 \pm 5,06$ см (вариант с сеянцами ЗКС) и от $146,38 \pm 3,52$ см до $165,46 \pm 3,67$ см (вариант с сеянцами ОКС) при средних по вариантам опыта значениям $132,33 \pm 2,15$ см и $155,73 \pm 1,66$ см соответственно. На фоне обобщенного по всему массиву данных значению ($144,03 \pm 1,48$ см) превышение оценок участка со стандартными сеянцами над аналогичным показателем участка с контейнерным посадочным материалом составило 23,40 см или в 1,177 раза. Обращает на себя внимание изменчивость характеристик растений на рассматриваемых опытных участках: на первом она оказалась выше и в оценках по коэффициенту вариации ($C_v = 20,56 \dots 26,07$ %) ближе была к среднему уровню по шкале Мамаева ($C_v = 16 \dots 25$ %). На втором участке коэффициенты вариации ($C_v = 10,73 \dots 16,15$ %) преимущественно соответствовали низкому уровню той же шкалы ($C_v = 7 \dots 15$ %).

Таблица 1

Высота ствола деревьев сосны обыкновенной на пробных площадях¹

Учеты	М	СКО	max	min	Δ_{lim}	$\pm m$	C_v , %	$t_{оп}$	P, %
Создание лесных культур сеянцами с закрытой корневой системой (участок 1)									
Ряд 1	121,08	24,90	168,00	78,00	90,00	3,52	20,56	34,39	2,91
Ряд 2	137,16	35,76	220,00	76,00	144,00	5,06	26,07	27,12	3,69
Ряд 3	135,88	27,83	179,00	91,00	88,00	3,94	20,48	34,52	2,90
Ряд 4	135,18	30,72	220,00	90,00	130,00	4,34	22,73	31,12	3,21
Total ₁	132,33	30,55	220,00	76,00	144,00	2,16	23,09	61,25	1,63
Создание лесных культур сеянцами с открытой корневой системой (участок 2)									
Ряд 1	165,46	25,94	230,00	104,00	126,00	3,67	15,68	45,10	2,22
Ряд 2	152,38	21,04	210,00	106,00	104,00	2,98	13,81	51,20	1,95
Ряд 3	146,38	15,71	180,00	121,00	59,00	2,22	10,73	65,87	1,52
Ряд 4	158,68	25,62	230,00	122,00	108,00	3,62	16,15	43,80	2,28
Total ₂	155,73	23,41	230,00	104,00	126,00	1,66	15,03	94,08	1,06
Обобщенное по двум опытным участкам значение									
Total ₀	144,03	29,60	230,00	76,00	154,00	1,48	20,55	97,32	1,03

¹Статистики: М – среднее арифметическое значение, см; СКО – среднеквадратическое отклонение, см; max – максимальное значение, см; min – минимальное значение, см; Δ_{lim} – диапазон лимитов, см; $\pm m$ – ошибка выборочного среднего, см; C_v – коэффициент вариации, %; $t_{оп}$ – опытный критерий Стьюдента ($t_{05} = 1,972$; $t_{01} = 2,601$); P – точность опыта, %.

Таблица 2

Диаметр ствола деревьев сосны обыкновенной на пробных площадях¹

Учеты	М	СКО	max	min	Δ_{lim}	$\pm m$	C_v , %	$t_{оп}$	P, %
Создание лесных культур сеянцами с закрытой корневой системой (участок 1)									
Ряд 1	3,25	0,78	4,60	1,60	3,00	0,11	23,98	29,49	3,39
Ряд 2	3,31	0,64	5,28	1,60	3,68	0,09	19,31	36,61	2,73
Ряд 3	3,13	0,22	3,89	2,81	1,08	0,03	7,12	99,37	1,01
Ряд 4	3,26	0,55	5,28	2,80	2,48	0,08	16,90	41,84	2,39
Total ₁	3,24	0,58	5,28	1,60	3,68	0,04	18,04	78,40	1,28
Создание лесных культур сеянцами с открытой корневой системой (участок 2)									
Ряд 1	3,95	0,75	5,86	2,34	3,52	0,11	18,99	37,24	2,69
Ряд 2	3,78	0,61	4,97	2,50	2,47	0,09	16,14	43,81	2,28
Ряд 3	3,65	0,45	4,48	2,98	1,50	0,06	12,34	57,29	1,75
Ряд 4	3,78	0,71	5,86	2,62	3,24	0,10	18,82	37,58	2,66
Total ₂	3,79	0,64	5,86	2,34	3,52	0,05	17,02	83,09	1,20
Обобщенное по двум опытным участкам значение									
Total ₀	3,51	0,67	5,86	1,60	4,26	0,03	19,16	104,40	0,96

¹Статистики: М – среднее арифметическое значение, см; СКО – среднеквадратическое отклонение, см; max – максимальное значение, см; min – минимальное значение, см; Δ_{lim} – диапазон лимитов, см; $\pm m$ – ошибка выборочного среднего, см; C_v – коэффициент вариации, %; $t_{оп}$ – опытный критерий Стьюдента ($t_{05} = 1,972$; $t_{01} = 2,601$); P – точность опыта, %.

Подобное утверждение можно сделать относительно лимитов: на участке с реализацией контейнерных технологий выращивания сеянцев их диапазон ($\Delta\text{lim} = 144$ см) оказался шире ($\text{max} = 220$ см; $\text{min} = 76$ см) в сравнении со стандартным вариантом: $\Delta\text{lim} = 126$ см; $\text{max} = 230$ см; $\text{min} = 104$ см.

Аналогичный анализ, выполненный в отношении диаметра ствола у шейки корня в молодняках, продемонстрировал принципиально сходные тенденции при некотором их вполне понятном расхождении. Заметно, что данный параметр растений на сопоставляемых между собой участках также характеризовался значительным разбросом данных (см. табл. 2).

Разброс величин в повторностях опыта был от $3,13 \pm 0,03$ см до $3,31 \pm 0,09$ см (вариант с сеянцами ЗКС) и $6,13 \pm 0,18$ м (вариант с сеянцами ОКС). При этом для вариантов опыта средние значения составили $3,24 \pm 0,04$ см и $3,79 \pm 0,05$ см соответственно, а обобщенное по всем участкам значение – $3,51 \pm 0,03$ см. Превышение средних показателей участка со стандартными сеянцами над аналогичными характеристиками участка с контейнерным посадочным материалом составило 0,81 см или в 1,260 раза. Варьирование диаметра ствола у корневой шейки растений на сопоставляемых опытных участках примерно одинаково, во всяком случае, в объединенных по каждому из них массивов: на первом из них она оказалась чуть выше ($C_v = 18,04$ %), чем на втором ($C_v = 17,02$ %). При этом в том и другом случае относилась к среднему уровню по шкале Мамаева ($C_v = 16...25$ %). Однако на втором участке коэффициенты вариации более выровнены по своей величине ($C_v = 12,34...18,99$ %) по сравнению с первым ($C_v = 7,12...23,98$ %), соответствуя низкому ($C_v = 7...15$ %) и среднему ($C_v = 16...25$ %) уровню ранее выбранной шкалы. Сходная тенденция зафиксирована по абсолютным значениям: на участке, где использованы контейнерные сеянцы, их диапазон ($\Delta\text{lim} = 3,68$ см) оказался несколько больше ($\text{max} = 5,28$ см; $\text{min} = 1,60$ см) в сравнении вариантом использования традиционных

технологий выращивания посадочного материала: $\Delta\text{lim} = 3,52$ см; $\text{max} = 5,86$ см; $\text{min} = 2,34$ см.

