

Научная статья

УДК 630*56

doi: 10.34655/bgsha. 2024.77.4.015

Продуктивность сосновых молодняков искусственного происхождения в таежной зоне

Ирина Сергеевна Коновалова¹, Денис Юрьевич Коновалов²,
Денис Николаевич Клевцов³

^{1,2,3}Северный (Арктический) федеральный университет им. М.В. Ломоносова, Архангельск, Россия

¹i.konovalova@narfu.ru

²d.konovalov@narfu.ru

³d.klevtsov@narfu.ru

Аннотация. Цель исследования заключалась в оценке роста и продуктивности сосняков искусственного происхождения в условиях дренированных и временно переувлажненных почв с учетом почвенной обработки и методов создания древостоя. Объектами служили лесные культуры сосны обыкновенной (*Pinus sylvestris* L.), созданные в 2000–2001 гг. посевом и посадкой традиционных саженцев, семян, а также посадочного материала с закрытыми корнями в Каргопольском лесничестве Двинско-Вычегодского таежного лесного района. Установлены лесоводственно-таксационные параметры искусственных насаждений с использованием общепринятых в лесоводстве методик исследования древостоя. Выявлены особенности адаптационной устойчивости, роста и продуктивности культур на начальных этапах произрастания в зависимости от условий культивирования и гидрологического режима почв. Отмечено, что средние значения таксационных показателей, характеризующие рост и продуктивность насаждений, находятся в тесной взаимосвязи с типом лесорастительных условий. Определены высокие показатели роста культур сосны, созданных посадочным материалом с закрытой корневой системой, в условиях дренированных и временно переувлажненных почв. В результате исследований пришли к выводу, что к началу третьего десятилетия роста культур при должной обработке почвы и выборе оптимального посадочного материала сформировались высокопродуктивные искусственные сосняки, не уступающие по своим характеристикам естественным древостоям.

Ключевые слова: сосна, лесные культуры, продуктивность, обработка почвы, условия произрастания.

Original article

Productivity of pine forest crops of artificial origin in taiga zone

Irina S. Konovalova¹, Denis Yu. Konovalov², Denis N. Klevtsov³

^{1,2,3}The Northern (Arctic) Federal University named after M.V. Lomonosov, Arkhangelsk, Russia

¹i.konovalova@narfu.ru

²d.konovalov@narfu.ru

³d.klevtsov@narfu.ru

Abstract. The purpose of the study was to evaluate the growth and productivity of pine forest crops of artificial origin under the drained and temporarily waterlogged soils, with soil treatments and stand planting methods. The objects of the study were forest crops of *Pinus sylvestris* L., set up in 2000-2001 by sowing and planting traditional seedlings, saplings, as well as with planting material with closed roots in the Kargopol forestry of the Dvinsk-Vychegodsky taiga forest region. The forestry and taxation parameters of forest crops were defined with the methods of stand research generally accepted in forestry. Peculiarities of adaptability, growth and productivity of crops at the first stages of growth depending on the conditions of cultivation and the hydrological regime of soils were found out. It was pointed that the average values of taxation indicators characterizing the growth and productivity of plantations were closely connected to the type of forest conditions. High growth rates of pine crops got by planting material with a closed root system were determined under drained and temporarily waterlogged soils. As a result of the research, it was concluded that by the beginning of the third decade of crop growth, with proper tillage and the optimal planting material choice, highly productive pine crops were formed, that were not inferior in their characteristics to the natural stands.

Keywords: pine, forest crops, productivity, tillage, growing conditions.

Введение. Лесовосстановление является необходимым условием обеспечения непрерывного, неистощительного использования лесов с целью повышения продуктивности древостоев, особенно на веяниковых вырубках, где естественное лесовозобновление хвойных пород затруднительно по причине интенсивного зарастания травянистой растительностью и нежелательными лиственными породами [1].

Рост и продуктивность древесных растений определяются условиями произрастания. Рост древостоев определяется характером воздействия климатических, эдафических и других факторов и рассматривается как результат адаптации древесных растений к изменяющимся условиям среды [2].

В структуре зеленомошных типов леса фактор влажности является лимитирующим для развития растений в биогеоценозе. Подтопление корневой системы приводит к уменьшению содержания кислорода в почве. Корневая гипоксия вызывает снижение транспирации и фотосинтеза и, как следствие, снижение продуктивности растений [3].

