

ПЛОТНОСТЬ ДРЕВЕСИНЫ СОСНЫ БРУТИЙСКОЙ И СОСНЫ СТАНКЕВИЧА В ИСКУССТВЕННЫХ НАСАЖДЕНИЯХ

С. Алкинж¹, Д.А. Данилов^{1,2}, Д.А. Зайцев²✉

¹ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный лесотехнический университет имени С.М. Кирова», Россия, 194021, г. Санкт-Петербург, Институтский пер., д. 5

²Ленинградский НИИСХ «Белогорка» — филиал ФГБНУ «Федеральный исследовательский центр картофеля имени А.Г. Лорха», Россия, 188338, Ленинградская обл., д. Белогорка, Институтская ул., д. 1

disoks@gmail.com

Рассмотрено изменение плотности древесины сосны брутийской (*Pinus brutia* Ten.) и параметров ее макро-структуры в зависимости от высоты произрастания над уровнем моря на побережье Средиземного моря в пределах Сирии, и сосны Станкевича (*Pinus brutia* var. *pithyusa*) на побережье Черного моря в пределах Южного берега Крыма. Исследование проводилось в искусственно созданных насаждениях возрастом 45...55 лет. Обследовано четыре участка в пределах провинции Латакия в Сирийской Арабской Республике (высота соответственно 30, 190, 330, 655 м н. у. м.) и три участка в пределах Южного берега Крыма РФ (соответственно высота 25, 150, 200 м н. у. м.). Определены таксационные характеристики. По кернам древесины, взятым на высоте 1,3 м от поверхности земли, установлена базисная плотность древесины и ее макроструктурные параметры — ширина зон поздней и ранней ксилемы. Проведен дисперсионный анализ полученных данных. Показана степень достоверности влияния фактора высоты над уровнем моря на плотность древесины. Обнаружена различная направленность влияния высоты произрастания над уровнем моря на макроструктурные показатели древесины по исследуемым участкам. Выявлено, что объекты исследования на высоте более 190 м н. у. м. в Латакии Сирийской Арабской Республики и более 150 м н. у. м. на Южном берегу Крыма РФ существенно не различаются по макроструктурным показателям. Показана значимость различий плотности древесины в рассматриваемых регионах в зависимости от высоты произрастания над уровнем моря.

Ключевые слова: сосна брутийская, сосна Станкевича (пицундская), плотность древесины, ширина годичного слоя, ранняя и поздняя ксилема

Ссылка для цитирования: Алкинж С., Данилов Д.А., Зайцев Д.А. Плотность древесины сосны брутийской и сосны Станкевича в искусственных насаждениях // Лесной вестник / Forestry Bulletin, 2024. Т. 28. № 1. С. 108–120. DOI: 10.18698/2542-1468-2024-1-108-120

Естественная часть ареала сосны брутийской охватывает Малую Азию и прилегающие к ней острова Кипр, Крит, Сирию и Ливан. Отдельные небольшие массивы вида имеются в Ираке и Иране. На Кавказе произрастают ее подвиды — сосны пицундская и эльдарская (*P. eldarica*), а в Крыму — сосна Станкевича, или судакская (*P. stankeviczii*) [1–3]. Сосна брутийская имеет необычно высокую гаплотипическую изменчивость и генетическую дивергенцию, что и обуславливает его широкий географический и высотный диапазон. Вид произрастает в основном на морском побережье в районах ярко выраженного средиземноморского климата, обладает большими экологической приспособляемостью и продуктивностью и может произрастать до высоты 1700 м н. у. м. [4]. Сосна брутийская (*P. brutia*) и ее формы встречаются главным образом в термо- и мезосредиземноморском высотных поясах, где образуют обширные древостои с густым кустарниковым ярусом, представленным склерофильными видами (маккиями, маквисами), или без него [5, 6].

Насаждения *P. brutia* в Крыму и на Кавказе, находящиеся на крайнем северо-восточном пределе естественного произрастания, относят к наиболее древним реликтовым формациям сосновых лесов [2].

Сосна Станкевича (*Pinus brutia* var. *pithyusa* (*Steven*) *Silba*) — эндемичная раса термофильно-средиземноморского вида *Pinus brutia*, находящегося на северной границе ареала. Ранее ее считали отдельным видом, сегодня определяют как подвид сосны пицундской (*Pinus pithyusa*). В дикорастущем состоянии этот вид встречается на побережье Черного моря только в пределах Южного берега Крыма в двух локалитетах: на мысе Айя — урочища Аязьма, Батилиман, Ласпи, а также в окрестностях г. Судака — урочище Новый Свет, гора Сокол и занимает площадь в 460 га [7].

Сосна Станкевича весьма декоративна, широко используется в парковом строительстве и для озеленения крутых южных склонов. В отличие от сосны крымской сосна Станкевича (*Pinus brutia* var. *pithyusa* (*Steven*) *Silba*) легко пробивает скалистые горизонтально расположенные флиши и находит в этих осадочных горных породах все

необходимое для нормального роста и развития. Вид показал себя в условиях лесных культур более экологически устойчивым и перспективным, чем другие виды сосен, используемые для искусственного лесовосстановления. Благодаря относительно быстрому росту и широкому географическому распространению сосну брутийскую и сосну Станкевича выращивают в Турции, Сирии и других странах Средиземноморья и Черноморского побережья [8–13].

Древесина сосны брутийской используется в лесной промышленности, в частности для производства лесоматериалов и мебели, а также в целлюлозно-бумажном производстве. Кроме того, ее используют на топливную древесину, в производстве материалов для домостроения, упаковки и т. д. Возраст ротации при выращивании древесины сосны брутийской для целлюлозно-бумажного производства может составлять до 25 лет, а для производства древесины на пиловочник — 80 лет. В наиболее продуктивных местоприрастаниях с лучшим генетическим фондом насаждения оборот рубки может составить 60 лет [14].

Плотность древесины сосны брутийской имеет среднее значение 570 кг/м^3 , о чем сообщалось в литературе с описанием этого вида [15, 16]. По данным проведенных нами исследований этот показатель качества древесины варьирует в зависимости от региона. Для условий Греции, например, плотность древесины спелых насаждений составила от 490 до 554 кг/м^3 [16].

Древесина сосны брутийской плотностью 565 кг/м^3 зафиксирована при выращивании этой породы в Восточных Родопах (Болгария) [17].

Диапазон плотности семилетних деревьев этой породы в условиях Восточного Средиземноморья составил $351 \dots 371 \text{ кг/м}^3$, а в 25-летних — $468 \dots 500 \text{ кг/м}^3$ [18, 19].

Исследования образцов древесины сосны брутийской, произрастающей в Турции, методами рентгеноскопии показали, что средняя плотность древесины составила 488 кг/м^3 . Минимальная плотность поздней древесины, средняя плотность ранней древесины и плотность поздней древесины составили соответственно — 450, 380 и 622 кг/м^3 [20].

Плотность древесины сосны пицундской, произрастающей в пределах Черноморского побережья, при 15%-й влажности воздуха составляет 600 кг/м^3 , при 12 % — 583 кг/м^3 . Для сосны эльдарской (*P. eldarica*) плотность древесины при 15%-й влажности воздуха составляет 620 кг/м^3 , при 12 % — 600 кг/м^3 [15].

Исследователи отмечают, что для улучшения физико-механических свойств древесины сосны брутийской можно повысить ее плотность путем увеличения либо доли поздней древесины,

либо плотности ранней древесины, либо и того, и другого [14, 17]. Проведенный анализ научно-исследовательских работ [21–28] показал широкую информативность материалов по возобновлению, росту и продуктивности насаждений сосны брутийской и ее природных вариаций и форм в различных регионах Европы и Азии.

Кроме того, проведены обширные работы по исследованию генетического сходства форм и видов данной породы как за рубежом, так и в России [29–33].

Тем не менее работ, посвященных плотности древесины сосны брутийской и ее подвидов и влиянию условий произрастания на этот показатель ее качества, в настоящее время по рассматриваемым регионам недостаточно.