Площадь поперечного сечения ствола как широко используемый на практике таксационный показатель в нашем случае определялся расчетным путем по диаметру у шейки корня растений в силу их ограниченных размеров, связанных с малым возрастом (см. табл. 3). В данном случае обобщенные по соответствующим пробным площадям средние параметры растений колебались от $7,75 \pm 0,16$ см² до $8,92 \pm 0,53$ см² (вариант с сеянцами ЗКС) и от $10,60 \pm 0,37$ см² до $12,66 \pm 0,66$ см² (вариант с сеянцами ОКС).

При этом средние по вариантам опыта оценки составили $8,50 \pm 0,23$ см² и $11,59 \pm 0,28$ см² соответственно, а обобщенное по всем участкам значение – $10,04 \pm 0,20$ см². Изменчивость данного показателя на сравниваемых участках лесных культур в целом выше, не одинакова в достигнутых величинах и на первом из них она была более заметной ($C_v = 38,29$ %), чем на втором ($C_v = 34,30$ %). Если в первом случае она неоднородна ($C_v = 14,49...44,30$ %) и относилась как к низкому ($C_v = 7...15$ %), так и к высокому уровню по шкале Мамаева ($C_v = 36...50$ %), то на втором участке была более равномерна в своем проявлении ($C_v = 24,55...38,58$ %) и соответствовала среднему ($C_v = 16...25$ %) и повышенному уровню ($C_v = 26...35$ %). Однако больший диапазон лимитов ($\Delta\text{lim} = 22,67$ см²) имели посадки на втором участке ($\text{max} = 26,97$ см²; $\text{min} = 4,30$ см²), в то время как на первом они были меньше: $\Delta\text{lim} = 19,89$ см²; $\text{max} = 21,90$ см²; $\text{min} = 2,01$ см².

Представление о сбалансированности развития растений в искусственных насаждениях дает рассмотрение соотношения между важнейшими таксационными показателями – высотой и диаметром (см. табл. 4). Изменчивость данного показателя на сравниваемых участках лесных культур в целом выше, не одинакова в достигнутых величинах и на первом из них она была более заметной ($C_v = 38,29$ %), чем на втором ($C_v = 34,30$ %).

Таблица 3
Площадь поперечного сечения ствола деревьев на пробных площадях¹

Учеты	М	СКО	max	min	Δlim	$\pm m$	C_v , %	$t_{\text{оп}}$	P, %
Создание лесных культур сеянцами с закрытой корневой системой (участок 1)									
Ряд 1	8,74	3,87	16,62	2,01	14,61	0,55	44,30	15,96	6,26
Ряд 2	8,92	3,78	21,90	2,01	19,89	0,53	42,40	16,68	6,00
Ряд 3	7,75	1,12	11,88	6,20	5,68	0,16	14,49	48,81	2,05
Ряд 4	8,60	3,41	21,90	6,16	15,74	0,48	39,70	17,81	5,61
Total ₁	8,50	3,26	21,90	2,01	19,89	0,23	38,29	36,94	2,71
Создание лесных культур сеянцами с открытой корневой системой (участок 2)									
Ряд 1	12,66	4,68	26,97	4,30	22,67	0,66	36,93	19,15	5,22
Ряд 2	11,48	3,64	19,40	4,91	14,49	0,52	31,73	22,29	4,49
Ряд 3	10,60	2,60	15,76	6,97	8,79	0,37	24,55	28,80	3,47
Ряд 4	11,60	4,47	26,97	5,39	21,58	0,63	38,58	18,33	5,46
Total ₂	11,59	3,97	26,97	4,30	22,67	0,28	34,30	41,24	2,43
Обобщенное по опытным участкам значение									
Total ₀	10,04	3,94	26,97	2,01	24,96	0,20	39,25	50,95	1,96

¹Статистики: М – среднее арифметическое значение, см²; СКО – среднеквадратическое отклонение, см²; max – максимальное значение, см²; min – минимальное значение, см²; Δlim – диапазон лимитов, см²; $\pm m$ – ошибка среднего, см²; C_v – коэффициент вариации, %; $t_{\text{оп}}$ – опытный критерий Стьюдента ($t_{05} = 1,972$; $t_{01} = 2,601$); P – точность опыта, %.

Таблица 4
Отношение высоты ствола к его диаметру на пробных площадях¹

Учеты	М	СКО	max	min	Δ_{lim}	$\pm m$	Cv, %	$t_{\text{оп}}$	P, %
Создание лесных культур сеянцами с закрытой корневой системой (участок 1)									
Ряд 1	0,38	0,05	0,50	0,28	0,22	0,01	14,42	49,04	2,04
Ряд 2	0,42	0,08	0,56	0,26	0,29	0,01	20,29	34,84	2,87
Ряд 3	0,43	0,09	0,62	0,29	0,33	0,01	20,95	33,76	2,96
Ряд 4	0,42	0,08	0,54	0,23	0,32	0,01	19,96	35,42	2,82
Total ₁	0,41	0,08	0,62	0,23	0,39	0,01	19,77	71,55	1,40
Создание лесных культур сеянцами с открытой корневой системой (участок 2)									
Ряд 1	0,43	0,05	0,60	0,35	0,25	0,01	12,57	56,26	1,78
Ряд 2	0,41	0,06	0,53	0,28	0,25	0,01	13,89	50,90	1,96
Ряд 3	0,41	0,05	0,50	0,31	0,19	0,01	12,43	56,90	1,76
Ряд 4	0,43	0,06	0,60	0,31	0,28	0,01	13,52	52,30	1,91
Total ₂	0,42	0,05	0,60	0,28	0,31	0,00	13,21	107,05	0,93
Обобщенное по двум опытным участкам значение									
Total ₀	0,41	0,07	0,62	0,23	0,39	0,00	16,77	119,29	0,84

¹Статистики: М – среднее арифметическое значение, м/см; СКО – среднее квадратическое отклонение, м/см; max – максимальное значение, м/см; min – минимальное значение, м/см; Δ_{lim} – диапазон лимитов, м/см; $\pm m$ – ошибка выборочного среднего, м/см; Cv – коэффициент вариации, %; $t_{\text{оп}}$ – опытный критерий Стьюдента ($t_{05} = 1,972$; $t_{01} = 2,601$); P – точность опыта, %.

Таблица 5
Сбег ствола деревьев сосны обыкновенной на пробных площадях¹

Учеты	М	СКО	max	min	Δ_{lim}	$\pm m$	Cv, %	$t_{\text{оп}}$	P, %
Создание лесных культур сеянцами с закрытой корневой системой (участок 1)									
Ряд 1	2,68	0,39	3,61	2,00	1,61	0,05	14,47	48,86	2,05
Ряд 2	2,51	0,54	3,82	1,80	2,02	0,08	21,36	33,11	3,02
Ряд 3	2,40	0,52	3,48	1,62	1,86	0,07	21,70	32,58	3,07
Ряд 4	2,50	0,55	4,44	1,84	2,61	0,08	22,16	31,91	3,13
Total ₁	2,52	0,51	4,44	1,62	2,82	0,04	20,22	69,94	1,43
Создание лесных культур сеянцами с открытой корневой системой (участок 2)									
Ряд 1	2,39	0,28	2,86	1,68	1,18	0,04	11,88	59,54	1,68
Ряд 2	2,49	0,38	3,53	1,88	1,65	0,05	15,08	46,88	2,13
Ряд 3	2,51	0,31	3,20	2,01	1,19	0,04	12,22	57,87	1,73
Ряд 4	2,39	0,31	3,20	1,68	1,52	0,04	13,17	53,69	1,86
Total ₂	2,44	0,32	3,53	1,68	1,85	0,02	13,27	106,56	0,94
Обобщенное по двум опытным участкам значение									
Total ₀	2,48	0,43	4,44	1,62	2,82	0,02	17,27	115,82	0,86

¹Статистики: М – среднее арифметическое значение, см/м; СКО – стандартное отклонение, см/м; max – максимальное значение, см/м; min – минимальное значение, см/м; Δ_{lim} – диапазон лимитов, см/м; $\pm m$ – ошибка среднего, см/м; Cv – коэффициент вариации, %; $t_{\text{оп}}$ – опытный критерий Стьюдента ($t_{05} = 1,972$; $t_{01} = 2,601$); P – точность опыта, %.