Получение высокопродуктивных лесных насаждений возможно путем правильного выбора посадочного материала, грамотного применения комплекса агротехнических приемов для обеспечения культивируемым растениям благоприятных почвенно-грунтовых, экологических усло-

вий. Несоблюдения агротехнических требований в конкретных лесорастительных условиях влекут за собой изменение состава и структуры насаждений, а также нежелательную смену ценных пород лиственными видами.

Объекты и методы исследования. Исследования проводили в сосняках искусственного происхождения Двинско-Вычегодского таежного лесного района в условиях дренированных (кисличный тип условий лесопроизрастания) и временно переувлажненных почв (черничный тип условий лесопроизрастания) с учетом различной почвенной обработки. Объектами служили лесные культуры сосны обыкновенной (*Pinus sylvestris* L.), созданные в 2000–2001 гг. посевом и посадкой традиционных саженцев, сеянцев, а также посадочного материала с закрытыми корнями.

В работе использовали общепринятые в лесоводстве методики исследований культурфитоценозов [4, 5]. Полученные материалы подвергнуты статистическому, корреляционно-регрессионному, дисперсионному анализам с использованием программно-аппаратных комплексов MS Excel и Statistica.

Результаты исследований. Лесорастительные условия оказывают значительное влияние на лесоводственно-таксационные показатели древостоя. Благоприятность среды для развития лесных насаждений оценивается по биологичес-

ким последствиям, которые характеризуются ростом в высоту и по толщине, а также накоплением органики. По мнению авторов [6, 7], высота и диаметр древостоя имеют выраженную изменчивость по отношению к экологическим факторам среды.

По результатам наших исследований, к 22-летнему возрасту культур средние таксационные параметры (табл. 1) достаточно четко выражают различия по условиям местопроизрастания.

Таблица 1 – Усредненные таксационные показатели 22*-летних культур

Вариант	Густота, тыс. шт./га		Средний диаметр, см	Средняя высота, м	Класс бонитета	Полнота	Запас древесины, м ³ /га
	первоначальная	на момент исследования					
Кисличный тип лесорастительных условий							
<u>Дренажные условия</u>							
Участок 1 (Обработка почвы плугом ПЛП-135)							
Культуры сосны, созданные посевом	(4,0)	0,4	9,3	8,6	I	0,2	21,9
Культуры сосны, созданные сеянцами с закрытой корневой системой	2,5	1,2	13,0	10,1	I	0,7	84,0
Культуры сосны, созданные сеянцами с открытыми корнями	4,0	2,1	11,2	10,4	I	1,0	125,5
Участок 2 (Обработка почвы плугом ПЛД-1,2)							
Культуры сосны, созданные сеянцами с закрытой корневой системой	2,5	2,1	12,6	11,3	Ia	1,1	164,7
Культуры сосны, созданные сеянцами с открытыми корнями	4,0	2,1	12,6	11,2	Ia	1,1	162,6
Черничный тип лесорастительных условий							
<u>Условия временно избыточного увлажнения</u>							
Участок 3 (Обработка почвы плугом ПЛП-135)							
Культуры сосны, созданные сеянцами с закрытой корневой системой	2,5	1,4	11,2	9,8	I	0,6	70,3
Культуры сосны, созданные сеянцами с открытыми корнями	4,0	0,8	11,3	9,6	I	0,5	59,9
Культуры сосны, созданные саженцами с открытыми корнями	2,5	1,0	10,4	9,4	II	0,5	57,9

Примечание: * - с момента создания культур

В настоящее время на участках с дренажными почвами сформировались хорошие высоко- и среднеполнотные древостои, в условиях временного избыточного увлажнения – средне- и низкополнотные.

По результатам исследований отме-

чаем, что таксационные показатели культур сосны, созданные сеянцами с закрытыми корнями, на дренажных почвах достоверно выше, чем в условиях временного избыточного увлажнения. Достоверности различий в диаметрах представлены на рисунке 1.