Цель работы

Цель работы — сравнительный анализ плотности и макростроения древесины сосны брутийской в искусственных насаждениях в Восточно-Средиземноморском экорегионе в пределах Сирийской Арабской Республики (САР) и в Черноморском экорегионе в пределах Южного берега Крыма России.

Материалы и методы

Климатические и почвенные условия САР. Сирия общей площадью $185\,000 \text{ км}^2$ расположена в восточной части Средиземноморья и является одним из первых районов мира, где было положено начало земледелию и выращиванию древесных культур. В прибрежной зоне САР климат средиземноморский, характеризуется умеренно влажной зимой, теплым или жарким сухим летом. Весна и осень — относительно короткие сезоны. Внутренние районы САР засушливые и полусушливые, с относительно низким годовым количеством осадков — около 200 мм, и причем всегда менее 500 мм. Внутренние районы подвержены высокой изменчивости дневной температуры воздуха в течение светлого времени суток и низкой — ночью. В прибрежной зоне сезон дождей начинается в сентябре и продолжается до конца мая. Его продолжительность сокращается по мере продвижения внутрь САР, на юг и восток. С запада на восток и с северо-запада на юго-восток обнаруживается горизонтальная зональность в смене почв — от коричневых до красновато-пустынных. В результате образуются дугообразные формы зон и подзон, характерные для территории САР. Почвы классифицируются в соответствии с американской классификацией таксономии почв на основе которой по методике Продовольственной и сельскохозяйственной организации ООН (FAO) была создана карта сирийских почв [34].

Характеристика насаждений сосны брутйской
Characteristics of Brutyskaya pine plantations study objects

Номер участка	Почвы	Годовое количество осадков, мм	Возраст, лет	Биоклиматический пояс	Высота н. у. м., м	Район провинции Латакия
1	Бедные песчаные мелкие плохо развитые	750	62	Влажное и жаркое Средиземноморье	30	Фдио-Латакия
2	Белые известковые неглубокие бедные малоразвитые на марнийских известняках	890	43	То же	190	Дерхана-Латакия
3	То же	1063	43	«←»	330	Эль Бодхи-Латакия
4	Глинистые красновато-коричневые на известняковых породах мощностью 10...30 см	1227	42	Влажное и умеренное Средиземноморье	655	Метн-Латакия

Общая площадь САР, занятая лесами, превышает 0,5 млн га, т. е. 2,71 % общей площади страны. Почти 53,56 % этих лесов созданы человеком. В лесах насчитывается до 60 древесных пород. Из хвойных основными лесообразующими породами являются сосны алепская (*Pinus halepensis*) и брутйская (*Pinus brutia*).

Насаждения *Pinus brutia* занимают около 145 тыс. га, сосредоточены в прибрежном регионе страны. Они встречаются во влажных, субгумидных и полусухих биоклиматических зонах. Леса довольно разнообразны по возрасту, структуре и условиям произрастания. В древостоях *Pinus brutia* сопутствующими породами и кустарниками чаще всего являются дуб турецкий (*Quercus pseudocerris*), дуб алеппский (*Q. infectoria*), дуб палестинский (*Q. calliprinos*), фисташка дикая (*Pistacia palaestina*), Стиракс лекарственный (*Styrax officinalis*).

Объект исследования

Почвенно-климатические условия Латакии. Провинция Латакия занимает около половины Средиземноморского побережья САР. Западная ее часть состоит в основном из прибрежных равнин, а внутренняя — восточная — гористая. Через восточную часть Латакии с севера на юг на расстоянии 20...30 км от берега моря протянулся хребет Ансария. Западные районы находятся под влиянием влажных ветров с моря и являются более плодородными. Среднесуточная температура воздуха составляет +19,4 °С, среднее количество осадков 750 мм в год. Высокоплодотные сосновые леса САР (25 %) расположены преимущественно в Латакии [34, 35], занимают 85 тыс. га всей территории провинции, т. е. 37 % и приурочены в основном к горным районам с крутыми склонами [35]. Лесной покров в целом можно подразделить на несколько типов в зависимости от географического положения: высоты над уровнем моря, удаленности от прибрежной зоны,

степени влияния воздушных масс и осадков. В лесных насаждениях САР, произрастающих в горных массивах, выделены два типа: насаждения западной части предгорных и горных районов и насаждения восточных склонов горных массивов. [34, 36, 37].

В западной части склонов горных массивов было выбрано четыре участка с искусственными насаждениями сосны брутйской, распределенные по местам морского побережья и расположенные на различной высоте над уровнем моря. В 2022 г. на объектах исследования проведен отбор 40 образцов древесины (табл. 1).

Климатические и почвенные условия Республики Крым. Особенности климата, почв, растительного покрова позволяют, несмотря на некоторые различия, сравнивать, а часто и приравнивать, Средиземноморье и Крымский п-ов. Положение Крыма в северной части Черного моря обусловило формирование значительного количества переходных ландшафтов. С большим разнообразием природных условий на относительно небольшой площади территория склона Главной гряды выделяется как Южный берег Крыма, который отличается субсредиземноморским типом климата Крымских гор. Защищенный с севера горами, Южный берег имеет более теплый климат по сравнению с другими районами Крыма. Около 150 сут. в году средняя суточная температура воздуха составляет выше +15 °С. Зима — мягкая, средняя температура января — около +4 °С, что обеспечивает непрерывную вегетацию. Редкие осадки в виде снега быстро тают, зимой чаще идет дождь. Лето и осень — солнечные, теплые, средняя температура июля и августа — около +24 °С. Климат Южного берега Крыма определяется как субсредиземноморский с максимальным количеством атмосферных осадков в зимний период и годовым количеством осадков около 650 мм [38–40].

Характеристика насаждений сосны Станкевича (пицундской)

Characteristics of the studied *Pinus brutia* var. *pithyusa* stands

Номер участка	Почвы	Годовое количество осадков, мм	Возраст, лет	Биоклиматический пояс	Высота н. у. м., м	Локация
1	Коричневые почвы на известняковых породах	700	55...60	Крымская субсредиземноморская физико-географическая область Южнобережного субсредиземноморья	200	пгт Нижняя Ореанда, групповые посадки
2		635	50		150	пгт Нижняя Ореанда, фрагментарные склоновые рядовые культуры
3		609	60...70		25	пгт Гаспра, групповые посадки

Лесистость Крымского п-ова — 10,6 %, леса расположены не равномерно, в основном на южных горных склонах. В 1960–1970-е годы проводились масштабные работы по террасированию и облесению склонов Крымских гор, поэтому ныне широко распространены искусственные насаждения сосны. Максимальная лесистость в Крымских горах — около 50 %. Древостои сосны Станкевича в Горном Крыму произрастают в типологическом макрокомплексе сообществ сухого сугрудка С₁, которые занимают 44 % площади и представляют 57 % запасов насаждений по данному виду в Горном Крыму [41, 42]. Древостои естественного и искусственного происхождения произрастают в основном в приморской полосе при наибольшем удалении от моря в естественных условиях около 6 км, на крутых прибрежных склонах, часто на известняковых скалах, лишенных почвы, что связано, скорее, с ее вытеснением более конкурентоспособными видами, и особенно, с антропогенным изменением приморской полосы вследствие застройки и прокладки дорог. Сосна Станкевича светолюбивая, малотребовательная к почвенно-грунтовым условиям, солеустойчивая и засухоустойчивая, адаптируется к загрязненному воздуху, не боится морозов до –25 °С.

Отбор образцов древесины (кernов) и биометрические измерения деревьев проводились в искусственных насаждениях сосны Станкевича на Южном берегу Крыма вдоль автомобильной дороги г. Ялта — г. Севастополь на участке пгт Нижняя Ореанда — пгт Гаспра. Насаждения представляют собой фрагментарные рядовые склоновые и групповые посадки на крутых каменистых склонах южной экспозиции на высоте до 200 м н. у. м. Условия произрастания относятся к сухим лесам на коричневых горных почвах. Возраст насаждений определен на

основании дендрохронологического анализа отобранных kernов древесины (табл. 2) и составляет 45...55 лет. Всего отобрано 42 образца древесины в 2022 г.

