

ОСОБЕННОСТИ ДИФФЕРЕНЦИАЦИИ ПО ВЫСОТЕ ЛЕСНЫХ КУЛЬТУР СОСНЫ ОБЫКНОВЕННОЙ (*Pinus sylvestris* L.) В ЗАУРАЛЬЕ

М.В. Ермакова

д.с.-х.н., ведущий научный сотрудник лаборатории Популяционной биологии
древесных растений и динамики леса
*Ботанический сад Уральского отделения Российской академии наук,
Екатеринбург, Россия*

Аннотация

Рассмотрены особенности формирования структуры по высоте ствола 12-летних искусственных молодняков сосны в Зауралье. При более высокой сохранности наибольшую долю имели деревья III-го класса роста. При более низкой сохранности увеличивалась доля деревьев I-го и II-го классов роста. Установлено, что дискриминация не позволяет установить четкие границы между деревьями ранговых групп по высоте I-IV групп, что свидетельствует о продолжении процесса дифференциации молодняков по высоте ствола.

Ключевые слова: сосна обыкновенная, высота деревьев, дифференциация

FEATURES OF DIFFERENTIATION BY HEIGHT OF FOREST PLANTATION OF SCOTS PINE (*Pinus sylvestris* L.) IN THE TRANS-URALS

M.V. Ermakova

*Doctor of Agricultural Science
Leading Researcher, Laboratory of Population Biology of Woody Plants and Forest
Dynamics*

Russian Academy of Sciences, Ural Branch: Institute Botanic Garden, Yekaterinburg, Russia

Abstract

The features of the formation of the structure along the stem height of 12-year-old artificial young pine trees in the Trans-Urals are considered. Trees of growth class III had the highest share of preservation. With lower preservation, the proportion of trees of the Ist and IInd growth classes increased. It was established that discrimination does not allow establishing clear boundaries between trees of rank groups by height of groups I-IV, which indicates the continuation of the process of differentiation of young trees by stem height.

Key words: Scots pine, tree height, differentiation

Одной из основных задач, обусловленной целями Экологической доктрины Российской федерации [9] является сохранение и восстановление природной среды. Значительная часть этой задачи выполняется в рамках воспроизводства лесных ресурсов как естественным, так и искусственным путем. Восстановление лесов искусственным путем, в том числе и сосны обыкновенной осуществляется главным образом, путем посадки лесных культур и требует соблюдения целого комплекса технологических требований при их создании [5].

Изучение особенностей формирования структурно-функциональной организации молодняков сосны, в том числе искусственного происхождения, прежде всего, связано с необходимостью, получения как можно более полных данных о характере этого процесса в конкретных природно-климатических условиях. Знание этих особенностей позволит более оптимально планировать необходимые лесохозяйственные мероприятия, обеспечивающие дальнейшее формирование насаждений сосны, соответствующих конкретным лесорастительным условиям [6, 7, 11]

Одной из особенностей формирования молодняков сосны является дифференциация их деревьев по основным биометрическим параметрам. Многочисленными исследованиями, в том числе и нашими, было показано, что в молодняках сосны I класса возраста дифференциация деревьев по толщине ствола дифференциация деревьев еще находится активной стадии. По высоте ствола в лесных культурах сосны, напротив, к 8-12 летнему возрасту процессы дифференциации деревьев уже стабилизируются. Следовательно, определяются лидирующие, средние и отстающие по высоте ствола деревья. Однако, до настоящего времени, недостаточно, на наш взгляд рассмотрен вопрос взаимосвязи дифференциации по высоте ствола и его толщине у деревьев в искусственных молодняках сосны.

Кроме того, до сих пор, на наш взгляд недостаточно изучен вопрос, в какой момент происходит дифференциация деревьев сосны по высоте. В целом, высота деревьев сосны представляет собой комплексный показатель длины годовых побегов ствола. Этот древесный вид отличается детерминированным (моноподальным ветвлением), у которого рост в высоту осуществляется за счет функционирования апикальных меристем. Побег сосны характеризуется метамерным строением [2].

Цель нашей работы заключалась в изучении особенностей динамики формирования вертикальной структуры искусственных молодняков сосны.