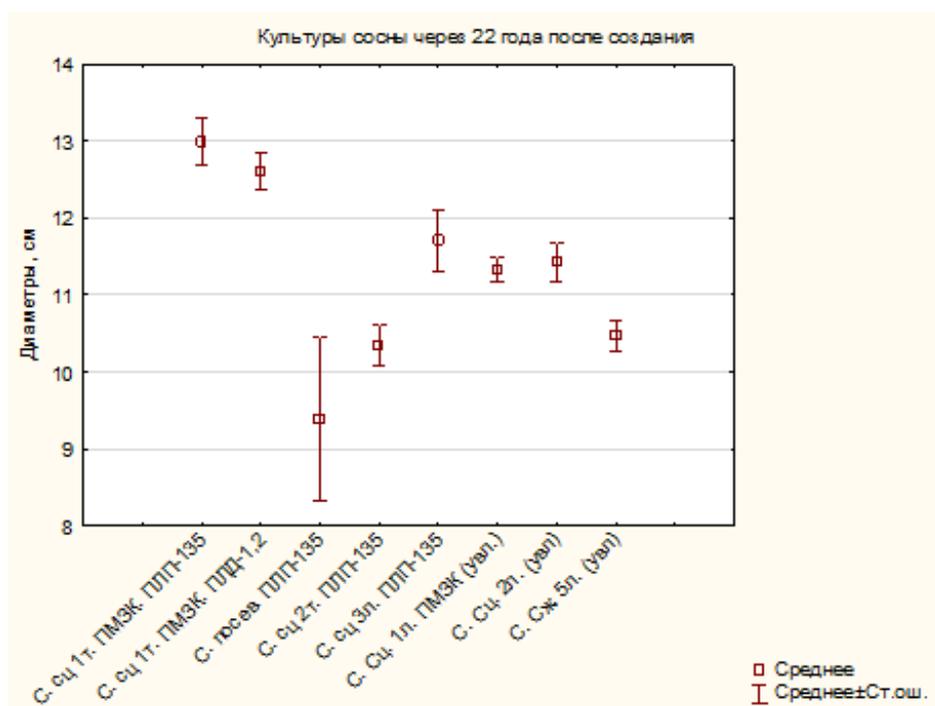


Рисунок 1. Различия диаметров 22-летних культур сосны
 С. – сосна; участки культур: посев – созданные методом посева; Сц. 1т.ПМЗК – 1-летние сеянцы с закрытой корневой системой; Сц. 1(2,3) л. – 1(2,3)-летние сеянцы с открытыми корнями; т. – тепличные; Сж.5 – 5-летние саженцы; ПЛП-135, ПЛД-1,2 – обработка почвы соответствующим плугом; увл. – условия временного переувлажнения с обработкой почвы ПЛП-135

В кисличном типе лесорастительных условий на хорошо дренированных почвах скорость физиологических процессов выше, поэтому рост и развитие насаждений происходит более интенсивно.

Значительный отпад деревьев, а также более низкие показатели роста культур, отмечены на участках, созданных методом посева. Это объясняется значительной их конкуренцией за жизненное пространство с сопутствующей травянистой растительностью вейниковой выруб-ки, которая в условиях дренированных

почв отличается интенсивным ростом и развитием в течение всего вегетационного сезона.

При выполнении сравнительного анализа средних диаметров-исследованных нами древостоев, созданных при различной почвенной обработке, достоверные различия не доказаны для участков культур, созданных сеянцами с закрытыми корнями в возрасте 22 лет. Во всех остальных случаях различия достоверны (табл. 2).

Таблица 2 – Достоверность различий диаметров культур сосны

Варианты		Средний диаметр, см		t	p	Достоверность различий
группа 1	группа 2	группа 1	группа 2			
в возрасте культур 14 лет						
С. сц 1т. ПМЗК. ПЛП-135	С. сц 1т. ПМЗК. ПЛД-1,2	9,0	8,3	3,1	0,002	достоверны
С. сц 1т. ПМЗК. ПЛП-135	С. сц 3л. ПЛП-135	9,0	7,3	6,2	0,000	достоверны
С. сц 1т. ПМЗК. ПЛД-1,2	С. сц 3л. ПЛП-135	8,3	7,3	4,1	0,000	достоверны

в возрасте культур 22 года						
С. сц 1т. ПМЗК. ПЛП-135	С. сц 1т. ПМЗК. ПЛД-1,2	13,0	12,6	1,0	0,302	недостовверны
С. сц 1т. ПМЗК. ПЛД-1,2	С. сц 2т. ПЛП-135	12,6	10,3	6,2	0,000	достоверны
С. сц 1т. ПМЗК. ПЛД-1,2	С. сц 3л. ПЛП-135	12,6	11,7	2,0	0,045	достоверны

Примечание: р – уровень значимости различий для t-критерий (показатель достоверности различий): если $p < 0,05$ – различия достоверны на принятом уровне значимости; С. – сосна; участки культур: посев – созданные методом посева; Сц. 1т.ПМЗК – 1-летние сеянцы с закрытой корневой системой; т. – тепличные; Сц.1(2,3)л –1(2,3)-летние сеянцы с открытыми корнями; ПЛП-135, ПЛД-1,2 – обработка почвы соответствующим плугом.