Если в первом случае она неоднородна ($Cv = 14,49...44,30$ %) и относилась как к низкому ($Cv = 7...15$ %), так и к высокому уровню по шкале Мамаева ($Cv = 36...50$ %), то на втором участке была более равномерна в своем проявлении ($Cv = 24,55...38,58$ %) и соответствовала среднему ($Cv = 16...25$ %) и повышенному уровню ($Cv = 26...35$ %). Однако больший диапазон лимитов ($\Delta_{\text{lim}} = 22,67$ см²) имели посадки на втором участке ($max = 26,97$ см²; $min = 4,30$ см²), в то время как на первом оценки были меньше: $\Delta_{\text{lim}} = 19,89$ см²; $max = 21,90$ см²; $min = 2,01$ см².

Один из важных таксационных показателей – сбег ствола – хотя и был близок по характеру распределения значений к предыдущему признаку, обладал собственной картиной в этом плане (см. табл. 5).

Средние значения отдельных повторностей опыта расположились приблизительно на одном уровне за редким исключением: от $2,40 \pm 0,07$ см/м до $2,68 \pm 0,05$

см/м (сеянцы с закрытой корневой системой) и от $2,39 \pm 0,04$ см/м до $2,51 \pm 0,04$ см/м (сеянцы с открытой корневой системой). Мало различались между собой и обобщенные по каждой из технологий значения: $2,52 \pm 0,04$ см/м и $2,44 \pm 0,02$ см/м соответственно. В то же время лимиты расходились более заметно: на участке, где использованы контейнерные сеянцы, их диапазон ($\Delta_{\text{lim}} = 2,82$ см/мм) оказался несколько шире ($max = 4,44$ см/мм; $min = 1,62$ см/мм) по сравнению с вариантом использования традиционных технологий выращивания посадочного материала ($\Delta_{\text{lim}} = 1,85$ см/мм; $max = 3,53$ см/мм; $min = 1,68$ см/мм). Оценки коэффициента вариации адекватно отражали сложившуюся ситуацию: $Cv = 14,47...22,16$ % в первом случае и $Cv = 11,18...15,08$ % – во втором, что соответствовало преимущественно низкому ($Cv = 7...15$ %) или среднему ($Cv = 16...25$ %) уровню изменчивости по шкале Мамаева.

Характеризующий темпы увеличения линейных параметров высаженных на лесокультурную площадь сеянцев индекс напряженности роста деревьев демонстрировал отчетливую реакцию на смену технологий производства посадочного материала (табл. 6).

В частности, обобщенные по ним оценки различались чуть более контрастно, чем по предыдущим характеристикам: $Total_{ЗКС} = 0,17 \pm 0,004$ м/см²; $Total_{ОКС} = 0,15 \pm 0,003$ м/см². На фоне усреднения по всем пробным площадям ($Total_0 = 0,16 \pm 0,002$ м/см²) разность составила 0,03 м/см², а превышение – в 1,157 раза. В то же время в пределах каждой из групп оценки повторностей сравнительно выровнены: 0,16...0,18 м/см² (технологии ЗКС) и 0,14...0,15 м/см² (технологии ОКС). Разброс абсолютных значений в них более выражен: $\Delta lim = 0,37$ м/см² (max = 0,44 м/см²; min = 0,07 м/см²) на участке с закрытой корневой системой и $\Delta lim = 0,21$ м/см² (max = 0,29 м/см²; min = 0,08 м/см²) на контрольном участке.

Надежной характеристикой сравниваемых насаждений служит объем цилиндра, построенного на площади поперечного сечения ствола, используемый в таксации при вычислении видового числа (табл. 7).

Оценки данного показателя, как и все предыдущие, неодинаковы: от $1057,47 \pm 41,14$ см³ до $1315,55 \pm 132,63$ см³ (технологии ЗКС) и от $1568,90 \pm 67,95$ см³ до $2185,25 \pm 150,89$ см³ (технологии ОКС). Превышение по участкам составило на $258,08$ см³ или в 1,24 раза и на $616,34$ см³ или в 1,39 раза соответственно. Те же соотношения в обобщенном массиве данных достигли $685,81$ см³ или в 1,58 раза в пользу традиционных технологий. Расхождения в лимитах соответствовали представленной картине: $\Delta lim = 4660,21$ см³ (max = $4817,04$ см³; min = $156,83$ см³) на участке с закрытой корневой системой и $\Delta lim = 5189,53$ см³ (max = $5636,78$ см³; min = $447,25$ см³) на контрольном участке. При этом общий их диапазон ($\Delta lim = 5479,96$ см³) был еще больше (max = $5636,78$ см³; min = $156,83$ см³). В итоге это привело к существенному увеличе-

нию общей дисперсии, что корректно зафиксировали коэффициенты вариации: $Cv = 27,51...71,29$ % в первом случае и $Cv = 30,62...53,87$ % – во втором. За редким исключением они соответствовали высокому ($Cv = 36...50$ %) или очень высокому ($Cv > 50$ %) уровню изменчивости по ранее выбранной шкале.

Полученные по представленным анализируемым признакам результаты в подавляющем большинстве статистически значимы и надежны, на что указывают расчетные величины критерия Стьюдента, превзошедшие допустимый табличный минимум и относительная ошибка опыта, не переступившая 5-процентный порог. Наблюдаемая картина распределения величин анализируемых признаков указывает на их достаточную стабильность. В целом, это в полной мере соответствует классическим представлениям о характере формирования и развития параметров надземной части хвойных древесных пород и сосны обыкновенной, в частности.

Однофакторный дисперсионный анализ позволил получить надежные оценки доли влияние организованного фактора, в нашем случае различий в типах посадочного материала, использованного при создании лесных культур (источник дисперсии по вариантам опыта), на формирование общего фона фенотипической изменчивости и индивидуальных различий особей в составе каждого из вариантов (табл. 8).

В подавляющем большинстве признаков (5 из 7), интегрированных в дисперсионный комплекс, наблюдались существенные различия между вариантами технологий производства посадочного материала, использованного в создании обследованных лесных культур. Данный факт получил подтверждение величиной расчетных критериев Фишера ($F_{оп} = 23,48...79,50$), которые заметно превосходили соответствующие индикаторы статистической значимости ($F_{05/01} = 3,86/6,70$).