Материалы и методы

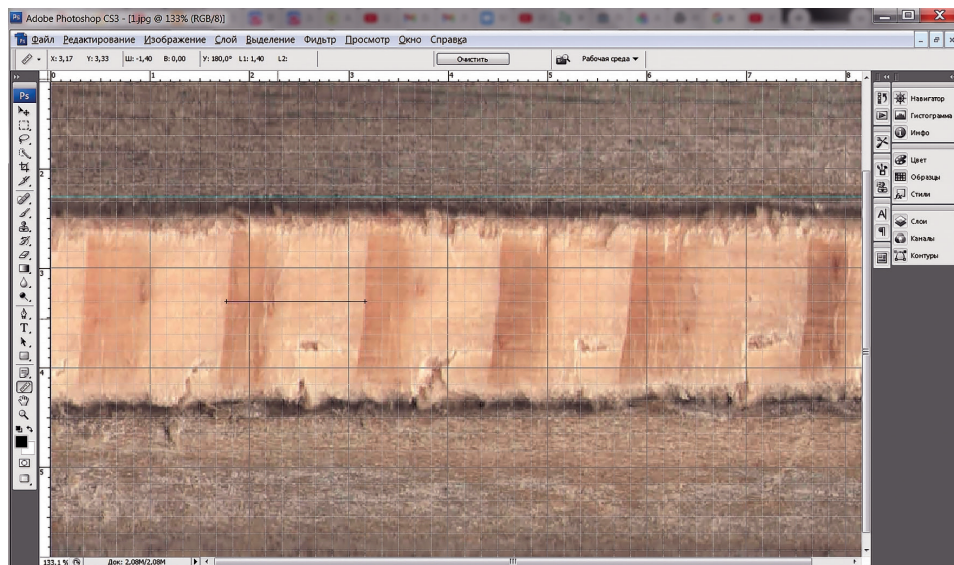
На участках были отобраны деревья-доминанты, характеризующиеся прямыми стволами и отсутствием пораженной кроны из наиболее представленных деревьев ряда распределения по классам диаметров стволов. Измерение диаметров стволов деревьев на высоте 1,3 м от поверхности земли проводилось мерной таксационной вилкой фирмы Haglof, высоту деревьев измеряли высотомером фирмы Suunto. Kernы древесины отбирали с помощью бурава Пресслера на высоте 1,3 м от поверхности земли в двух экземплярах для измерения плотности древесины и исследования макроструктуры ксилемы — зон ранней и поздней древесины в годичных приростах сосны брутийской и сосны Станкевича.

Плотность древесины определялась в соответствии с рекомендациями, предложенными О.И. Полубояриновым по методу максимальной влажности. Базисная плотность древесины (ρ_6 , кг/м³) выражается отношением массы абсолютно сухого образца к его объему при влажности, равной или превышающей предел насыщения клеточных стенок

$$\rho_6 = \frac{m_0}{V_{\max}}, \quad (1)$$

где m_0 — масса абсолютно сухого образца, кг;
 V_{\max} — объем образца при максимальной влажности м³.

С учетом массы образца в абсолютно сухом и максимально влажном состояниях, и плотности древесинного вещества (массы единицы объема



Процесс измерения толщины годичных колец в окне программы «Adobe Photoshop CS3»
The annual rings thickness measuring process in «Adobe Photoshop CS3» program

материала, образующего клеточные стенки) формула определения базисной плотности древесины принимает вид

$$\rho_6 = \frac{1}{\frac{m_w - m_0}{m_0} + \frac{1}{d}}, \quad (2)$$

где m_w — масса образца в максимально влажном состоянии, кг;

d — плотность древесинного вещества, кг/м³.

Таким образом, при плотности древесинного вещества $d = 1,53 \text{ г/см}^3$, получаем

$$\rho_6 = \frac{1}{\frac{m_w}{m_0} - 0,346}. \quad (3)$$

Для изучения таких показателей макроструктуры древесины, как ширина годичных приростов, зоны ранней и поздней древесины и общий радиальный прирост в целом использовался метод обработки образцов на сканере высокого разрешения, который, по данным современных исследований [43], дает результаты с интервалом точности измерения $\pm 0,01 \text{ мм}$.

Образцы для исследования анатомического строения древесины были закреплены в деревянные держатели и отшлифованы до гладкой поверхности. Далее осуществлялась калибровка длины керн с помощью миллиметровой бумаги. Оцифровка образцов древесины проводилась на сканере высокого разрешения — 1200 dpi. Полученное изображение обрабатывалось с помощью программы «Adobe Photoshop CS3», увеличивалось и с помощью такого программного инстру-

мента, как «линейка», устанавливались единицы измерения в миллиметрах. Количество пикселей, соответствующих каждому миллиметру изображения, калибровалось через значок установки измерения масштаба в окне «Анализ» на панели задач, в диалоговом окне, через которое можно определить количество пикселей, соответствующих 1 мм, с помощью «линейки» рядом с изображением образца древесины (рисунок).

Размер годичных колец был измерен от коры к центру образца древесины. Для достоверного различия границы, разделяющей годичные кольца, проводился контроль масштабирования изображения с учетом того, что программа автоматически регулирует коэффициент масштабирования в соответствии с используемой шкалой. Во избежание искажений в измерениях, поскольку годичные кольца не всегда имеют правильную форму, на каждое годичное кольцо было сделано три отсчета — два с краев и один посередине с измерением зон ранней и поздней древесины. Далее для измерения вычислялось среднее арифметическое значение. Измерение каждого годичного кольца фиксировалось относительно года его образования в программе «Microsoft Excel». На основе полученного материала формировались первичные временные ряды годичных колец.

Статистическая обработка полученных качественных и количественных данных проводилась в программных пакетах «Statistica version 11.0», «Statgraphics Centurion XVI», «Microsoft Excel» с помощью корреляционного анализа при использовании коэффициента ранговой корреляции Спирмена (R_{Sp}). Для исследования статистической значимости различий при 95%-м уровне по показателям средних по группам значений при-

Т а б л и ц а 3

Таксационные характеристики насаждений сосны брутильской

Taxation characteristics of Brutyskaya pine plantations

Номер участка	Высота над уровнем моря, м	Количество деревьев на 1 га, шт.	Средняя высота дерева H_{cp} , м	Средний диаметр ствола D_{cp} , см	Запас древесины, м ³ /га
1	30	1088	11,7	22	270
2	190	900	11,8	22	232
3	330	550	13,1	30	251
4	655	525	13,7	34	315

Т а б л и ц а 4

Таксационные характеристики насаждений сосны Станкевича (пицундской)

Taxation characteristics of *Pinus brutia* var. *pithyusa* plantations

Номер участка	Высота над уровнем моря, м	Количество деревьев на 1 га, шт.	Средняя высота дерева H_{cp} , м	Средний диаметр ствола D_{cp} , см	Запас древесины, м ³ /га
1	200	500	25,1	21,9	212
2	150	920	21,5	27	182
3	25	400	17,7	23,5	173

меняли однофакторный дисперсионный анализ (F -критерий Фишера) и t -критерий Стьюдента (при анализе данных из двух групп), в некоторых случаях с достоверностью 90 % (указывали отдельно в разделе «Результаты») [44–47].

Результаты и обсуждение

Анализ таксационных характеристик сосны брутильской в искусственных насаждениях в условиях провинции Латакия показал уменьшение биометрических показателей деревьев и запаса древесины с уменьшением высоты локаций насаждений над уровнем моря (табл. 3).

Фактически можно наблюдать такую же тенденцию изменения таксационных характеристик для насаждений сосны Станкевича (пицундской) в условиях Южного берега Крыма (табл. 4).

Ограничивающим продуктивностью фактором для Латакии и Южного берега Крыма выступает количество осадков: уменьшение осадков снижает запас древесины в насаждениях.

Исследование древесины сосны брутильской выявило тенденцию уменьшения ее плотности в зависимости от высоты над уровнем моря (табл. 5).