На исследуемых участках установлены высокие показатели роста культур сосны из сеянцев с закрытой корневой системой. Средняя высота культур, созданных по микроповышениям (ПЛД-1,2), на 0,8...1,2 м выше, чем на участках, пройденных ПЛП-135. Наши исследования подтвердили результаты ученых [8, 9, 10, 11], согласно которым темпы роста культур, созданных посадочным материалом с закрытой корневой системой, выше по сравнению с традиционными методами выращивания при одновременном сниже-

нии густоты посадки. Посадочный материал с закрытыми корнями обладает высокой конкурентоспособностью на почвах, интенсивно зарастающих травянистой растительностью.

Варианты культур на дренированных почвах опережают в росте по диаметру сосняки естественного происхождения (по данным Л.Ф. Ипатов, В.В. Загреева [12, 13]). Несколько отстают в росте от естественных древостоев I класса бонитета посева сосны (рис. 2).

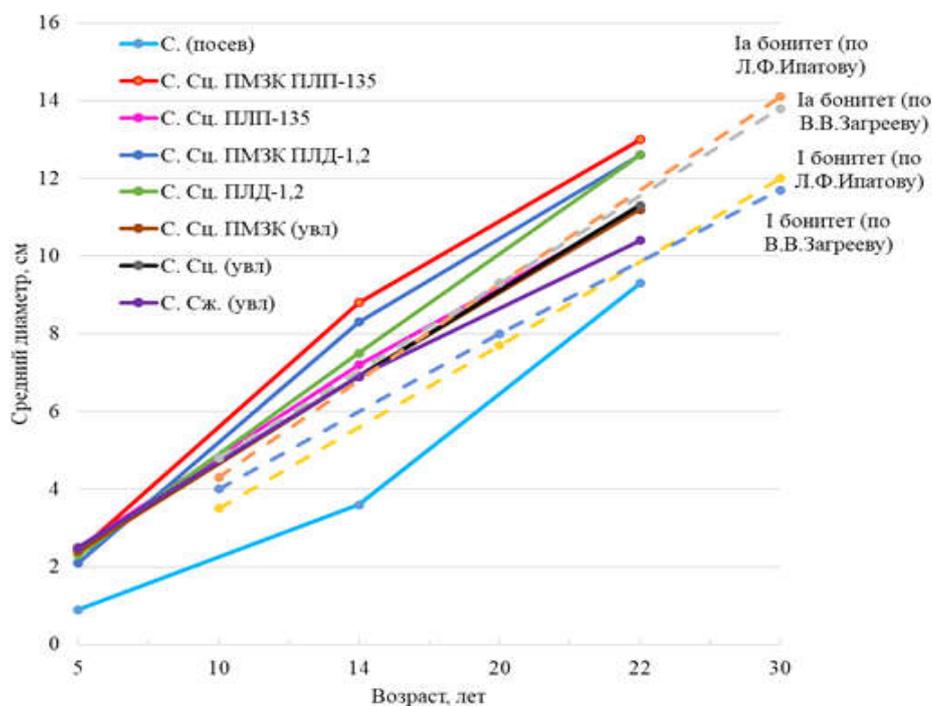


Рисунок 2. Графики хода роста по диаметру древостоев искусственного и естественного происхождения

С. – сосна; участки культур: посев – созданные методом посева; Сц. – сеянцы; ПМЗК – посадочный материал с закрытой корневой системой; Сж. – саженцы; ПЛП-135, ПЛД-1,2 – обработка почвы соответствующим плугом; увл. – условия временного переувлажнения с обработкой почвы ПЛП-135; значения диаметров для 5-летнего возраста по О.А. Сенькову [14]

Культуры в условиях временного избыточного увлажнения отличаются замедленным ростом в высоту по сравне-

нию с кисличным типом лесорастительных условий (рис. 3).