Объекты исследований молодняки сосны I класса возраста искусственного происхождения, произрастающие в условиях сосняка ягодникового (С яг.). В целом, территория, где проводились наши исследования, относится к Средне-Уральскому лесному району (Свердловская область). Пробная площадь 1 (ПП 1) приурочена к округу сосново-березовых предлесостепных лесов, а пробная площадь 2 (ПП 2) к южнотаежному округу Зауральской холмисто-предгорной провинции [10]. Данные округа являются сопредельными.

Исследованные искусственные молодняки были созданы в один и тот же период путем посадки лесных культур сосны по бороздам. При посадке в качестве посадочного материала использовались 2-летние сеянцы сосны местного производства. На каждой ПП было высажено, согласно учетам, по 6 тыс. шт. сеянцев при среднем размещении на ПП 1 0,5х3,3 м, а на ПП 2 – 0,5х3,4 м.

Полевые исследования на ПП искусственных молодняков проводились в соответствии с современными методами [4]. После учета сохранившихся деревьев на ПП, подбирались наиболее полные ряды посадки. В них у каждого дерева измерялся диаметр на высоте груди (Д 1,3 м) и высота ствола (Н ств.). Особенно тщательно измерялась у всех деревьев длина каждого годовичного прироста по высоте. Объем выборки на каждой ПП составил не менее 150 деревьев.

В лабораторных условиях проводилась статистическая обработка полученных данных. Кроме того, для деревьев, определялись ранговые коэффициенты и их амплитуда (АРК) [12]. Ранговый коэффициент определялся как отношение величины показателя дерева к величине показателя среднего дерева. После выполнения расчетов проводилось распределение деревьев по 5-ти ранговым классам. Распределение по ранговым классам и оценка уровня изменчивости выполнялось по соответствующим методикам [1, 3].

При анализе полученных данных помимо общепринятых описательных статистик, использовался статистический дискриминантный анализ.

Апостериорное сравнение средних проводилось с помощью t-критерия Стьюдента и LSD-теста. Полученные данные обрабатывались с помощью пакета программ Excel и STATISTICA 10 [8, 12].

Как показал анализ полученных данных, искусственные молодняки сосны на ПП 1 и ПП 2 отличались по показателю сохранности (57,8 и 41,2 % от общего количества высаженных, соответственно). Однако, по средним биометрическим показателям (таблица 1) различие оказалось несущественным. Уровень изменчивости по диаметру на ПП 1 был повышенным, а на ПП 2 – высоким. Уровень изменчивости по высоте ствола как на ПП 1, так и на ПП 2 был средним. Это также отразилось и на величине амплитуды ранговых коэффициентов.

Таблица 1 -Средние биометрические показатели деревьев на пробных площадях искусственных молодняков

Биометрический показатель, см	(M ± m)	V, %	АРК
ПП 1			
Д 1,3м	5,1 ± 0,11	29,47	1,530
Н ств.	380,0 ± 4,76	17,17	0,915
ПП 2			
Д 1,3м	5,1 ± 0,17	33,14	1,373
Н ств.	390,0 ± 6,67	17,98	0,866

Распределение деревьев по классам высоты на ПП 1 и ПП 2 довольно значительно различалось (рисунок 1).