Очевидно, различия почвенных условий произрастания на горном макросклоне со стороны Средиземного моря сосны брутильской влияют на формирование древесины повышенной плотности. С изменением высоты над уровнем моря условия произрастания изменяются от богатых глинистых почв к бедным песчаным на высоте 30 м н. у. м. Со снижением высоты локаций места произрастания насаждений сосны брутильской

уменьшается средний годичный прирост древесины и снижается доля ранней древесины в ширине годичного кольца. Доля поздней древесины выше в годичном приросте в средней части макросклона горного массива на высоте 190...330 м н. у. м.

Для Южного берега Крыма установлена обратная тенденция — плотность древесины сосны Станкевича увеличивается в насаждениях при снижении высоты над уровнем моря (табл. 6). Наблюдается рост плотности древесины с увеличением диаметра ствола. Изменения в макроструктуре ксилемы наблюдаются только в зоне ранней древесины — происходит снижение ее ширины с изменением места произрастания в зависимости от высоты над уровнем моря. Доля поздней древесины фактически стабильна.

Однофакторный дисперсионный анализ по влиянию высоты над уровнем моря на показатели плотности и макростроения древесины показал, что на Южном берегу Крыма наблюдается значимое влияние (на уровне 95 %) высоты на показатели плотности древесины ($F_{расч} = 18,8$ при $F_{табл} = 3,55$), ширину зоны ранней ксилемы ($F_{расч} = 3,65$ при $F_{табл} = 3,55$) и несколько менее значимое — на ширину годичного прироста (на уровне достоверности 90 %, $F_{расч} = 2,68$ при $F_{табл} = 2,62$). На ширину зоны поздней древесины достоверного влияния фактора высоты над уровнем моря не выявлено.

В провинции Латакия однофакторный дисперсионный анализ показал значимое влияние высоты над уровнем моря на уровне достоверности 90 % на ширину зоны ранней ксилемы ($F_{расч} = 3,18$ при $F_{табл} = 2,52$) и на общую ширину

Показатели макростроения и базисной плотности древесины сосны брутийской на разной высоте над уровнем моря

Indices of macrostructure and basic wood density of Brutyskaya pine at different altitudes above sea level

Высота над уровнем моря, м	Диаметр ствола, см	Базисная плотность древесины, кг/м ³	Средняя ширина годовичного прироста, мм	Средняя ширина доли ранней древесины, мм	Средняя ширина доли поздней древесины, мм
30	24	525,2	2,25	1,52	0,73
	26	425	2,87	2,23	0,63
	28	520	3,61	2,09	1,53
	30	460,7	3,72	2,61	1,11
190	28	473,7	3,5	2,45	1,05
	30	473,5	6,37	4,61	1,76
	34	517,5	4,67	3,44	1,23
	36	536,9	3,58	2,66	0,92
	36	544,5	4,1	2,69	1,41
	36	568,8	5,95	3,86	2,1
330	30	454	4,52	3,38	1,14
	34	409,7	5,15	3,82	1,33
	36	531,5	4,17	3,02	1,15
	36	522,5	5,02	3,76	1,26
655	34	483,6	6,22	4,97	1,25
	36	569	3,61	2,53	1,08
	36	497,3	4,21	3,38	0,83
	38	596,2	4,11	3,09	1,02

годового слоя ($F_{расч} = 2,60$ при $F_{табл} = 2,52$). На плотность древесины и ширину зоны поздней древесины достоверного влияния фактора высоты над уровнем моря не выявлено.

Для изучения различий в данных между конкретными значениями высоты был применен t -критерий Стьюдента как метод проверки однородности показателей среди двух групп данных. Достоверных различий плотности древесины сосны брутийской на разной высоте над уровнем моря не выявлено, однако установлено значимое различие плотности древесины сосны Станкевича (пицундской) на разной высоте над уровнем моря (табл. 7).

Рассмотрев влияние высоты над уровнем моря на макроструктурные показатели, отметим, что в провинции Латакия влияние высоты над уровнем моря на долю поздней древесины в годовичном приросте в насаждениях не носит достоверный характер, а для доли ранней древесины и ширины годовичного прироста выявлено статистически значимое различие в насаждениях на высоте 30 м н. у. м. с расположенными выше древостоями на уровне значимости 95 %.

Для древесины сосны Станкевича (пицундской) выявлена аналогичная тенденция. Значимо по ранней древесине отличаются показатели наи-

более нижепроизрастающего насаждения — на уровне достоверности 95 %. Также отмечаются значимые различия годовичного прироста древесины с высоты 25 м н. у. м. по сравнению вышепроизрастающими насаждениями — на высоте 150 и 200 м н. у. м. и с меньшим уровнем значимости — 90 % ($t_{расч} = 2,138$ при $t_{табл} = 1,79$ и $t_{расч} = 2,16$ при $t_{табл} = 1,78$ соответственно).

Анализ влияния макроструктурных элементов ксилемы на плотность древесины сосны брутийской и ее подвида сосны Станкевича в искусственных насаждениях выявил непрямолинейный характер связи между этими показателями анатомического строения древесины в рассматриваемых регионах.

Ранговый анализ по критерию Спирмена (R_{Sp}) подтвердил эту закономерность. Выявлено только значимое влияние ранней ксилемы в годовичном приросте на плотность древесины для насаждений сосны Станкевича $R_{Sp} = 0,56$ (влияние ширины зоны поздней древесины и годовичного прироста не значимо, $R_{Sp} = 0,43$ и $0,49$ соответственно). Для насаждений сосны брутийской достоверных связей не выявлено. По-видимому, на плотность ее древесины совместно влияют макроструктурные элементы строения ксилемы данных пород.

Т а б л и ц а 6

**Показатели макростроения и базисной плотности древесины
сосны Станкевича (пицундской) на разной высоте над уровнем моря**

Indicators of macrostructure and basic density of *Pinus brutia* var. *pithyusa* wood at different altitudes above sea level

Высота над уровнем моря, м	Диаметр ствола, см	Базисная плотность древесины, кг/м ³	Средняя ширина годовичного прироста, мм	Средняя ширина доли ранней древесины, мм	Средняя ширина доли поздней древесины, мм
200	12	451,16	1,37	1,08	0,29
	16	432,37	2,18	1,75	0,43
	18	452,10	2,58	2,06	0,52
	22	524,57	2,63	2,13	0,50
	24	430,37	3,09	2,39	0,70
	26	495,63	3,03	2,41	0,62
	28	468,85	3,89	3,26	0,63
150	32	504,32	3,77	2,90	0,87
	16	430,91	1,46	1,22	0,24
	18	353,72	1,56	1,26	0,30
	24	379,68	2,95	2,39	0,55
	28	404,37	3,92	3,31	0,61
	30	420,07	3,74	3,15	0,59
	34	425,48	3,66	2,92	0,74
25	38	430,49	3,83	3,21	0,61
	16	490,04	1,57	1,13	0,44
	22	512,55	1,82	1,31	0,50
	24	525,76	2,55	2,00	0,55
	26	487,55	2,72	1,99	0,73
	28	498,50	1,92	1,48	0,44

Т а б л и ц а 7

**Анализ по *t*-критерию Стьюдента достоверности различий показателей
плотности древесины по высоте над уровнем моря сосны Станкевича (пицундской)**

Analysis by Student's *t*-test of reliability of differences in wood density indicators by altitude of *Pinus brutia* var. *pithyusa*

Сравниваемые группы высот над уровнем моря, м	Среднее по группе 1	Среднее по группе 2	<i>t</i>	<i>v</i>	<i>p</i>	σ группы 1	σ группы 2	<i>F</i> -отн. дисперс.	<i>p</i> -знач. дисперс.
200 и 150	469,92	406,389	3,78	13	0,002	34,79	29,51	1,39	0,70
200 и 25	469,92	501,398	-2,06	12	0,061	34,79	14,84	5,49	0,07
25 и 150	501,39	406,389	7,12	11	0,001	14,84	29,51	3,95	0,15

Примечание. *t* — *t*-критерий Стьюдента; *v* — степени свободы; *p* — расчетный уровень значимости при тестировании с использованием *t*-критерия; σ — стандартное отклонение; *F*-отн. дисперс. — расчетное значение *F*-критерия; *p*-знач. дисперс. — расчетный уровень значимости при дисперсионном анализе.