Таблица 6

Индекс напряженности роста деревьев сосны на пробных площадях¹

Учеты	М	СКО	max	min	Δ_{lim}	$\pm m$	Cv, %	$t_{оп}$	P, %
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Создание лесных культур сеянцами с закрытой корневой системой (участок 1)									
Ряд 1	0,16	0,07	0,39	0,08	0,31	0,01	41,50	17,04	5,87
Ряд 2	0,17	0,06	0,44	0,10	0,35	0,01	34,08	20,75	4,82
Ряд 3	0,18	0,04	0,28	0,11	0,17	0,01	23,74	29,79	3,36
Ряд 4	0,17	0,04	0,25	0,07	0,17	0,01	25,76	27,45	3,64
Total ₁	0,17	0,05	0,44	0,07	0,37	0,00	31,65	44,69	2,24
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Создание лесных культур сеянцами с открытой корневой системой (участок 2)									
Ряд 1	0,14	0,04	0,29	0,08	0,21	0,01	31,00	22,81	4,38
Ряд 2	0,14	0,04	0,25	0,08	0,17	0,01	27,97	25,28	3,96
Ряд 3	0,14	0,03	0,21	0,10	0,11	0,00	22,15	31,92	3,13
Ряд 4	0,15	0,04	0,29	0,08	0,21	0,01	29,17	24,24	4,13
Total ₂	0,15	0,04	0,29	0,08	0,21	0,00	27,65	51,14	1,96
Обобщенное по двум опытным участкам значение									
Total ₀	0,16	0,05	0,44	0,07	0,37	0,00	30,92	64,68	1,55

¹Статистики: М – среднее арифметическое значение, м/см²; СКО – стандартное отклонение, м/см²; max – максимальное значение, м/см²; min – минимальное значение, м/см²; Δlim – диапазон лимитов, м/см²; $\pm m$ – ошибка среднего, м/см²; Cv – коэффициент вариации, %; $t_{оп}$ – опытный критерий Стьюдента ($t_{05} = 1,972$; $t_{01} = 2,601$); P – точность опыта, %.

Таблица 7

Объем видового цилиндра деревьев сосны обыкновенной на участках¹

Учеты	М	СКО	max	min	Δ_{lim}	$\pm m$	Cv, %	$t_{оп}$	P, %
Создание лесных культур сеянцами с закрытой корневой системой (участок 1)									
Ряд 1	1134,36	653,23	2528,79	156,83	2371,96	92,38	57,59	12,28	8,14
Ряд 2	1315,55	937,85	4817,04	178,95	4638,10	132,63	71,29	9,92	10,08
Ряд 3	1057,47	290,88	2091,71	574,61	1517,10	41,14	27,51	25,71	3,89
Ряд 4	1217,58	831,68	4817,04	601,55	4215,49	117,62	68,31	10,35	9,66
Total ₁	1181,24	722,54	4817,04	156,83	4660,21	51,09	61,17	23,12	4,33
Создание лесных культур сеянцами с открытой корневой системой (участок 2)									
Ряд 1	2185,25	1066,92	5636,78	447,25	5189,53	150,89	48,82	14,48	6,90
Ряд 2	1792,52	753,87	4074,01	520,33	3553,68	106,61	42,06	16,81	5,95
Ряд 3	1568,90	480,45	2711,28	861,01	1850,27	67,95	30,62	23,09	4,33
Ряд 4	1921,54	1035,04	5636,78	711,08	4925,71	146,38	53,87	13,13	7,62
Total ₂	1867,05	889,25	5636,78	447,25	5189,53	62,88	47,63	29,69	3,37
Обобщенное по двум опытным участкам значение									
Total ₀	1524,15	879,01	5636,78	156,83	5479,96	43,95	57,67	34,68	2,88

¹Статистики: М – среднее арифметическое значение, см³; СКО – среднеквадратическое отклонение, см³; max – максимальное значение, см³; min – минимальное значение, см³; Δ_{lim} – диапазон лимитов, см³; $\pm m$ – ошибка среднего, см³; Cv – коэффициент вариации, %; $t_{оп}$ – опытный критерий Стьюдента ($t_{05} = 1,972$; $t_{01} = 2,601$); P – точность опыта, %.

Таблица 8

Существенность различий в эффективности технологий создания лесных культур сосны обыкновенной^{1,2}

Признаки	F _{оп}	Доля влияния фактора (h ² ± s _h ²)						Критерии различий	
		по Плохинскому			по Снедекору				
		h ²	± s _h ²	F _h ²	h ²	± s _h ²	F _h ²	HCP ₀₅	D ₀₅
Признак 1	73,92	0,1566	0,0021	73,923	0,2672	0,0018	145,117	5,35	5,39
Признак 2	79,50	0,1665	0,0021	79,502	0,2819	0,0018	156,218	0,12	0,12
Признак 3	72,08	0,1533	0,0021	72,079	0,2622	0,0019	141,447	0,71	0,72
Признак 4	0,35	0,0009	0,0025	0,352	—	—	—	0,014	0,014
Признак 5	3,51	0,0087	0,0025	3,511	0,0124	0,0025	4,998	0,084	0,085
Признак 6	23,48	0,0557	0,0024	23,482	0,1011	0,0023	44,739	0,009	0,009
Признак 7	71,65	0,1526	0,0021	71,653	0,2610	0,0019	140,599	159,28	160,41

¹Показатели: $F_{оп}$ – опытное значение критерия Фишера; $F_{05/01}$ – табличное значение критерия Фишера на 5-процентном и на 1-процентном уровне значимости ($F_{05/01} = 3,86/6,70$); h^2 – доля влияния организованного фактора; $\pm s_h^2$ – ошибка доли влияния организованного фактора; F_h^2 – критерий достоверности доли влияния организованного фактора; HCP₀₅ – наименьшая существенная разность на 5-процентном уровне значимости; D₀₅ – критерий Тьюки на 5-процентном уровне значимости; число первичных единиц выборки каждого признака – 400 п.е.в.; общая емкость базы данных дисперсионного комплекса – 2800 дата-единиц.

²Признаки: 1 – высота ствола; 2 – диаметр ствола у шейки корня; 3 – площадь поперечного сечения ствола у шейки корня; 4 – отношение высоты ствола к его диаметру; 5 – сбеги ствола; 6 – индекс напряженности роста дерева; 7 – объем видового цилиндра.

Для них нулевая гипотеза об отсутствии различий такого плана не была верифицирована. В такой ситуации возникает возможность развития анализа в части вычисления доли влияния организованного фактора (в нашем случае – эффект влияния технологических различий) на формирование общей фенотипической изменчивости. Исключение составили отношение высоты ствола к его диаметру (признак 4) и сбеги ствола (признак 5), в разрезе которых участки культур не различались ($F_{оп} < F_{05/01}$). Проведенные в соответствии с вышеизложенным вычисления указанного показателя ($h^2 \pm mh^2$) методом Плохинского обнаружили его величину в пределах от $5,57 \pm 0,24$ % (признак 5) до $16,65 \pm 0,21$ % (признак 2). Полученные оценки статистически надежны, поскольку соответствующие критерии их достоверности ($F_h^2 = h^2/mh^2$) превысили минимально допустимые значения критерия Фишера ($F_h^2 > F_{05/01}$).

Не учитываемые в опыте случайные факторы генерировали внутригрупповую или остаточную дисперсию рассматриваемых характеристик ствола, которая достигала величины 83,35...94,43 %. Эти сведения указывают на существенную зависимость проявлений основных таксационных показателей и производных признаков от внешних факторов, которые чаще связывают с неизбежной в таких случаях пестротой лесорастительных условий. Вместе с тем, данное обстоятельство создает возможность влияния на них через технологически доступные изменения, например, почвенных параметров, которые можно получить в процессе агротехнических и лесоводственных уходов за лесными культурами. Привлечение к расчетам алгоритма Снедекора дало вполне сопоставимый результат.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Лесные культуры сосны обыкновенной, созданные в Правобережье Нижегородского Поволжья посадоч-

ным материалом с открытой и закрытой корневой системой, характеризовались хорошо заметными различиями основных таксационных показателей и других признаков стволовой части учетных деревьев. Разброс значений проявлялся как между собственными участками, так и на уровне индивидуальной изменчивости в пределах каждого из них. При этом расхождения между вариантами технологий по всем тестируемым признакам оказались более выраженными на фоне сравнительно выровненных значений в их пределах. Преимущества в росте и развитии на ранних этапах онтогенеза имели сеянцы, выращиваемые по типовым технологиям. Дисперсионный анализ подтвердил существенность отмеченных различий.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЕ ССЫЛКИ