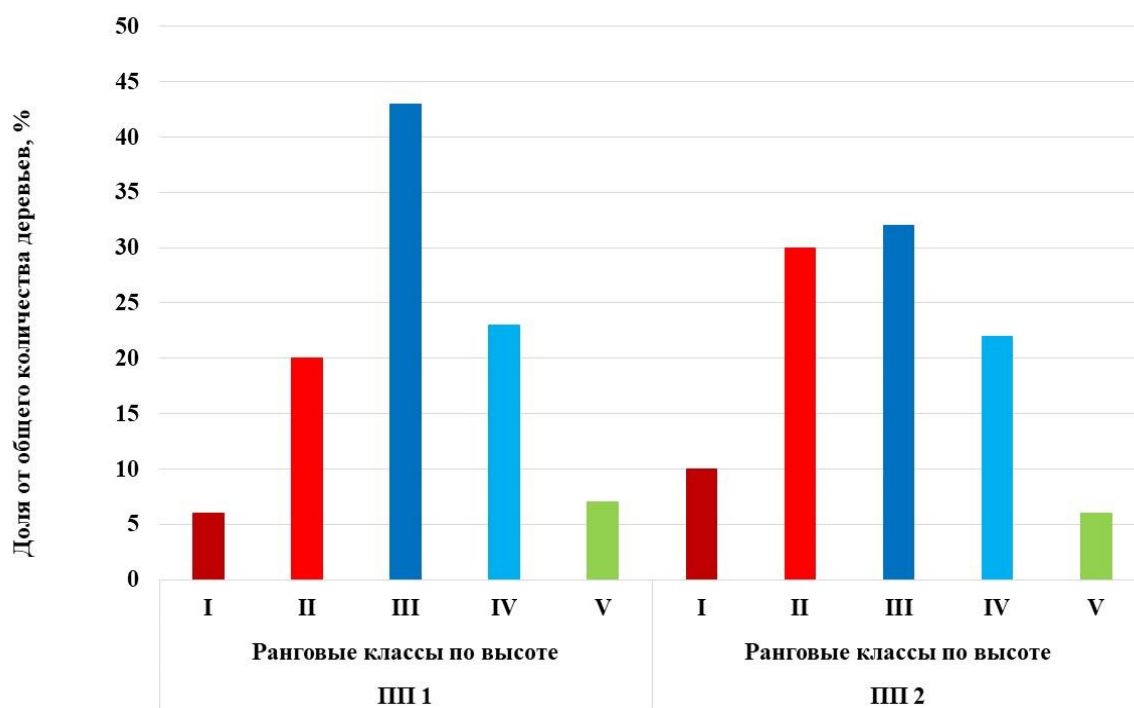


Рисунок 1. Распределение деревьев на пробных площадях по классам высоты

На ПП 1, где отмечалась более высокая сохранность деревьев, наибольшую долю имели деревья III-го класса роста (средние по высоте). Доля таких деревьев была значительно выше, чем на ПП 2. В свою очередь, на ПП 2, доля деревьев I-го и II-го классов роста (лидеры и сублидеры по высоте) была значительно выше, чем на ПП 1. Доля отстающих в росте деревьев IV-го и V-го классов роста на ПП 1 и ПП 2 была примерно одинакова. Кроме того, не выявлено

существенных различий по высоте ствола, между деревьями соответствующих групп на ПП 1 и ПП 2 (рисунок 2).

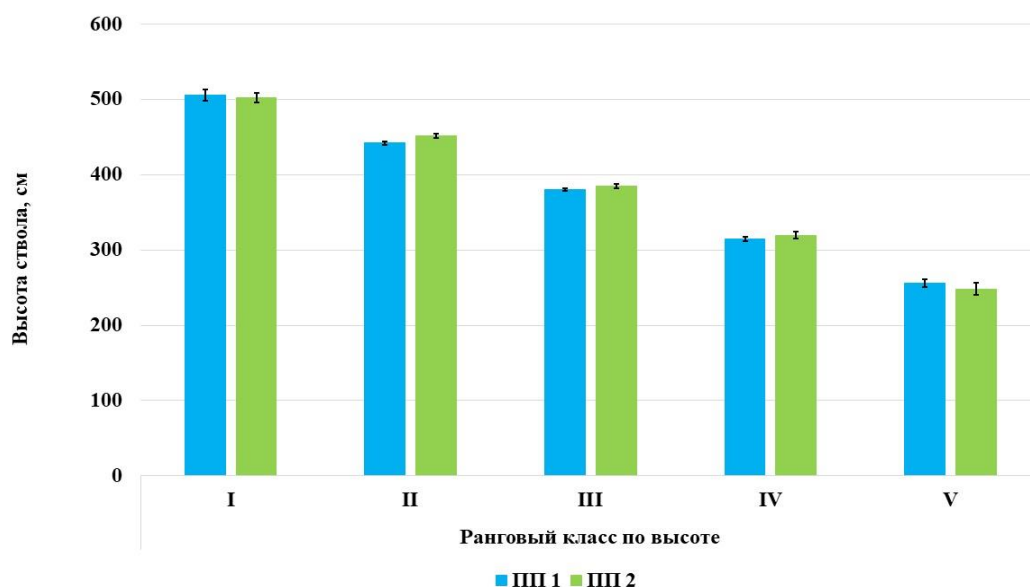


Рисунок 2. Средняя высота деревьев по классам высоты

По результатам дискриминационного анализа по величине всех приростов по высоте было установлено определенные особенности для каждой из ПП (таблица 2).