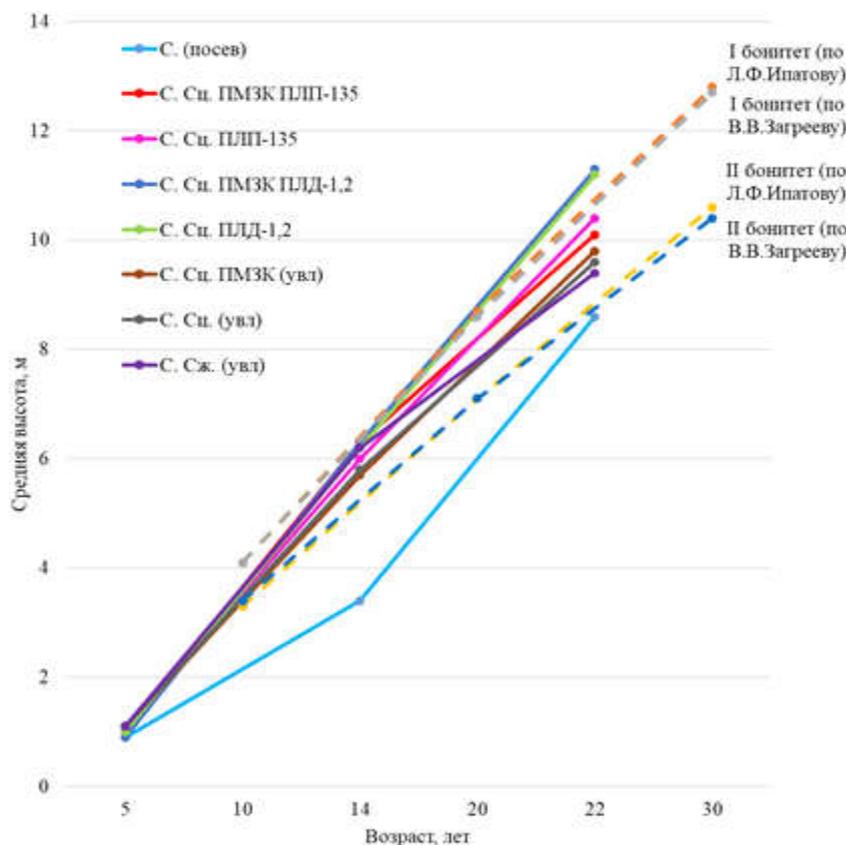


Рисунок 3. Графики хода роста в высоту древостоев искусственного и естественного происхождения

С. – сосна; участки культур: посев – созданные методом посева; Сц. – сеянцы; ПМЗК – посадочный материал с закрытой корневой системой; Сж. – саженцы; ПЛП-135, ПЛД-1,2 – обработка почвы соответствующим плугом; увл. – условия временного переувлажнения с обработкой почвы ПЛП-135; значения высот для 5-летнего возраста по О.А. Сенькову [14]

Разница составляет от 0,3 до 1,6 м (3...15 %). К 22-летнему возрасту более высокие показатели роста отмечены на участках культур после обработки почвы плугом ПЛД-1,2. Они опережают в росте естественные древостои I класса бонитета (по данным Л.Ф. Ипатова, В.В. Загреева, А.В. Тюрина [12, 13, 15]), несколько уступая в росте соснякам Ia класса бонитета. Посевы сосны значительно отставали в росте на этапе приживания по причине значительной конкуренции со стороны травянистой растительности. К настоящему времени средняя высота древостоя приближается к значениям высот естественных древостоев II класса бонитета.

При оценке продуктивности культур

следует обратить внимание на то, что к фазе чащи темпы накопления запасов не снижаются. Отметим, что продуктивность древостоев в целом повторяет динамику роста культур по высоте. Так, к 22-летнему возрасту наибольший запас ($165 \text{ м}^3/\text{га}$) формируется на участках культур после обработки почвы плугом ПЛД-1,2, что на 12 % превышает продуктивность сосняков естественного происхождения I класса бонитета. Культуры на дренированных почвах не уступают по запасу естественным древостоям II–III классов бонитета (по данным В.В. Загреева [13]). Динамика продуктивности лесных культур, а также ее сравнение с естественными древостоями, представлена на рисунке 4.