1. Геногеографическая дифференциация популяций *Pinus sylvestris* L. в Центральной Якутии / Д. С. Абдуллина, И. В. Петрова, А. П. Исаев, С. Н. Санников, Е. В. Егоров // Аграрный вестник Урала. 2011. № 11(90). С. 20–21.
2. Аверкиев Д. С. История развития растительного покрова Горьковской области и ее ботанико-географическое деление // Ученые записки Горьковского университета. Горький, 1954. Вып. XXXV. С. 119–136.
3. Алехин В. В. Объяснительная записка к геоботаническим картам (современной и восстановленной) бывшей Нижегородской губернии (в масштабе 1:500.000). Ленинград – Горький : Горьковский государственный университет – 1 картографическая фабрика ВКТ (тип. 1 картогр. фабрики ВКТ). 1935. 67 с.
4. Алехин В. В. Растительность СССР в основных зонах. М. : Советская наука, 1951. 512 с.
5. Альбенский А. В. Формы сосны в Забайкалье // Лесное хозяйство. 1941. № 1. С. 56–57.
6. Бессчетнов В. П., Бессчетнова Н. Н., Терешанцев Н. А. Варьирование угла крепления боковых побегов к стволу плюсовых деревьев сосны обыкновенной // Вестник Нижегородской государственной сельскохозяйственной академии. 2020. № 3 (27). С. 23–32.
7. Бессчетнов В. П., Бессчетнова Н. Н., Горелов А. Н. Индекс неидентичности в сравнительной оценке плюсовых деревьев сосны обыкновенной в архивах клонов в Нижегородской области // Сельские территории – основа развития страны: современное состояние, проблемы и перспективы : матер. Всерос. (нац.) науч.-практ. конф. науч.-пед. раб. и молодых ученых. Нижний Новгород : Нижегородская ГСХА, 2022. С. 20–26.
8. Бессчетнова Н. Н. Оценка эффективности отбора плюсовых деревьев сосны обыкновенной в испытательных культурах в Нижегородской области // Лесной вестник / Forestry bulletin. 2009. № 2 (65). С. 31–36.
9. Бессчетнова Н. Н., Бессчетнов В. П. Проблемы и перспективы развития отечественной лесной селекции // Материалы международного агробиотехнологического симпозиума, г. Нижний Новгород, 23–25 сентября 2015 г. Нижний Новгород : БИКАР, 2016. С. 116–120.
10. Бессчетнова Н. Н., Бессчетнов В. П., Тютин А. Ю. Изменчивость количества боковых побегов в мутонках плюсовых деревьев сосны обыкновенной // Вестник Нижегородской государственной сельскохозяйственной академии. 2020. № 3 (27). С. 33–41.
11. Видякин А. И. Индексная оценка признаков популяционной структуры сосны обыкновенной // Лесоведение. 1991. № 1. С. 57–62.
12. Видякин А. И. Изменчивость формы апофизов шишек в популяциях сосны обыкновенной на востоке европейской части России // Экология. 1995. № 5. С. 356–362.
13. Гаврилова О. И., Феклистов П. А., Грязькин А. В. Биометрические характеристики ассимиляционного аппарата самосева сосны на гари // Аграрный научный журнал. 2022. № 10. С. 30–33. DOI: 10.28983/asj.y2022i10pp30-33
14. Горелов А. Н., Бессчетнова Н. Н., Бессчетнов В. П. Сравнительная оценка таксационных показателей плюсовых деревьев сосны обыкновенной на лесосеменной плантации // Хвойные бореальной зоны, 2022. Т. 40, № 1. С. 27–37.
15. Содержание и баланс запасных веществ в побегах лиственницы сибирской в условиях реинтродукции в Нижегородскую область / А. О. Есичев, Н. Н. Бессчетнова, В. П. Бессчетнов, А. Н. Бабич, Е. Ж. Кентбаев, Б. А. Кентбаева // Лесной вестник / Forestry Bulletin, 2022. Т. 26. № 1. С. 17–27. DOI: 10.18698/2542-1468-2022-1-17-27
16. Ефимов Ю. П. Семенные плантации в селекции и семеноводстве сосны обыкновенной. Воронеж : Истоки, 2010.
17. Ефимов В. М., Тараканов В. В., Роговцев Р. В. Применение методов многомерной статистики для ранней диагностики лучших по росту популяций сосны в географических культурах // Хвойные бореальной зоны. 2010. Т. XXVII, № 1-2. С. 58–62.
18. Жигунов А. В. Посадочный материал с закрытой корневой системой // Лесное хозяйство. 1998. № 4. С. 33–33.
19. Жигунов А. В. Теория и практика выращивания посадочного материала с закрытой корневой системой. Санкт Петербург : СПбНИИЛХ, 2000. 293 с.
20. Особенности роста сосны обыкновенной в условиях Красноярской лесостепи / В. В. Иванов, А. Н. Борисов, О. А. Шапченкова, А. Е. Петренко // Известия вузов. Лесной журнал. 2024. № 5. С. 40–50. DOI: 10.37482/0536-1036-2024-5-40-50
21. Коваленко И. П., Бессчетнов В. П., Бессчетнова Н. Н. Эффективность создания лесных культур сосны обыкновенной посевом семян в Нижегородской области // Актуальные проблемы развития лесного комплекса. Вологда: Вологодский государственный университет, 2020. С. 60–62.
22. Лабутин А. Н., Бессчетнов В. П., Бессчетнова Н. Н. Эффективность лесных культур сосны и ели, созданных в Нижегородской области в рамках реализации проекта «Леса Киото» // Актуальные проблемы развития лесного комплекса. Вологда: Вологодский государственный университет, 2020. С. 72–74.
23. Мамаев С. А. Формы внутривидовой изменчивости древесных растений (на примере семейства Pinaceae на Урале). Москва : Наука, 1972. 283 с.
24. Мамаев С. А. О проблемах и методах внутривидовой систематики древесных растений. II. Амплитуда изменчивости // Закономерности формообразо-

вания и дифференциации вида у древесных растений : труды Института экологии растений и животных. Свердловск, 1969. С. 3–38.

25. Мочалов Б. А., Бабушкина С. В. Влияние вида кассет на размеры сеянцев сосны с закрытыми корнями и их рост в культурах на Севере // Лесной журнал. Известия высших учебных заведений. 2013. № 5. С. 65–70.

26. Осипенко А. Е., Залесов С. В. Формирование морфологии деревьев культивируемых сосновых древостоев // Известия вузов. Лесной журнал. 2024. № 2. С. 105–117. DOI: 10.37482/0536-1036-2024-2-105-117

27. Пшегусов Р. Х., Чадаева В. А. Пространственное распределение сосновых лесов Кавказа // Известия вузов. Лесной журнал. 2025. № 2. С. 92–111. DOI: 10.37482/0536-1036-2025-2-92-111

28. Полуяхтов К. К. Лесорастительное районирование Горьковской области // Биологические основы повышения продуктивности и охраны лесных, луговых и водных фитоценозов Горьковского Поволжья. Горький: Изд-во Горьковского государственного университета, 1974. С. 4–20.

29. Правдин Л. Ф. Сосна обыкновенная. Изменчивость, внутривидовая систематика и селекция. М. : Наука, 1964. 190 с.

30. Правдин Л. Ф. Закономерности внутривидовой изменчивости сосны (*Pinus* L.) и ели (*Picea* A. Dietr.) // Доклады ученых – участников Международного симпозиума по селекции, генетике и лесному семеноводству хвойных пород, г. Новосибирск, 19–25 июня 1972 г. Пушкино : ВНИИЛМ, 1972. С. 16–25.