Выводы

Лимитирующими факторами для формирования запаса и плотности древесины выступает количество осадков для условий обоих регионов, что связано с расположением участков произрастания над уровнем моря.

Показатели плотности древесины сосны брутийдской и ее подвида сосны Станкевича (пицундской) имеют разные значения в зависимости от

высоты произрастания над уровнем моря. Достоверное различие плотности древесины выявлено для сосны Станкевича (пицундской).

В формирование плотности древесины сосны Станкевича (пицундской) существенный вклад вносит величина в годовичном приросте доли ранней древесины. Более плотная древесина формируется у сосны брутийдской в насаждениях, расположенных на различной высоте над уровнем моря. В целом на плотность древесины

сосны брутильской и ее подвида сосны Станкевича (пицундской) больше влияет величина годичного прироста и доля ранней древесины в нем.

Список литературы

- [1] Frankis M. *Pinus brutia* // Curtis's Botanical Magazine, 1999, v. 16. no. 3, pp. 173–184.
- [2] Литвинская С.А., Постарнак Ю.А. Сосна пицундская — редкий вид Черноморского побережья России. Краснодар: Изд-во Кубанского государственного университета, 2000. 311 с.
- [3] Алкинж С., Данилов Д.А. Сосна брутильская (*Pinus brutia* Ten.) как важный компонент лесов стран восточного Средиземноморья и Черноморского бассейна (обзор) // Известия Санкт-Петербургской лесотехнической академии, 2022. Вып. 240. С. 173–184.
- [4] Mauri A., Di Leo M., de Rigo D., Caudullo G. *Pinus halepensis* and *Pinus brutia* in Europe: distribution, habitat, usage and threats // European Atlas of Forest Tree Species. Luxembourg: Publ. Off. EU, 2016, pp. 122–123.
- [5] Farjon A., Filer D. (Eds.). An Atlas of the World's Conifers: An Analysis of Their Distribution, Biogeography, Diversity, and Conservation Status. Nederland, Leiden: Brill, 2013, 512 p.
- [6] Bonari G., Fernández-González F., Çoban S. Classification of the Mediterranean lowland to submontane pine forest vegetation // Applied Vegetation Science, 2021, v. 24, iss. 1. DOI: 10.1111/avsc.1254
- [7] Коба В.П., Плуگارь Ю.В. К проблеме охраны природных популяций видов *Pinus* L. в Горном Крыму // Сб. науч. тр. ГНБС, 2014. Т. 139. С. 5–14.
- [8] Usta H.Z. A Study on the Yield of *Pinus brutia* Ten. Plantations. Turkey, Ankara: Turkish Forest Research Institute Publications, 1991, 138 p.
- [9] Джангиров М.Ю., Шевцов Б.П. Бонитетные шкалы для сосны пицундской (*Pinus pityusa* Steven) в Сочинском национальном парке // Известия Самарского научного центра РАН, 2014. № 5. С. 199–204.
- [10] Крыленко С.В., Алейникова А.М., Крыленко В.В. Естественное восстановление прибрежных растительных сообществ сосны пицундской после лесных пожаров // Вестник РУДН. Серия: Экология и безопасность жизнедеятельности, 2015. № 2. С. 26–32.
- [11] Çatal Y., Carus S. A height-diameter model for brutian pine (*Pinus brutia* Ten.) plantations in southwestern Turkey // Applied Ecology and Environmental Research, 2018, v. 16, pp. 1445–1459. DOI: 10.15666/aer/1602_14451459
- [12] Cetinkaya D., Bilir N. Effect of using harvesting residues as a nursery media on seedling weight in Brutian pine (*Pinus brutia* Ten.) // Reforesta, 2020, v. 9, pp. 37–43. DOI: 10.21750/REFOR.9.05.79
- [13] Suliman T., Berger U., van der Maaten-Theunissen M., van der Maaten E., Ali W. Modeling dominant height growth using permanent plot data for *Pinus brutia* stands in the Eastern Mediterranean region // Forest Systems, 2021, v. 30(1), pp. 1–5. DOI: 10.5424/fs/2021301-17687
- [14] Guller B. The effects of thinning treatments on density, MOE, MOR and maximum crushing strength of *Pinus brutia* Ten. wood // Annals of Forest Science, 2007, v. 64, pp. 467–475. DOI: 10.1051/forest:2007024
- [15] Атрохин В.Г., Калущий К.К., Тюриков Ф.Т. Древесные породы мира. Т. 3. Древесные породы СССР / под ред. К.К. Калущего. М.: Лесн. пром-сть, 1982. 264 с.
- [16] Adamopoulos S., Milios E., Doganos D., Bistinas I. Ring width, latewood proportion and dry density in stems of *Pinus brutia* Ten. // European J. of Wood and Wood Products, 2009, v. 67(4), pp. 471–477. DOI: 10.1007/s00107-009-0345-x
- [17] Bluskova G., Tashev A., Bardarov N. Structure, properties and possibilities of use of wood of Turkish pine (*Pinus brutia* Ten.) // 2nd Scientific Technical Conference «Innovation in woodworking industry and engineering design», 6–8 November 2009, Yundola, Bulgaria, Sofia: University of Forestry publisher, 2009, pp. 67–71.
- [18] Güller B., Isik K., Cetinay S. Genetic variation in *Pinus brutia* Ten.: Wood density traits // BioResources, 2011, v. 6(4), pp. 4012–4027.
- [19] Shater Z., De-Miguel S., Kraid B., Pukkala T., Palahí M. A growth and yield model for even-aged *Pinus brutia* Ten. stands in Syria // Annals of Forest Science, 2011, v. 68 (1), pp. 149–157. DOI: 10.1007/s13595-011-0016-z
- [20] Güller B. Determining wood density of turkish red pine (*Pinus Brutia* Ten.) by using X-ray densitometer // Turkish J. of Forestry, 2010, v. 11, iss. 2, pp. 97–109.
- [21] Gezer A. The silviculture of *Pinus brutia* in Turkey // Options Méditerranéennes. Paris: CIHEAM, 1986, pp. 55–66.
- [22] Quézel P. Taxonomy and biogeography of Mediterranean pines (*Pinus halepensis* and *P. brutia*) // Ecology, biogeography and management of *Pinus halepensis* and *P. brutia* forest ecosystems in the Mediterranean basin. Leiden: Buckhuys Publishers, 2000, pp. 1–12.
- [23] Palahí M., Pukkala T., Kasimiadis D., Poirazidis K., Papa-georgiou A.C. Modelling site quality and individual-tree growth in pure and mixed *Pinus brutia* stands in north-east Greece // Annals of Forest Science, 2008, v. 65(5), pp. 1–14. DOI: 10.1051/forest:2008022
- [24] Carus S., Çatal Y. Response to different thinning intensity in Calabrian Pine (*Pinus brutia* Ten.) Plantations in Turkey // International J. of Natural and Engineering Sciences, 2009, v. 3. pp. 126–131.
- [25] De Miguel S., Pukkala T., Assaf N., Bonet A. Even-aged or uneven-aged modelling approach? A case for *Pinus brutia* // Annals of Forest Science, 2012, v. 69, pp. 455–465.
- [26] Carus S., Çatal Y. Comparison of some diameter-height models for brutian pine (*Pinus brutia* Ten.) afforestations in Ağlasun region // Turkish J. of Forestry, 2017, v. 18, iss. 2, pp. 94–101. DOI: 10.18182/tjf.289330
- [27] Kitikidou K., Milios E., Radoglou K. Single-entry volume table for *Pinus brutia* in a planted peri-urban forest // Annals of Silvicultural Research, 2017, v. 41 (2), pp. 74–79. DOI: 10.12899/asr-1437
- [28] Çalikoğlu M., Özbey A.A., Altun Z.G., Yıldızbakan A., Yırık A. Assessment of Turkish Red Pine (*Pinus brutia* Ten.) provenance trials in terms of breast height diameter at 30th years age: The Mediterranean and the Aegean Regions // Theoretical and Applied Forestry, 2022, v. 1, pp. 8–18. DOI: 10.53463/tafor.2022vol2iss1pp8-18
- [29] Коршиков И.И., Горлова Е.М. Генетическая структура, подразделенность и дифференциация популяций сосны Станкевича в горном Крыму // Генетика, 2006. Т. 42. № 6. С. 824–832.
- [30] Kurt Y., Gonzalez-Martinez S.C., Alia R., Isik K. Genetic differentiation in *Pinus brutia* Ten. using molecular markers and quantitative traits: the role of altitude // Annals of Forest Science, 2012, v. 69, no. 3, pp. 345–351. DOI: 10.1007/s13595-011-0169-9
- [31] Семерикова С.А., Семериков Н.В. Сниженная изменчивость и высокая дифференциация маргинальных реликтовых популяций *Pinus brutia* Ten. в Крымско-Кавказском регионе // Экология, 2020. № 1. С. 25–35. DOI: 10.31857/S0367059720010114
- [32] Çalikoğlu M., Aydın A., Özbey A. Growth of superior Turkish red pine (*Pinus brutia* Ten.) provenances. Turkish Journal of Forestry // Turkish J. of Forestry, 2022, v. 23, pp. 11–20. DOI: 10.18182/tjf.1020457