Так на ПП 1 при пошаговой дискриминации было установлено, что на ПП 1 переменными вне модели оказались приросты по высоте за 2-й, 5-й и 8-й год пребывания на лесокультурной площади. На ПП 2 вне модели оказались приросты за 1-й, 5-6-й 9-й годы пребывания на лесокультурной площади.

Обращает на себя внимание, что как на ПП 1, так и на ПП 2, вне модели оказались приросты по высоте на 5-й год пребывания на лесокультурной площади. Как показали наши наблюдения, именно с этого момента в данных искусственных молодняках, начинался усиленный рост деревьев в высоту.

По результатам проведенного анализа была произведена дискриминация деревьев на ПП искусственных молодняков по темпам роста в высоту (рисунки 3-4).

Как видно, из рис. 3 и 4, наблюдения (деревья), относящиеся к одинаковым ранговым группам высоты, как на ПП 1, так и ПП 2, находятся в отдельных областях плоскости. Расстояние между центроидами групп I и II, II и III, III и IV значительно меньше, чем расстояния между центроидами групп IV и V, особенно, ранговых групп V и I, V и II, V и III. Это свидетельствует о том, что V-я ранговая группа по высоте значительно отличается от ранговых групп по высоте I, II, III, и менее существенно от ранговой группы IV.

Недостаточно четкие границы между деревьями ранговых групп по высоте I и II, II и III, III и IV свидетельствует о том, что хотя имеются все признаки стабилизации процесса дифференциации по высоте ствола, в дальнейшем, вполне возможен, в силу различных причин, дрейф деревьев из одной ранговой группы в другую.

Таблица 2-Итоги анализа дискриминантных функций

Показатель	λ -Wilks	Частичная λ	F	Уровень значимости
ПП 1 (λ -Wilks : 0,0814; $F_{табл.(36,45)} = 11,95$ $p < 0,0000$)				
Z9	0,0976	0,8347	5,9394	0,0002
Z7	0,0994	0,8192	6,6206	0,0001

Z4	0,0886	0,9194	2,6289	0,0378
Z10	0,0888	0,9169	2,7201	0,0328
Z3	0,1113	0,7319	10,9889	0,0000
Z12	0,1051	0,7750	8,7104	0,0000
Z11	0,1002	0,8128	6,9112	0,0000
Z6	0,0968	0,8415	5,6507	0,0003
Z1	0,0942	0,8646	4,6998	0,0015
ПП 2 (λ -Wilks : 0,0482; $F_{табл.(32,34)} = 13,45$ $p < 0,0000$)				
Z10	0,0713	0,6758	10,9132	0,0000
Z8	0,0647	0,7445	7,8087	0,0000
Z11	0,0580	0,8308	4,6320	0,0019
Z4	0,0625	0,7707	6,7681	0,0001
Z12	0,0590	0,8162	5,1231	0,0009
Z7	0,0570	0,8456	4,1551	0,0039
Z2	0,0576	0,8367	4,4414	0,0025
Z3	0,0542	0,8888	2,8454	0,0284

Примечание. Z1...Zn – величина прироста по высоте, за соответствующий год пребывания на лесокультурной площади, см λ -Wilks – отношение детерминанта матрицы внутригрупповых дисперсий/ковариаций к детерминанту ковариационной матрицы; Частная λ – единичный вклад соответствующей переменной в разделительную силу модели; F - значения F -критерия, связанные с соответствующей частной λ Уилкса