31. Правдин Л. Ф. Направление и содержание работ по изучению природного разнообразия древесных пород и их значение для лесной селекции // Лесоведение. 1967. № 3. С. 3–16.

32. Придача В. Б., Пеккоев А. Н., Неронова Я. А. Особенности роста и структуры древесины сосны на вырубке и под пологом древостоя в условиях Республики Карелии // Известия вузов. Лесной журнал. 2024. № 4. С. 92–105. DOI: 10.37482/0536-1036-2024-4-92-105

33. Пшегусов Р. Х., Чадаева В. А. Пространственное распределение сосновых лесов Кавказа // Известия вузов. Лесной журнал. 2025. № 2. С. 92–111. DOI: 10.37482/0536-1036-2025-2-92-111

34. Тарханов С. Н., Пинаевская Е. А., Аганина Ю. Е. Адаптация и морфологическое состояние разных форм сосны в условиях постоянного избыточного увлажнения почв северной тайги // Лесоведение. 2022. № 1. С. 72–84. DOI: 10.31857/S0024114821060103

35. Тарханов С. Н., Пинаевская Е. А., Аганина Ю. Е. Адаптивные реакции морфологических форм сосны (*Pinus sylvestris* L.) в стрессовых условиях северной тайги (на примере Северо-Двинского бассейна) // Сибирский экологический журнал. 2018. Т. 25, № 4. С. 425–437. DOI: 10.15372/SEJ20180404

36. Уразов П. Н., Усольцев В. А., Уразова А. Ф. Структура надземной фитомассы насаждений в защитных лесных полосах Свердловской железной дороги // Леса России и хозяйство в них. 2025. № 1 (92). С. 4–17. DOI: 10.51318/FRET.2025.92.1.001

37. Усольцев В. А. Модели конверсионно-объемных коэффициентов биомассы еловых древостоев в географических градиентах Евразии // Хвойные бо-

реальной зоны. 2025. Т. XLIII, No 1. С. 7–12. DOI: 10.53374/1993-0135-2025-1-7-12

38. Региональные особенности базисной плотности стволов в коре у хвойных древесных видов Евразии / В. А. Усольцев, Н. И. Плюха, И. С. Цепордей, Е. М. Ангальт // Хвойные бореальной зоны. 2024а. Т. XLII, No 5, С. 7–16. DOI: 10.53374/1993-0135-2024-5-7-16

39. Усольцев В. А., Плюха Н. И., Цепордей И. С. Отношение диаметра кроны к диаметру ствола: всеобщие модели лесобразующих видов Евразии // Хвойные бореальной зоны. 2024. Т. XLII, № 1. С. 36–42. DOI: 10.53374/1993-0135-2024-1-36-42

40. Хох А. Н., Звягинцев В. Б. Дифференциация сосняков, произрастающих в долгомошном и багульниковом типах леса по морфолого-анатомическим параметрам годичных слоев // Сахаровские чтения 2021 года: экологические проблемы XXI века : материалы 21-й Международ. науч. конф. В 2 ч. Минск : ИВЦ Министерства финансов Республики Беларусь, 2021. С. 355–358.

41. Anderson U., Vinsh G. Changes of Morphogenic Competence in Mature *Pinus sylvestris* L. Buds in vitro // Annals of Botany, 2002, Vol. 90, Is. 2, Pp. 293–298. DOI: 10.1093/aob/mcf176

42. Besschetnova N. N., Besschetnov V. P. Babich N. A., Bryntcev V. A. Differentiation of the plus trees of Scots pine on the physiological status of xylem // Lesnoy Zhurnal [Russian Forestry Journal]. 2023. № 4. Pp. 9–25.

43. Dean A. Voss D., Draguljić D. Design and Analysis of Experiments (Springer Texts in Statistics) 2nd Edition, Kindle Edition. Heidelberg, Germany: Springer-Verlag GmbH, 2017. 865 p.

44. Mead R., Curnow R. N., Hasted A. M. Statistical Methods in Agriculture and Experimental Biology. 3rd. ed. New York: Chapman and Hall/CRC, 2003. 488 p.

45. Mason R. L., Gunst R. F., Hess J. L. Statistical Design and Analysis of Experiments: With Applications to Engineering and Science. 2nd. Edition. Hoboken, New Jersey (Printed in the USA): Wiley-Interscience, Wiley Series in Probability and Statistics, 2003. 752 p.

46. Noll F., Lyons C.K. A novel method for manually falling trees // The Forestry Chronicle. 2010. Vol. 86, No. 5. P. 608–613. DOI: <https://doi.org/10.5558/tfc86608-5>

47. Homeostatic levels of nonstructural carbohydrates after 13 yr of drought and irrigation in *Pinus sylvestris* / L. Schonbeck, A. Gessler, G. Hoch, N. G. McDowell, A. Rigling, M. Schaub, M.-H. Li // New Phytologist, 2018, Vol. 219, Pp. 1314–1324. DOI: 10.1111/nph.1522

48. Srinagesh K. The Principles of Experimental Research. Waltham, Massachusetts (United States) : Butterworth-Heinemann, 2005. 432 p.

49. Improving Jelly Nutrient Profile with Bioactive Compounds from Pine (*Pinus sylvestris* L.) Extracts / L. G. Szanto, R. A. Marc, A. E. Muresan, C. C. Muresan, A. Puscas, F. Ranga, F. Fetea, P. I. Moraru, M. Filip, S. Muste // Forests. 2025. Vol. 16. Article No. 11. Total pages 22. Pp. 1–22. DOI: 10.3390/f16010011

50. Wennström U., Bergsten U., Nilsson J.-E. Seedling establishment and growth after direct seeding with *Pinus sylvestris*: effects of seed type, seed origin, and seeding year // Silva Fennica, 2007, Vol. 41, Is. 2, Pp. 299–314. DOI: 10.14214/sf.298

51. Zar J. H. Biostatistical Analysis: Fifth Edition. Edinburg Gate: Pearson New International edition – Pearson Education Limited, 2014. 756 p.