- [33] Özbey A., Bilir N. Growth performance of seed sources in a progeny trial of *Pinus brutia* Ten. // *Reforesta*, 2022, v. 13, pp. 1–6. DOI: 10.21750/REFOR.13.01.94
- [34] Initial National Communication of the Syrian Arab Republic, 2010. URL: <https://unfccc.int/resource/docs/natc/syrmc1.pdf> (дата обращения 20.12.2022).
- [35] Forest Fire Management Plan. Syrian Arab Republic, Latakia: Latakia agriculture directorate, 2018, 48 p.
- [36] Воробьев О.Н., Али М.С. Классификация лесного покрова мухафаза Латакия Сирийской Арабской Республики по данным спутника Sentinel-2 // *Лесные экосистемы в условиях изменения климата: биологическая продуктивность и дистанционный мониторинг*. Йошкар-Ола: Изд-во ПГТУ, 2018. № 4. С. 110–122. DOI: 10.25686/2306-2827.2020.3.19
- [37] Али М.С., Лежнин С.А., Воробьев О.Н., Курбанов Э.А. Мониторинг растительного покрова мухафаза Латакия Сирийской Арабской Республики по снимкам Landsat // *Вестник Поволжского государственного технологического университета*. Серия: Лес. Экология. Природопользование, 2020. № 3 (47). С. 19–31. DOI: 10.25686/2306-2827.2020.3.19
- [38] Скребец Г.Н., Быстрова Н.В. Физико-географические основы проектирования водоохранных зон и прибрежных защитных полос в юго-восточном Крыму // *Ученые записки Крымского федерального университета имени В. И. Вернадского*. Серия «География», 2013. Т. 26 (65), № 4. С. 54–63.
- [39] Лисецкий Ф.Н., Маринина О.А., Буряк Ж.А. Геоархеологические исследования исторических ландшафтов Крыма. Воронеж: Издательский дом ВГУ, 2017. 432 с.
- [40] Горбунов Р.В., Горбунова Т.Ю., Дрыгваль А.В., Табунщик В.А. Изменение температуры воздуха в Крыму // *Социально-экологические технологии*, 2020. Т. 10. № 3. С. 370–383. DOI: 10.31862/2500-2961-2020-10-3-370-383
- [41] Плугатарь Ю.В. Леса Крыма. Ялта: Изд-во ГБУ РК «НБС-ННЦ», 2015. 385 с.
- [42] Плугатарь Ю.В., Коба В.П., Сахно Т.М., Хромов А.Ф. Типологическая структура и продуктивность сосновых лесов Горного Крыма // *Биология растений и садоводство: теория, инновации*, 2019. № 3(152). С. 26–35. DOI: 10.36305/2019-3-152-26-35
- [43] Варсегова Л.Ю., Мазуркин П.М., Фадеев А.Н. Практикум по экологическому древоведению. Йошкар-Ола: Изд-во МарГТУ, 2010. 41 с.
- [44] Gregoire T., Lappi J. *Forestry, Statistics and Biometry in // Wiley StatsRef: Statistics Reference Online*, 2014. URL: <https://doi.org/10.1002/9781118445112.stat03435> (дата обращения 20.12.2022).
- [45] *Statistics in Forestry: Methods and Applications / Eds. Chandra G., Nautiyal R., Chandra H., Roychoudhury N., Mohammad N.* Bonfring Publication, India, Jabalpur, 2015, 140 p.
- [46] Arney J. *Biometric Methods for Forest Inventory // Forest Growth and Forest Planning. The Forester's Guidebook.* Forest Biometrics Research Institute Publisher, 2016, 365 p.
- [47] Pommerening A., Grabarnik P. *Individual-based Methods in Forest Ecology and Management.* Springer Nature Publisher, Switzerland, 2019, 411 p. DOI: 10.1007/978-3-030-24528-3

Сведения об авторах

Алкинж Самер — аспирант ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный лесотехнический университет имени С.М. Кирова», sameralkinj@gmail.com

Данилов Дмитрий Александрович — д-р с.-х. наук, профессор кафедры лесоводства ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный лесотехнический университет имени С.М. Кирова»; гл. науч. сотр. Ленинградского НИИСХ «Белогорка» — филиала ФГБНУ «Федеральный исследовательский центр картофеля имени А.Г. Лорха», stow200@mail.ru

Зайцев Дмитрий Андреевич — канд. с.-х. наук, ст. науч. сотр. отдела агрохимии и агроландшафтов Ленинградского НИИСХ «Белогорка» — филиала ФГБНУ «Федеральный исследовательский центр картофеля имени А.Г. Лорха», disoks@gmail.com

Поступила в редакцию 12.01.2023.

Одобрено после рецензирования 11.04.2023.

Принята к публикации 06.12.2023.

BRUTYSKAYA PINE AND STANKEVICH PINE WOOD DENSITY IN ARTIFICIAL STANDS

S. Alkinzh¹, D.A. Danilov^{1,2}, D.A. Zaytsev²✉

¹Saint-Petersburg State Forest Technical University, Institute of forests and natural resources, 5, Institutsky alleyway, 194021, Saint-Petersburg, Russia

²Leningrad Research Agriculture Institute Branch of Russian Potato Research Centre, 1, Institutskaya st., 188338, Belogorka, Leningrad reg., Russia

disoks@gmail.com

Variation of Brutyskaya pine (*Pinus brutia* Ten.) wood density and its macrostructure parameters depending on the growth height above sea level on the Mediterranean coast within Syria, and its subspecies (*Pinus brutia* var. *pithyusa*) on the Southern coast of Crimea within the Black Sea coast is considered. The study was conducted in artificially created plantations aged 45...55 years. Four plots were surveyed within the province of Latakia in the Syrian Arab Republic (30, 190, 330, 655 m above sea level, respectively) and three sites within the South Coast of Crimea in the Russian Federation (25, 150, 200 m above sea level, respectively). The taxation characteristics were determined, as well as the basic wood density and its macrostructure parameters such as the width of late and early xylem zones from wood cores taken at a height of 1.3 m from the ground level were examined. Dispersion analysis of the data obtained was carried out. The accuracy degree of the altitude above sea level factor influence on wood density is shown. Different direction of the altitude above sea level effect on wood macrostructure parameters was found for the studied plots. It is found that at an altitude of more than 190 in Latakia, Syrian Arab Republic and more than 150 m above sea level on the South Coast of Crimea in the Russian Federation do not differ significantly in macrostructure parameters. The significance of differences in wood density in the regions under consideration as a function of altitude above sea level is indicated.