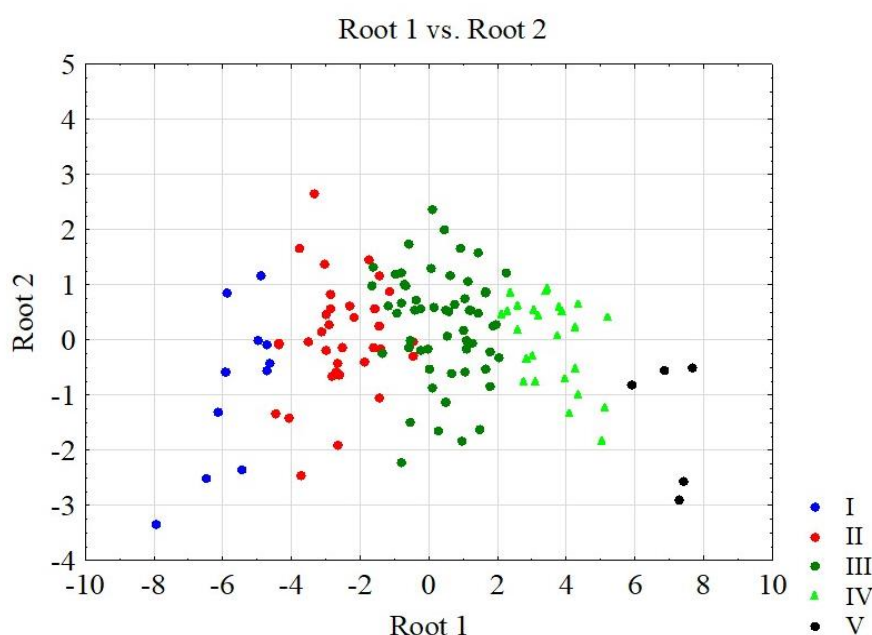


Рисунок 3. Диаграмма рассеяния канонических значений для пар дискриминантных функций на ПП 1

Как известно, характеристика положения деревьев в общей иерархии насаждения определяется, прежде всего, соотношением их диаметра и высоты. В табл. 3 приведены результаты анализа совместного распределения деревьев на ПП искусственных молодняков сосны по ранговым классам высоты и ранговым классам Д 1,3м.

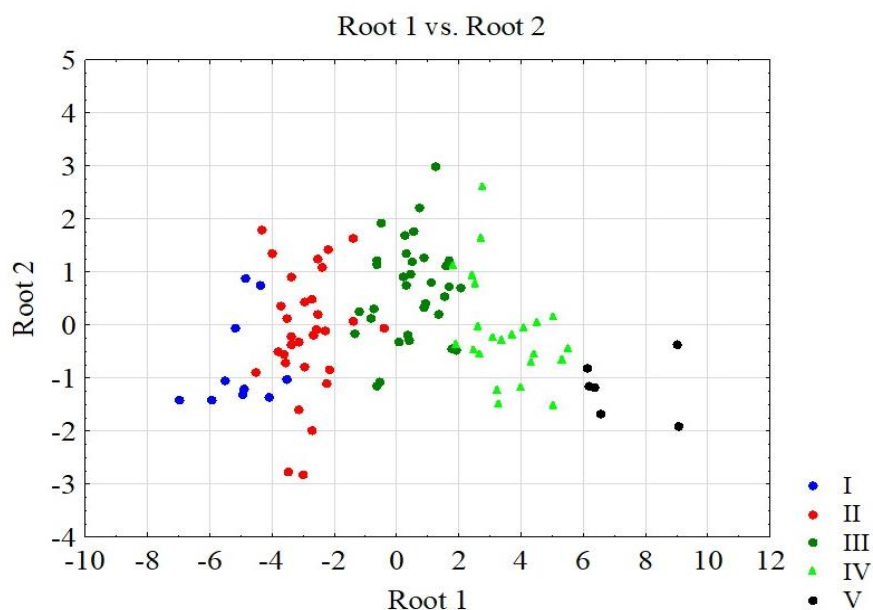


Рисунок 4. Диаграмма рассеяния канонических значений для пар дискриминантных функций на ПП 2

Таблица -Сопряженное распределение деревьев на ПП искусственных молодняков по ранговым классам высоты и диаметра (доля от общего количества деревьев), %

Ранговый класс Д 1,3м	Ранговый класс Н ств.									
	ПП 1					ПП2				
	I	II	III	IV	V	I	II	III	IV	V
I	7	3	3	1	0	5	6	1	0	0
II	2	11	13	1	0	5	14	5	0	0
III	1	5	20	8	0	0	11	16	1	0
IV	0	1	10	14	5	0	0	11	19	1
V	0	0	0	1	2	0	0	0	2	5

Как следует из таблицы 3 на ПП искусственных молодняков сосны только небольшая доля деревьев полностью соответствуют характеристики лидеров и сублидеров, как по высоте, так и диаметру. В свою очередь, значительная часть средних по размеру деревьев соответствуют своему ранговому положению и относятся к III-му ранговому классу и, по высоте и по диаметру. В свою очередь, определенная доля лидеров по высоте (I класс) и, в особенности сублидеров (II класс) относятся к III-му и, даже, к IV-му классу Д 1,3м.