REFERENCES

1. Abdullina D. S., Petrova I. V., Isaev A. P., Sannikov S. N., Egorov E. V. Genogeograficheskaja differenciacija populjacij *Pinus sylvestris* L. v Central'noj Jakutii. *Agrarnyj vestnik Urala*. 2011. No. 11(90). Pp. 20–21. (In Russ.).
2. Averkiev D. S. Istorija razvitija rastitel'nogo pokrova Gor'kovskoj oblasti i ee botaniko-geografi-cheskoe delenie // *Uchenye zapiski Gor'kovskogo universiteta. Gor'kij*, 1954. Vypusk XXXV. Pp. 119–136. (In Russ.).
3. Alehin V. V. Ob#jasnitel'naja zapiska k geobotanicheskim kartam (sovremennoj i vosstanovlennoj) byvshej Nizhegorodskoj gubernii (v masshtabe 1:500.000). Leningrad – Gor'kij : Gor'kovskij gosudarstvennyj universitet – 1 kartograficheskaja fabrika VKT (tip. 1 kartogr. fabriki VKT). 1935. 67 p. (In Russ.).
4. Alehin V. V. Rastitel'nost' SSSR v osnovnyh zonah. M. : Sovetskaja nauka, 1951. 512 p. (In Russ.).
5. Al'benskij A. B. Formy sosny v Zabajkal'e // *Lesnoe hozjajstvo*. 1941. No. 1. Pp. 56–57. (In Russ.).
6. Besschetnov V. P., Besschetnova N. N., Tereshancev N. A. Var'irovanie ugla kreplenija bokovyh pobegov k stvolu pljusovyh derev'ev sosny obyknovennoj // *Vestnik Nizhegorodskoj gosudarstvennoj sel'skohozjajstvennoj akademii*. 2020. No. 3 (27). Pp. 23–32. (In Russ.).
7. Besschetnov V. P., Besschetnova N. N., Gorelov A. N. Indeks neidentichnosti v sravnitel'noj ocenke pljusovyh derev'ev sosny obyknovennoj v arhivah klonov v Nizhegorodskoj oblasti // *Sel'skie territorii – osnova razvitija strany: sovremennoe sostojanie, problemy i perspektivy: Materialy Vseross. (nacional'noj) nauchn.-prakt. konf. nauchno-pedagogicheskikh rabotnikov i molodyh uchenyh. Nizhnij Novgorod, Nizhegorodskaja GSHA*, 2022. Pp. 20–26. (In Russian)
8. Besschetnova N. N. Ocenka jeffektivnosti otbora pljusovyh derev'ev sosny obyknovennoj v ispytatel'nyh kul'turah v Nizhegorodskoj oblasti // *Lesnoj vestnik / Forestry bulletin*. 2009. No. 2 (65). Pp. 31–36. (In Russ.).
9. Besschetnova N. N., Besschetnov V. P. Problemy i perspektivy razvitija otechestvennoj lesnoj selekcii // *Materialy mezhdunarodnogo agrobiotehnologicheskogo simpoziuma, g. Nizhnij Novgorod, 23–25 sentjabrja 2015 g. Nizhnij Novgorod : BIKAR*, 2016. Pp. 116–120. (In Russ.).
10. Besschetnova N. N., Besschetnov V. P., Tjutin A. Ju. Izmenchivost' kolichestva bokovyh pobegov v mutovkah pljusovyh derev'ev sosny obyknovennoj // *Vestnik Nizhegorodskoj gosudarstvennoj sel'skohozjajstvennoj akademii*. 2020. No. 3 (27). Pp. 33–41. (In Russ.).
11. Vidjakin, A. I. Izmenchivost' formy apofizov shishek v populjacijah sosny obyknovennoj na vostoке evropejskoj chasti Rossii // *Jekologija*. 1995. № 5. Pp. 356–362. (In Russ.).
12. Vidjakin A. I. Indeksная оценка признаков популяционной структуры сосны обыкновенной // *Lesovedenie*. 1991. No. 1. Pp. 57–62. (In Russian)
13. Gavrilova O. I., Feklistov P. A., Grjaz'kin A. V. Biometricheskie charakteristiki assimiljacionnogo apparata samoseva sosny na gari // *Agrarnyj nauchnyj zhurnal*. 2022. No. 10. Pp. 30–33. DOI: 10.28983/asj.y2022i10pp30-33 (In Russ.).
14. Gorelov A. N., Besschetnova N. N., Besschetnov V. P. Sravnitel'naja ocenka taksacionnyh pokazatelej pljusovyh derev'ev sosny obyknovennoj na lesosemennoj plantacii // *Hvojnye boreal'noj zony*, 2022. T. 40, No. 1. Pp. 27–37. (In Russ.).
15. Esichev A. O., Besschetnova N. N., Besschetnov V. P., Babich A. N., Kentbaev E. Zh., Kentbaeva B. A. Soderzhanie i balans zapasnyh veshhestv v pobegah listvennicy sibirskoj v uslovijah reintrodukcii v Nizhegorodskuju oblast' // *Lesnoj vestnik / Forestry Bulletin*, 2022. T. 26, No. 1. Pp. 17–27. DOI: 10.18698/2542-1468-2022-1-17-27 (In Russ.).
16. Efimov Ju. P. Semennye plantacii v selekcii i semenovodstve sosny obyknovennoj. Voronezh : Istoki, 2010. 253 p.
17. Efimov V. M., Tarakanov V. V., Rogovtsev R. V. Primenenie metodov mnogomernoj statistiki dlja rannej diagnostiki luchshih po rostu populjacij sosny v geograficheskikh kul'turah // *Khvoinye boreal'noj zony = Conifers of the Boreal Area*, 2010, Vol. XXVII, No. 1–2, Pp. 58–62. (In Russ.).
18. Zhigunov A. V. Posadochnyj material s zakrytoj kornevoj sistemoj // *Lesnoe hozjajstvo*. 1998. No. 4. Pp. 33–33. (In Russ.).
19. Zhigunov A. V. Teorija i praktika vyrashhivaniya posadochnogo materiala s zakrytoj kornevoj sistemoj. Sankt-Peterburg : SPbNIIILH, 2000. 293 p. (In Russian)
20. Ivanov V. V., Borisov A. N., Shapchenkova O. A., Petrenko A. E. Osobennosti rosta sosny obyknovennoj v uslovijah Krasnojarskoj lesostepi // *Lesnoj Zhurnal = Russian Forestry Journal*. 2024. No. 5. Pp. 40–50. DOI: 10.37482/0536-1036-2024-5-40-50 (In Russ.).
21. Kovalenko I. P., Besschetnov V. P., Besschetnova N. N. Jeffektivnost' sozdaniya lesnyh kul'tur sosny obyknovennoj posevom semjan v Nizhegorodskoj oblasti // *Aktual'nye problemy razvitija lesnogo kompleksa. Vologda : Vologodskij gosudarstvennyj universitet*, 2020. Pp. 60–62. (In Russ.).
22. Labutin A. N., Besschetnov V. P., Besschetnova N. N. Jeffektivnost' lesnyh kul'tur sosny i eli, sozdannyh v Nizhegorodskoj oblasti v ramkah realizacii proekta «Lesa Kioto» // *Aktual'nye problemy razvitija lesnogo kompleksa. Vologda : Vologodskij gosudarstvennyj universitet*, 2020. Pp. 72–74. (In Russ.).
23. Mamaev S. A. Formy vnutrividovoj izmenchivosti drevesnyh rastenij (na primere semejstva Pinaceae na Urale). Moskva : Nauka, 1972. 283 p. (In Russ.).
24. Mamaev S. A. O problemah i metodah vnutrividovoj sistematiki drevesnyh rastenij. II. Amplituda izmenchivosti // *Zakonomernosti formoobrazovaniya i differenciacii vida u drevesnyh rastenij : Trudy Instituta jekologii rastenij i zhivotnyh. Sverdlovsk*, 1969. Pp. 3–38. (In Russ.).
25. Mochalov B. A., Babushkina S. V. Vlijanie vida kasset na razmery sejancev sosny s zakrytymi kornjami i ih rost v kul'turah na Severe // *Lesnoj zhurnal. Izvestija vysshih uchebnyh zavedenij*. 2013. № 5. Pp. 65–70. (In Russ.).
26. Osipenko A. E., Zalesov S. V. Formirovanie morfologii derev'ev kul'tiviruemyh sosnovykh drevostoev // *Izvestija vuzov. Lesnoj zhurnal*. 2024. № 2. Pp. 105–117. DOI: 10.37482/0536-1036-2024-2-105-117 (In Russ.).