Keywords: Brutyskaya pine, wood density, width of annual layer, early and late xylem

Suggested citation: Alkinzh S., Danilov D.A., Zaytsev D.A. *Plotnost' drevesiny sosny brutijskoj i sosny Stankevicha v iskusstvennyh nasazhdeniyah* [Brutyskaya pine and Stankevich pine wood density in artificial stands]. *Lesnoy vestnik / Forestry Bulletin*, 2024, vol. 28, no. 1, pp. 108–120. DOI: 10.18698/2542-1468-2024-1-108-120

References

- [1] Frankis M. *Pinus brutia*. Curtis's Botanical Magazine, 1999, v. 16, no. 3, pp. 173–184.
- [2] Litvinskaya S.A., Postarnak Yu.A. *Sosna pitsundskaya — redkiy vid Chernomorskogo poberezh'ya Rossii* [Pitsunda pine is a rare species of the Black Sea coast of Russia]. Krasnodar: Kuban State University publisher, 2000, 311 p.
- [3] Alkinzh S., Danilov D.A. *Sosna brutijskaya (Pinus brutia Ten.) kak vazhnyy komponent lesov stran vostochnogo Sredizemnomor'ya i Chernomorskogo basseyna (obzor)* [Brutian pine (*Pinus brutia* Ten.) as an important component of forests in the countries of the eastern Mediterranean and the Black Sea basin (review)]. *Izvestiya Sankt-Peterburgskoy lesotekhnicheskoy akademii* [News of the St. Petersburg Forestry Academy], 2022, v. 240, pp. 173–184.
- [4] Mauri A., Di Leo M., de Rigo D., Caudullo G. *Pinus halepensis* and *Pinus brutia* in Europe: distribution, habitat, usage and threats. *European Atlas of Forest Tree Species*. Luxembourg: Publ. Off. EU, 2016, pp. 122–123.
- [5] Farjon A., Filer D. (Eds.). *An Atlas of the World's Conifers: An Analysis of Their Distribution, Biogeography, Diversity, and Conservation Status*. Nederland, Leiden: Brill, 2013, 512 p.
- [6] Bonari G., Fernández-González F., Çoban S. Classification of the Mediterranean lowland tosubmontane pine forest vegetation. *Applied Vegetation Science*, 2021, v. 24, iss. 1. DOI: 10.1111/avsc.1254
- [7] Koba V.P., Plugatar' Yu.V. *K probleme okhrany prirodnykh populyatsiy vidov Pinus L. v Gornom Krymu* [On the problem of protecting natural populations of *Pinus L.* species in the Crimean Mountains]. *Collection of scientific works of the GNBS*, 2014, t. 139, pp. 5–14.
- [8] Usta H.Z. *A Study on the Yield of Pinus brutia Ten. Plantations*. Turkey, Ankara: Turkish Forest Research Institute Publications, 1991, 138 p.
- [9] Dzhangiroy M.Yu., Shevtsov B.P. *Bonitetnye shkaly dlya sosny pitsundskoy (Pinus pityusa Steven) v Sochinskom natsional'nom parke* [Bonitet scales for Pitsunda pine (*Pinus pityusa* Steven) in Sochi National Park]. *Izvestiya Samarskogo nauchnogo tsentra RAN* [News of the Samara Scientific Center of the Russian Academy of Sciences], 2014, no. 5, pp. 199–204.
- [10] Krylenko S.V., Aleynikova A.M., Krylenko V.V. *Estestvennoe vosstanovlenie pribrezhnykh rastitel'nykh soobshchestv sosny pitsundskoy posle lesnykh pozharov* [Natural restoration of coastal plant communities of Pitsunda pine after forest fires]. *Vestnik RUDN. Seriya: Ekologiya i bezopasnost' zhiznedeyatel'nosti* [Bulletin of RUDN University. Series: Ecology and life safety], 2015, no. 2, pp. 26–32.
- [11] Çatal Y., Carus S. A height-diameter model for brutian pine (*Pinus Brutia* Ten.) plantations in southwestern Turkey. *Applied Ecology and Environmental Research*, 2018, v. 16, pp. 1445–1459. DOI: 10.15666/aeer/1602_14451459
- [12] Cetinkaya D., Bilir N. Effect of using harvesting residues as a nursery media on seedling weight in Brutian pine (*Pinus brutia* Ten.). *Reforesta*, 2020, v. 9, pp. 37–43. DOI: 10.21750/REFOR.9.05.79
- [13] Suliman T., Berger U., van der Maaten-Theunissen M., van der Maaten E., Ali W. Modeling dominant height growth using permanent plot data for *Pinus brutia* stands in the Eastern Mediterranean region. *Forest Systems*, 2021, v. 30(1), pp. 1–5. DOI: 10.5424/fs/2021301-17687
- [14] Guller B. The effects of thinning treatments on density, MOE, MOR and maximum crushing strength of *Pinus brutia* Ten. wood. *Annals of Forest Science*, 2007, v. 64, pp. 467–475. DOI: 10.1051/forest:2007024