На ПП 1, значительная часть деревьев III-го рангового класса по высоте относятся к I-II-му ранговым классам по диаметру. В свою очередь, и практически такая же доля средних по высоте деревьев относятся к IV-му ранговому классу Д 1,3м.

Отстающие по росту в высоту деревья (IV-V-го ранговых классов) в основном, относятся к соответствующим ранговым классам по Д 1,3м.

Таким образом, на основании полученных данных, следует отметить, что в 12-летних молодняках сосны искусственного происхождения, наблюдается определенное снижение интенсивности дифференциации деревьев по высоте ствола, особенно при пониженной густоте стояния. В целом, окончательное формирование структурно-функциональной организации искусственных молодняков сосны с учетом активной дифференциации деревьев

по толщине ствола, на наш взгляд, будет продолжаться еще в течение довольно длительного периода.

Список литературы

1. Беляева Н.В., Новиков А.И., Данилов Д.А., Алкинж С. Таксационная структура насаждений сосны брутийской (*Pinus brutia* Ten.) в Сирии в зависимости от орфографических условий // Лесотехнический журнал. – 2023. - Т. 13. - № 1(49). – С. 67-84. DOI: <https://doi.org/10/34220/issn.2222-7962/2023.1/5>
2. Зарубина Л.В., Хамитов Р.С. Сезонный рост сосны обыкновенной на заболоченных почвах Севера / Л.В. Зарубина, Р.С. Хамитов // ИВУЗ Лесной журнал. – 2021. - № 3. – С. 86-100. DOI: 10.37482.0536-1036-2021-3-86-100
3. Ермакова М.В. Формирование структурно-функциональной организации молодняков сосны обыкновенной (*Pinus sylvestris* L.) смешанного естественного-искусственного происхождения в условиях сосняков ягодникового Среднего Урала / М.В. Ермакова // Лесотехнический журнал. - 2023. - Т. 13. - № 2 (50). - С. 43-58. DOI: 10.34220/issn.2222-7962/2023.2/3
4. 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.
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. - URL: <https://www.garant/products/ipo/prime/doc/74983471/?ysclid=lb6mjf8ck105564537>(дата обращения: 18.12.2022 г.).
6. Собачкин Д.С., Собачкин Р.С., Петренко А.Е. Особенности роста и продуктивности сосновых молодняков, сформированных из деревьев разного ценотического статуса / Д.С. Собачкин, Р.С. Собачкин, А.Е. Петренко // Сибирский лесной журнал. – 2022. - №3. – С. 34-39. DOI: 10.15372/2/SJFS202203045
7. Солдатова Д.Н., Ильинцев А.С. Рост и продуктивность лесных культур сосны С.В. Алексеева на Европейском Севере России / Д.Н. Солдатова, А.С. Ильинцев // ИВУЗ Лесной журнал. – 2020. – № 2. – С. 99-112. DOI: 10/37482/0536-1036-2020-1-99-112
8. Усманов Р.Р. Статистическая обработка данных агрономических исследований в программе «STATISTICA» Учеб.-метод. пособие / Р.Р. Усманов: РГАУ-МСХА. – Москва, 2020. - 177 с. DOI: 10/34677/2020.004
9. Экологическая доктрина Российской Федерации. Утверждена указом Президента Российской Федерации от 26 октября 2023 г. № 812. -URL.: <https://www.garant.ru/products/ipo/prime/doc/407782529/> (дата обращения 06.08.2025 г.).
10. Fomin V., Mikhailovich A., Zalesov S., Terehov G. Development of ideas within the framework of the genetic approach to the classification of forest types // Baltic Forestry. — 2021. — Vol. 27. — Iss. 1. — 466. DOI: 10.46490/BF466
11. Ilintsev A., Soldatova D., Bogdanov A., Koptev S., Tretyakov S. Growth and structure of pre-mature stands of Scots pine created by direct seeding in the boreal zone / A. Ilintsev, D. Soldatova, A. Bogdanov, S. Koptev, S. Tretyakov // 2021. Central European Forestry Journal., 67: 21-35. - DOI: <https://doi.org/10/17221/70/2020-JFS>
12. Statistical Methods and Application in Forestry and Environmental Sciences. Gurish Chandra, Raman Nautiyal, Hukum Chandra (Eds.). Springe Singapore, January 2020. <https://doi.org/10.1007/978-981-15-1476-0>