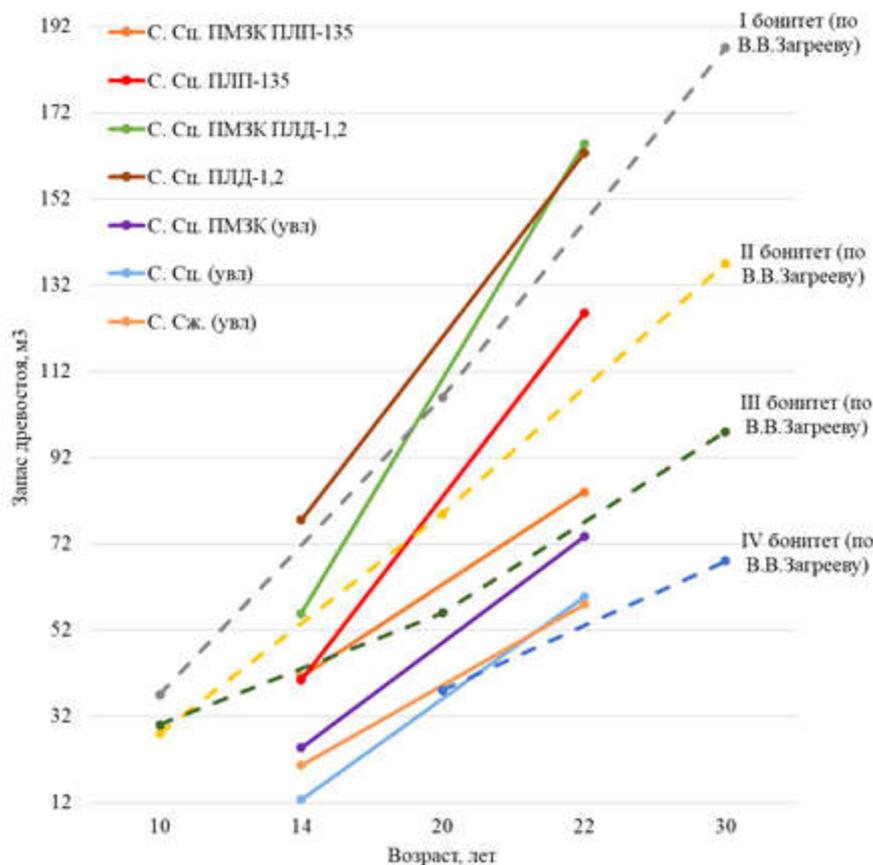


Рисунок 4. Продуктивность древостоев искусственного и естественного происхождения
С. – сосна; участки культур: Сц. – сеянцы; ПМЗК – посадочный материал с закрытой
корневой системой; Сж. – саженцы; ПЛП-135, ПЛД-1,2 – обработка почвы
соответствующим плугом; увл. – условия временного переувлажнения с обработкой почвы
ПЛП-135

Сосняки искусственного происхождения в условиях временного избыточного увлажнения по причине своей низкополнотности уступают в продуктивности древостоям естественного происхождения III класса бонитета.

Заключение. При создании культур на вейниковых вырубках в условиях дренированных почв и временного переувлажнения предпочтение стоит отдавать посадкам, а в качестве посадочного материала целесообразнее использовать сеянцы сосны с закрытой корневой системой. Это связано с высокой устойчивостью посадочного материала к неблагоприятным эколого-климатическим факторам, а также к конкуренции со стороны травянистой растительности на начальном этапе развития культур в фазе при-

живания.

Результаты исследований свидетельствуют, что к началу третьего десятилетия роста культур на участках из-под сильно заросших вейниковых вырубок при должной обработке почвы и выборе оптимального посадочного материала сформировались высокопродуктивные искусственные сосняки, не уступающие по своим характеристикам естественным древостоям.

Таким образом, рост и продуктивность сосняков искусственного происхождения, произрастающих на территории Двинско-Вычегодского таежного лесного района, находятся в тесной взаимосвязи с лесорастительными условиями и гидрологическим режимом почв.