- [15] Atrokhin V.G., Kalutskiy K.K., Tyurikov F.T. *Drevesnye porody mira. T. 3. Drevesnye porody SSSR* [Tree species of the world. T. 3. Tree species of the USSR]. Ed. K.K. Kalutsky. Moscow: Lesn. prom-st' [Forestry industry], 1982, 264 p.
- [16] Adamopoulos S., Milios E., Doganos D., Bistinas I. Ring width, latewood proportion and dry density in stems of *Pinus brutia* Ten. *European J. of Wood and Wood Products*, 2009, v. 67(4), pp. 471–477. DOI: 10.1007/s00107-009-0345-x
- [17] Bluskova G., Tashev A., Bardarov N. Structure, properties and possibilities of use of wood of Turkish pine (*Pinus brutia* Ten.). 2nd Scientific Technical Conference «Innovation in woodworking industry and engineering design», 6–8 November 2009, Yundola, Bulgaria, Sofia: University of Forestry publisher, 2009, pp. 67–71.
- [18] Güller B., Isik K., Cetinay S. Genetic variation in *Pinus brutia* Ten.: Wood density traits. *BioResources*, 2011, v. 6(4), pp. 4012–4027.
- [19] Shater Z., De-Miguel S., Kraid B., Pukkala T., Palahí M. A growth and yield model for even-aged *Pinus brutia* Ten. stands in Syria. *Annals of Forest Science*, 2011, v. 68 (1), pp. 149–157. DOI: 10.1007/s13595-011-0016-z
- [20] Güller B. Determining wood density of turkish red pine (*Pinus Brutia* Ten.) by using X-ray densitometer. *Turkish J. of Forestry*, 2010, v. 11, iss. 2, pp. 97–109.
- [21] Gezer A. The silviculture of *Pinus brutia* in Turkey. *Options Méditerranéennes*. Paris: CIHEAM, 1986, pp. 55–66.
- [22] Quézel P. Taxonomy and biogeography of Mediterranean pines (*Pinus halepensis* and *P. brutia*). *Ecology, biogeography and management of Pinus halepensis and P. brutia forest ecosystems in the Mediterranean basin*. Leiden: Buckhuys Publishers, 2000, pp. 1–12.
- [23] Palahí M., Pukkala T., Kasimiadis D., Poirazidis K., Papageorgiou A.C. Modelling site quality and individual-tree growth in pure and mixed *Pinus brutia* stands in north-east Greece. *Annals of Forest Science*, 2008, v. 65(5), pp 1–14. DOI: 10.1051/forest:2008022
- [24] Carus S., Çatal Y. Response to different thinning intensity in Calabrian Pine (*Pinus brutia* Ten.) Plantations in Turkey. *International J. of Natural and Engineering Sciences*, 2009, v. 3. pp. 126–131.
- [25] De Miguel S., Pukkala T., Assaf N., Bonet A. Even-aged or uneven-aged modelling approach? A case for *Pinus brutia*. *Annals of Forest Science*, 2012, v. 69, pp. 455–465.
- [26] Carus S., Çatal Y. Comparison of some diameter-height models for brutian pine (*Pinus brutia* Ten.) afforestations in Ağlasun region. *Turkish J. of Forestry*, 2017, v. 18, iss. 2, pp. 94–101. DOI: 10.18182/tjf.289330
- [27] Kitikidou K., Milios E., Radoglou K. Single-entry volume table for *Pinus brutia* in a planted peri-urban forest. *Annals of Silvicultural Research*, 2017, v. 41 (2), pp. 74–79. DOI: 10.12899/asr-1437
- [28] Çalikoğlu M., Özbey A.A., Altun Z.G., Yıldızbakan A., Yirik A. Assessment of Turkish Red Pine (*Pinus brutia* Ten.) provenance trials in terms of breast height diameter at 30th years age: The Mediterranean and the Aegean Regions. *Theoretical and Applied Forestry*, 2022, v. 1, pp. 8–18. DOI: 10.53463/tafor.2022vol2iss1pp8-18
- [29] Korshikov I.I., Gorlova E.M. *Geneticheskaya struktura, podrazdelenost' i differentsiatsiya populyatsiy sosny Stankevicha v gornom Krymu* [Genetic structure, subdivision and differentiation of Stankevich pine populations in the mountainous Crimea]. *Genetics*, 2006, t. 42, no. 6, pp. 824–832.
- [30] Kurt Y., Gonzalez-Martinez S.C., Alia R., Isik K. Genetic differentiation in *Pinus brutia* Ten. using molecular markers and quantitative traits: the role of altitude. *Annals of Forest Science*, 2012, v. 69, no. 3, pp. 345–351. DOI: 10.1007/s13595-011-0169-9
- [31] Semerikova S.A., Semerikov N.V. *Snizhennaya izmenchivost' i vysokaya differentsiatsiya marginal'nykh reliktovykh populyatsiy Pinus brutia Ten. v Krymsko-Kavkazskom regione* [Reduced variability and high differentiation of marginal relict populations of *Pinus brutia* Ten. in the Crimean-Caucasian region]. *Ecology*, 2020, no. 1, pp. 25–35. DOI: 10.31857/S0367059720010114
- [32] Çalikoğlu M., Aydın A., Özbey A. Growth of superior Turkish red pine (*Pinus brutia* Ten.) provenances. *Turkish Journal of Forestry*. *Turkish J. of Forestry*, 2022, v. 23, pp. 11–20. DOI: 10.18182/tjf.1020457
- [33] Özbey A., Bilir N. Growth performance of seed sources in a progeny trial of *Pinus brutia* Ten. *Reforesta*, 2022, v. 13, pp. 1–6. DOI: 10.21750/REFOR.13.01.94
- [34] Initial National Communication of the Syrian Arab Republic, 2010. Available at: <https://unfccc.int/resource/docs/natc/syrmc1.pdf> (accessed 20.12.2022).
- [35] Forest Fire Management Plan. Syrian Arab Republic, Lattakia: Lattakia agriculture directorate, 2018, 48 p.
- [36] Vorob'ev O.N., Ali M.S. *Klassifikatsiya lesnogo pokrova mukhafaza Latakia Siriyskoy Arabskoy Respubliki po dannym sputnika Sentinel-2* [Classification of forest cover in the Latakia governorate of the Syrian Arab Republic according to Sentinel-2 satellite data]. *Lesnye ekosistemy v usloviyakh izmeneniya klimata: biologicheskaya produktivnost' i distantsionnyy monitoring* [Forest ecosystems under climate change: biological productivity and remote monitoring]. Yoshkar-Ola: PSTU publisher, 2018, no. 4, pp. 110–122.
- [37] Ali M.S., Lezhnin S.A., Vorob'ev O.N., Kurbanov E.A. *Monitoring rastitel'nogo pokrova mukhafaza Latakia Siriyskoy Arabskoy Respubliki po snimkam Landsat* [Monitoring of vegetation cover in the Latakia governorate of the Syrian Arab Republic using Landsat images]. *Vestnik Povolzhskogo gosudarstvennogo tekhnologicheskogo universiteta*. Seriya: Les. Ekologiya. Prirodopol'zovanie [Bulletin of the Volga State Technological University. Series: Forest. Ecology. Nature Management], 2020, no. 3 (47), pp. 19–31. DOI: 10.25686/2306-2827.2020.3.19
- [38] Skrebets G.N., Bystrova N.V. *Fiziko-geograficheskie osnovy proektirovaniya vodookhrannykh zon i pribrezhnykh zashchitnykh polos v yugo-vostochnom Krymu* [Physico-geographical basis for the design of water protection zones and coastal protective strips in the south-eastern Crimea]. *Uchenye zapiski Krymskogo federal'nogo universiteta imeni V.I. Vernadskogo*. Seriya «Geografiya» [Scientific notes of the Crimean Federal University named after V.I. Vernadsky]. Series «Geography», 2013, t. 26 (65), no. 4, pp. 54–63.
- [39] Lisetskiy F.N., Marinina O.A., Buryak Zh.A. *Geoarkheologicheskie issledovaniya istoricheskikh landshaftov Kryma* [Geoarchaeological studies of historical landscapes of Crimea]. Voronezh: VSU Publishing House, 2017, 432 p.
- [40] Gorbunov R.V., Gorbunova T.Yu., Drygval' A.V., Tabunshchik V.A. *Izmenenie temperatury vozdukha v Krymu* [Changes in air temperature in Crimea]. *Sotsial'no-ekologicheskije tekhnologii* [Social and environmental technologies], 2020, v. 10, no. 3, pp. 370–383. DOI: 10.31862/2500-2961-2020-10-3-370-383

- [41] Plugatar' Yu.V. *Lesy Kryma* [Forests of Crimea]. Yalta: State Budgetary Institution of the Republic of Kazakhstan «NBS-NNTS» publisher, 2015, 385 p.
- [42] Plugatar' Yu.V., Koba V.P., Sakhno T.M., Khromov A.F. *Tipologicheskaya struktura i produktivnost' sosnovykh lesov Gornogo Kryma* [Typological structure and productivity of pine forests of the Crimean Mountains]. *Biologiya rasteniy i sadovodstvo: teoriya, innovatsii* [Plant biology and gardening: theory, innovations], 2019, no. 3(152), pp. 26–35. DOI: 10.36305/2019-3-152-26-35
- [43] Varsegova L. Yu., Mazurkin P.M., Fadeev A.N. *Praktikum po ekologicheskomu drevovedeniyu* [Workshop on ecological tree science]. Yoshkar-Ola: MarSTU publisher, 2010, 41 p.
- [44] Gregoire T., Lappi J. Forestry, Statistics and Biometry in. Wiley StatsRef: Statistics Reference Online, 2014. Available at: <https://doi.org/10.1002/9781118445112.stat03435> (accessed 20.12.2022).
- [45] *Statistics in Forestry: Methods and Applications*. Eds. Chandra G., Nautiyal R., Chandra H., Roychoudhury N., Mohammad N. Bonfring Publication, India, Jabalpur, 2015, 140 p.
- [46] Arney J. *Biometric Methods for Forest Inventory*. Forest Growth and Forest Planning. The Forester's Guidebook. Forest Biometrics Research Institute Publisher, 2016, 365 p.
- [47] Pommerening A., Grabarnik P. *Individual-based Methods in Forest Ecology and Management*. Springer Nature Publisher, Switzerland, 2019, 411 p. DOI: 10.1007/978-3-030-24528-3

Authors' information

Alkinzh Samer — pg. of Federal State Educational Institution of Higher Professional Education «Saint-Petersburg State Forest Technical University named after S.M. Kirov», sameralkinj@gmail.com

Danilov Dmitry Aleksandrovich — Dr. Sci. (Agriculture), Professor of Forestry Department of Federal State Educational Institution of Higher Professional Education «Saint-Petersburg State Forest Technical University named after S.M. Kirov»; Principal Researcher of Department of Agrochemistry and Agrolandscapes, Leningrad Research Agriculture Institute Branch of Russian Potato Research Centre, stown200@mail.ru

Zaytsev Dmitriy Andreevich — Cand. Sci. (Agriculture), Senior Researcher of Department of Agrochemistry and Agrolandscapes, Leningrad Research Agriculture Institute Branch of Russian Potato Research Centre, disoks@gmail.com

Received 12.01.2023.

Approved after review 11.04.2023.

Accepted for publication 06.12.2023.

Вклад авторов: все авторы в равной доле участвовали в написании статьи
Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов
Authors' Contribution: All authors contributed equally to the writing of the article
The authors declare that there is no conflict of interest