References

1. Beleva N.V., Novikov A.I., Danilov D.A., Alkinj S. A tax structure inhabiting the Bruthian pine (*Pinus brutia* Ten.) in Syria in the reserves of the Graphic University // Forestry Engineering Journal. – 2023. - Vol. 13. - № 1(49). – Pp. 67-84. DOI: <https://doi.org/10/34220/issn.2222-7962/2023.1/5>

2. Zarubina L.V., Khamitov R.S. Seasonal growth of Scots pine on swampy soils of the North / L.V. Zarubina, R.S. Khamitov // IVZ Forest Journal. – 2021. - No. 3. – pp. 86-100. DOI: 10.37482.0536-1036-2021-3-86-100
3. M. Ermakova.V. Formation of the structural and functional organization of young pine trees of mixed natural and artificial origin in the conditions of pine forests of the berry Middle Urals / M.V. Ermakova // Forestry Engineering Journal. - 2023. - Vol. 13. - № 2 (50). - Pp. 43-58. DOI: 10.34220/issn.2222-7962/2023.2/3
4. The methodology of field work on forest taxation in permanent test areas within the framework of the implementation of the innovative project of national importance "Carbon in ecosystems: monitoring". Consortium No. 4. Version 1.0. Moscow: - 2023. – 32 p.
5. Provided reforestation, forms, composition, the opportunity to get acquainted with the reforestation project, explanations to answer your questions, as well as a prepared report in electronic form dated December 29, 2021 No. 1024. - URL: <https://www.garant/products/ipo/prime/doc/74983471/?ysclid=lbt6mjf8ck105564537> (accessed: 12/18/2022).
6. Sobachkin D.S., Sobachkin R.S., Petrenko A.E. Features of growth and productivity of pine young trees formed from trees of different cenotic status / D.S. Sobachkin, R.S. Sobachkin, A.E. Petrenko // Siberian Forest Journal. – 2022. - №3. – pp. 34-39. DOI: 10.15372/2/SJFS202203045
7. Soldatova D.N., Ilyintsev A.S. Growth and productivity of forest crops of S.V. Alekseev's pine in the European North of Russia / D.N. Soldatova, A.S. Ilyintsev // IVZ Forest Journal. – 2020. – No. 2. – pp. 99-112. DOI: 10/37482/0536-1036-2020-1-99-112
8. Usmanov R.R. Statistical data processing in the program "STATISTICA" Textbook. manual / R.R. Usmanov: RGAU-MSHA. Moscow, 2020. 177 p. DOI: 10/34677/2020.004
9. Environmental doctrine of the Russian Federation. The Order of the President of the Russian Federation No. 812 dated October 26, 2023 was approved. URL: <https://www.garant.ru/products/ipo/prime/doc/407782529/> (accessed 08/06/2025).
10. Fomin V., Mikhailovich A., Zalesov S., Terekhov G. The development of ideas within the framework of a genetic approach to the classification of forest types // Baltic Forestry. — 2021. — Volume 27. — Iss. 1. — 466. DOI: 10.46490/BF466
11. Ilyintsev A., Soldatova D., Bogdanov A., Koptev S., Tretyakov S. Growth and structure of ripe stands of Scots pine created by direct sowing in the boreal zone / A. Ilyintsev, D. Soldatova, A. Bogdanov, S. Koptev, S. Tretyakov // 2021. Central European Forest Journal., 67:21-35. - DOI: [//doi.org/10/17221/70/2020-JFS](https://doi.org/10/17221/70/2020-JFS)
12. Statistical methods and their application in forestry and environmental sciences. Gurish Chandra, Raman Nautiyal, and Hukum Chandra (eds.). Singapore, January 2020 <https://doi.org/10.1007/978-981-15-1476-0>