Список источников

1. Чупров Н.П. Динамика лесного фонда Архангельской области за 48 лет // Известия высших учебных заведений. Лесной журнал. 2003. № 4. С. 7–13. EDN: KDNEMM.
2. Тарханов С.Н., Пинаевская Е.А., Аганина Ю.Е. Особенности адаптации разных форм сосны обыкновенной в условиях длительного избыточного увлажнения почв // Известия высших учебных заведений. Лесной журнал. 2021. № 2 (380). С. 30–44. EDN: KDNEMM. doi: 10.37482/0536-1036-2021-2-30-44.
3. Лебедев Е.В. Эколого-физиологические характеристики реакции древесных пород на уровне организма на изменение режима питания: дис. ... д. с.-х. наук. Нижний Новгород, 2020. 368 с. EDN: XBVAZY.
4. Лесная таксация / С.В. Третьяков, С.В. Коптев, Е.Н. Наквасина, А.А. Бахтин, А.С. Ильинцев, А.П. Богданов, Ю.Е. Кекишева. Часть 4. Архангельск: Северный (Арктический) федеральный университет имени М.В. Ломоносова, 2023. 119 с. EDN: PFHNMS.
5. Пилипко Е.Н. Методология исследований лесных экосистем. Вологда-Молочное: Вологодская государственная молочнохозяйственная академия им. Н.В. Верещагина, 2016. 100 с. EDN: YPADNA.
6. Наквасина Е.Н. Закономерности географической изменчивости сосны обыкновенной в опытах на Европейском Севере России // Известия высших учебных заведений. Лесной журнал. 2003. № 4. С. 14–19. EDN: ICGQBL.
7. Оценка рангового положения деревьев в древостое при исследовании их фитомассы / З.Я. Нагимов, И.Н. Артемьева, И.В. Шевелина, В.З. Нагимов // Успехи современного естествознания. 2021. № 7. С. 20–25. EDN: WFAANK. doi: 10.17513/use.37657.
8. Селименков Р.Ю., Миронов А.В. Эффективность инновационных технологий в воспроизводстве лесов // Проблемы развития территории. 2011. Вып. 3. С. 51–58. EDN: OGDYTN.
9. Заболотских П.В. Рост лесных культур сосны обыкновенной, созданных различным видом посадочного материала в Республике Марий Эл // Актуальные направления научных исследований XXI века: теория и практика. 2015. Т. 3, № 5–4 (16-4). С. 247–250. EDN: VDPZTB. doi: 10.12737/16251.
10. Мочалов Б.А., Бобушкина С.В. Состояние и рост лесных культур сосны и ели, созданных из посадочного материала с открытыми и закрытыми корнями в средней и северной подзонах тайги Архангельской области // Труды Санкт-Петербургского научно-исследовательского института лесного хозяйства. – 2016. № 1. С. 64–71. EDN: WCOCRH.
11. Влияние вида посадочного материала на рост насаждений ели и сосны на постагrogenных землях северо-запада России / А.В. Жигунов, Д.А. Данилов, Т.А. Шестакова, В.Ю. Неверовский // Вестник Поволжского государственного технологического университета. Серия: Лес. Экология. Природопользование. 2016. № 3 (31). С. 30–39. EDN: WVOVKV. doi: 10.15350/2306-2827.2016.3.30.
12. Ипатов Л.Ф. Строение и рост культур сосны на Европейском Севере. Архангельск: Сев.-Зап. кн. изд-во, 1974. 106 с.
13. Загребев В.В., Сухих В.И., Швиденко А.З., Гусев Н.Н., Мошкалев А.Г. Общесоюзные нормативы для таксации лесов. М.: Колос, 1992. 495 с.
14. Сеньков А.О. Адаптация семян сосны обыкновенной с закрытой корневой системой на сплошных вырубках средней подзоны тайги: автореф. дис. ... канд. с.-х. наук. Архангельск, 2011. 20 с. EDN: QFGPQV.
15. Полевой лесотаксационный справочник / под общ. ред. С.В. Третьякова, С.В. Ярославцева, С.В. Коптева. Архангельск: Северный (Арктический) федеральный университет имени М.В. Ломоносова, 2016. 252 с. ISBN 978-5-261-01194-1.