27. Pshegusov R. H., Chadaeva V. A. Prostranstvennoe raspredelenie sosnovykh lesov Kavkaza // *Izvestiya vuzov. Lesnoj zhurnal*. 2025. No. 2. Pp. 92–111. DOI: 10.37482/0536-1036-2025-2-92-111 (In Russ.).
28. Polujahtov K. K. Lesorastitel'noe rajonirovanie Gor'kovskoj oblasti // *Biologicheskie osnovy povyshenija produktivnosti i ohrany lesnykh, lugovykh i vodnykh fitocenozov Gor'kovskogo Povolzh'ja*. Gor'kij : Izd-vo Gor'kovskogo gosudarstvennogo universiteta, 1974. Pp. 4–20. (In Russ.).
29. Pravdin L. F. Sosna obyknovennaja. Izmenchivost', vnutrividovaja sistematika i selekcija. Moskva, 1964, 190 p. (In Russ.).
30. Pravdin L. F. Zakonomernosti vnutrividovoj izmenchivosti sosny (Pinus L.) i eli (Picea A. Dietr.) // *Doklady uchenykh – uchastnikov Mezhdunarodnogo simpoziuma po selekcii, genetike i lesnomu semenovodstvu hvojnykh porod: g. Novosibirsk, 19–25 ijunja 1972 g.* Pushkino : VNIILM, 1972. Ppr. 16–25. (In Russ.).
31. Pravdin L. F. Napravlenie i sodержanie rabot po izucheniju prirodnogo raznoobrazija drevesnykh porod i ih znachenie dlja lesnoj selekcii // *Lesovedenie*. 1967. No. 3. Pp. 3–16. (In Russ.).
32. Pridacha V. B., Pekkoev A. N., Neronova Ya. A. Osobennosti rosta i struktury drevesiny sosny na vyrubke i pod pologom drevostoja v uslovijah Respubliki Karelii // *Lesnoj Zhurnal = Russian Forestry Journal*. 2024. No. 4. Pp. 92–105. DOI: 10.37482/0536-1036-2024-4-92-105 (In Russ.).
33. Pshegusov R. Kh., Chadaeva V. A. Prostranstvennoe raspredelenie sosnovykh lesov Kavkaza // *Lesnoj Zhurnal = Russian Forestry Journal*. 2025. No. 2. Pp. 92–111. DOI: 10.37482/0536-1036-2025-2-92-111 (In Russ.).
34. Tarkhanov S. N., Pinaevskaya Ye. A., Aganina Yu. Ye. Adaptacija i morfologicheskoe sostojanie raznykh form sosny v uslovijah postojannogo izbytochnogo uvlazhnenija pochv severnoj tajgi // *Lesovedenie = Russian Journal of Forest Science*. 2022. No. 1. Pp. 72–84. DOI: 10.31857/S0024114821060103 (In Russ.).
35. Tarkhanov S. N., Pinaevskaya E. A., Aganina Yu. E. Adaptivnye reakcii morfologicheskikh form sosny (*Pinus sylvestris* L.) v stressovykh uslovijah severnoj tajgi (na primere Severo-Dvinskogo bassejna) // *Sibirskij ekologicheskij zhurnal = Contemporary Problems of Ecology*. 2018. No. 4. Pp. 425–437. DOI: 10.15372/SEJ20180404 (In Russ.).
36. Urazov P. N., Usol'cev V. A., Urazova A. F. Struktura nadzemnoj fitomassy nasazhdenij v zashhitnykh lesnykh polosah Sverdlovskoj zheleznoj dorogi // *Lesa Rossii i hozjajstvo v nih*. 2025. № 1 (92). Pp. 4–17. DOI: 10.51318/FRET.2025.92.1.001 (In Russ.).
37. Usol'cev V. A. Modeli konverzionno-obremnykh koeficientov biomassy elovykh drevostoev v geografičeskikh gradientah Evrazii // *Hvojnye boreal'noj zony*. 2025. T. XLIII, No 1. Pp. 7–12. DOI: 10.53374/1993-0135-2025-1-7-12 (In Russ.).
38. Usol'cev V. A., Pljuha N. I., Cepordej I. S., Angal't E. M., Regional'nye osobennosti bazisnoj plotnosti stvolov v kore u hvojnykh drevesnykh vidov Evrazii // *Hvojnye boreal'noj zony*. 2024a. T. XLII, No 5, Pp. 7–16. DOI: 10.53374/1993-0135-2024-5-7-16 (In Russ.).
39. Usol'cev V. A., Pljuha N. I., Cepordej I. S. Otnoshenie diametra krony k diametru stvola: vseobshhie modeli lesoobrazujushhih vidov Evrazii // *Hvojnye boreal'noj zony*. 2024. T. XLII, No 1. Pp. 36–42. DOI: 10.53374/1993-0135-2024-1-36-42 (In Russ.).
40. Hoh A. N., Zvjagincev V. B. Differenciacija sosnjakov, proizrastajushhih v dolgomoshnom i bagul'nikovom tipah lesa po morfologo-anatomicheskim parametram godichnykh sloev // *Saharovskie chtenija 2021 goda: jekologicheskie problemy XXI veka : mater. 21-j Mezhdunarod. nauch. konf. V 2 ch.* Minsk : IVC Ministerstva finansov Respubliki Belarus', 2021. Pp. 355–358. (In Russ.).
41. Andersone U., Vinsh G. Changes of Morphogenic Competence in Mature *Pinus sylvestris* L. Buds in vitro // *Annals of Botany*, 2002, Vol. 90, Is. 2, Pp. 293–298. DOI: 10.1093/aob/mcf176
42. Besschetnova N. N., Besschetnov V. P., Babich N. A., Bryntcev V. A. Differentiation of the plus trees of Scots pine on the physiological status of xylem // *Lesnoj Zhurnal [Russian Forestry Journal]*. 2023. № 4. Pp. 9–25.
43. Dean A. Voss D., Draguljić D. Design and Analysis of Experiments (Springer Texts in Statistics) 2nd Edition, Kindle Edition. Heidelberg, Germany : Springer-Verlag GmbH, 2017. 865 p.
44. Mead R., Curnow R. N., Hasted A. M. Statistical Methods in Agriculture and Experimental Biology. 3rd. ed. New York : Chapman and Hall/CRC, 2003. 488 p.
45. Mason R. L., Gunst R. F., Hess J. L. Statistical Design and Analysis of Experiments: With Applications to Engineering and Science. 2nd. Edition. Hoboken, New Jersey (Printed in the USA): Wiley-Interscience, Wiley Series in Probability and Statistics, 2003. 752 p.
46. Noll F., Lyons C. K. A novel method for manually falling trees // *The Forestry Chronicle*. 2010. Vol. 86, No. 5. P. 608–613. DOI: <https://doi.org/10.5558/tfc86608-5>
47. Schonbeck L., Gessler A., Hoch G., McDowell N. G., Rigling A., Schaub M., Li M.-H. Homeostatic levels of nonstructural carbohydrates after 13 yr of drought and irrigation in *Pinus sylvestris* // *New Phytologist*, 2018, Vol. 219, Pp. 1314–1324. DOI: 10.1111/nph.1522
48. Srinagesh K. The Principles of Experimental Research. Waltham, Massachusetts (United States): Butterworth-Heinemann, 2005. 432 p.
49. Szanto L. G., Marc R. A., Muresan A. E., Muresan C. C., Puscas A., Ranga F., Fetea F., Moraru P. I., Filip M., Muste S. Improving Jelly Nutrient Profile with Bioactive Compounds from Pine (*Pinus sylvestris* L.) Extracts // *Forests*. 2025. Vol. 16. Article No. 11. Total pages 22. Pp. 1–22. DOI: 10.3390/f16010011
50. Wennström U., Bergsten U., Nilsson J.-E. Seedling establishment and growth after direct seeding with *Pinus sylvestris*: effects of seed type, seed origin, and seeding year // *Silva Fennica*, 2007, Vol. 41, Is. 2, Pp. 299–314. DOI: 10.14214/sf.298
51. Zar J. H. Biostatistical Analysis: Fifth Edition. Edinburg Gate: Pearson New International edition – Pearson Education Limited, 2014. 756 p.

© Бессчетнова Н. Н., Бессчетнов В. П.,
Метелкин Н. А., Шайфлер И. А., 2025