References

1. Chuprov N.P. Dynamics of the forest stock of Arkhangelsk region over 48 years. *Russian Forest Journal*. 2003;4:7-13 (In Russ.).
2. Tarkhanov S.N., Pinaevskaya E.A., Aganina Yu.E. Features of adaptation of different forms of scots pine under conditions of prolonged excessive soil moistening. *Russian Forest Journal*. 2021;2(380):30-44 (In Russ.). doi: 10.37482/0536-1036-2021-2-30-44.
3. Lebedev E.V. Ecological and physiological characteristics of the reaction of tree species at the body level to changes in the diet. Doctoral dissertation. 2020. 368 p. (In Russ.).
4. Tret'yakov S.V., Koptev S.V., Nakvasina E.N. et al. Forest taxation. Part 4. Arkhangelsk: Northern (Arctic) Federal University named after M.V. Lomonosov. 2023;119 (In Russ.).
5. Pilipko E.N. Methodology of forest ecosystem research. Vologda-Molochnoe: Vologda State Dairy Academy named after N.V. Vereshchagin. 2016;100 (In Russ.).
6. Nakvasina E.N. Geographical variability regularities of scots pine in provenance tests in the European North of Russia. *Russian Forest Journal*. 2003;4:14-19 (In Russ.).
7. Nagimov Z.Ya., Artemyeva I.N., Shevelina I.V., Nagimov V.Z. Estimation of rank position of trees in stand phytomass research. *Successes of modern natural science*. 2021;7:20-25 (In Russ.). doi: 10.17513/use.37657.
8. Selimenkov R.Yu., Mironov A.V. The effectiveness of innovative technologies in forest reproduction. *Problems of territory development*. 2011;3:51-58 (In Russ.).

9. Zabolotskikh P.V. Growth of forest crops of ordinary pine, created by various types of planting material, in the Republic of Mari El. *Actual directions of scientific research of the XXI century: theory and practice*. 2015;3;5-4(16-4):247-250 (In Russ.). doi: 10.12737/16251.

10. Mochalov B.A., Bobushkina S.V. Condition and growth of forest crops of pine and spruce, created from planting material with open and closed roots in the middle and northern subzones of the taiga of the Arkhangelsk region. *Proceedings of the St. Petersburg Forestry Research Institute*. 2016;1:64-71 (In Russ.).

11. Zhigunov A.V., Danilov D.A., Shestakova T.A., Neverovsky V.Yu. The impact of the planting material on the growth rate of spruce and pine plantations on post-agricultural lands of the north-west of Russia. *Bulletin of the Volga State Technological University*. Series: Forest. Ecology. Nature management. 2016;3(31):30-39 (In Russ.). doi: 10.15350/2306-2827.2016.3.30.

12. Ipatov L.F. Structure and growth of pine crops in the European North. Arkhangelsk. 1974;106 (In Russ.).

13. Zagreev V.V., Sukhikh V.I., Shvidenko A.Z., Gusev N.N., Moshkalev A.G. All-Union standards for forest taxation. Moscow, 1992. 495 p. (In Russ.).

14. Senkov A.O. Adaptation of seedlings of ordinary pine with a closed root system on continuous felling of the middle subzone of the taiga. Candidate's dissertation abstract. Arkhangelsk. 2011. 20 p. (In Russ.).

15. Field forestry reference book. General ed. S.V. Tretyakov, S.V. Yaroslavtsev, S.V. Koptev. Arkhangelsk: Northern (Arctic) Federal University named after M.V. Lomonosov, 2016. 252. (In Russ.).

Информация об авторах

Ирина Сергеевна Коновалова – кандидат сельскохозяйственных наук, доцент кафедры лесоводства и лесоустройства;

Денис Юрьевич Коновалов – кандидат сельскохозяйственных наук, доцент кафедры техносферной безопасности;

Денис Николаевич Клевцов – кандидат сельскохозяйственных наук, заведующий кафедрой биологии, экологии и биотехнологии.

Information about the authors

Irina S. Konovalova – Candidate of Science (Agriculture), Associate Professor, Chair of Forestry and Forest Management;

Denis Yu. Konovalov – Candidate of Science (Agriculture), Associate Professor, Technosphere Safety Chair;

Denis N. Klevtsov – Candidate of Science (Agriculture), Head of the Chair of Biology, Ecology and Biotechnology.

Статья поступила в редакцию 04.09.2024; одобрена после рецензирования 08.10.2024; принята к публикации 22.10.2024.

The article was submitted 04.09.2024; approved after reviewing 08.10.2024; accepted for publication 22.10.2024.