

УДК 574.47 (292.471)

DOI 10.5281/ZENODO.20787885

ПРОСТРАНСТВЕННАЯ СТРУКТУРА И ЖИЗНЕННОЕ СОСТОЯНИЕ НАСАЖДЕНИЙ СОСНЫ КРЫМСКОЙ (*PINUS NIGRA SUBSP. PALLASIANA*) В ПРЕДГОРНОМ КРЫМУ

Костромитин И. С.

***Институт биохимических технологий, экологии и фармации (структурное подразделение)
ФГАОУ ВО «Крымский Федеральный университет им. В. И. Вернадского», Симферополь,
Республика Крым, Россия
E-mail: kostromitinivanyalta@mail.ru***

Было произведено исследование пространственной структуры лесозащитной полосы, состоящей из сосны крымской (*Pinus nigra subsp. pallasiana* (Lamb.) Holmboe), функционирующего в агроландшафте предгорного Крыма на протяжении более шести десятилетий (с 1960-х гг.). Дендрометрический анализ выявил следующие морфометрические параметры: средняя высота – $10,3 \pm 0,2$ м, поперечник крон – $6,9 \pm 0,3$ м, диаметр стволов – $26,5 \pm 0,2$ см. По методике В.А. Алексеева определен индекс относительного жизненного состояния (ОЖС) на уровне 70,3%, что квалифицирует насаждение как ослабленное. Показатель напряжённости роста (КОП) равен $1,87 \pm 0,10$ см/см². Между данными показателями выявлена достоверная статистически значимая обратная связь ($R = -0,92$, $p < 0,05$). Результаты исследований, проведённых в 2024–2025 гг., свидетельствуют о неблагоприятных эколого-биологических условиях произрастания данного вида, а также влиянии антропогенного фактора.

Ключевые слова: предгорный Крым, лесозащитные насаждения, сосна крымская, экологические условия произрастания, таксационные показатели древостоя, жизненное состояние, антропогенная нагрузка.

ВВЕДЕНИЕ

Полезащитные лесополосы, или лесозащитные полосы, представляют собой ряды деревьев и кустарников, высаженные среди пахотных земель, на пастбищах, вдоль дорог и каналов, а также на склонах и оврагах. Они играют ключевую роль в защите почвы от эрозии, уменьшая скорость ветра, что предотвращает выдувание верхнего её слоя и снижает риск пыльных бурь [1–3]. Способствуют задержанию снега на полях, что увеличивает запасы влаги в почве весной [4]. Улучшают водный режим территории, уменьшая поверхностный сток и снижая риск наводнений. Помогают поддерживать уровень грунтовых вод, что особенно важно в засушливых регионах.

Лесополосы оказывают положительное влияние на урожайность сельскохозяйственных культур, защищая поля от ветровой эрозии и улучшая микроклимат, создавая более благоприятные условия для роста растений [5, 6]. Исследования показывают, о возможном увеличении урожайности на 10–25 % на участках вблизи лесополос в сравнении с участками открытой степи [4]. Также

способствуют снижению затрат на ирригацию и удобрения. За счет улучшения водного режима и сохранения влаги в почве они уменьшают потребность в дополнительном поливе. Что крайне актуально для условий Крымского полуострова, где основным ограничивающим фактором для сельскохозяйственных культур является недостаточное количество влаги в период вегетации. Кроме того, лесополосы способствуют накоплению органического вещества в почве, улучшая её плодородие и снижая необходимость в использовании химических удобрений [7]. Способствуя увеличению биоразнообразия в агроландшафтах, создают среду обитания для множества видов растений и животных, служат убежищем для птиц, насекомых и мелких млекопитающих. Лесополосы также играют роль экологических коридоров, соединяя разрозненные природные участки и способствуя миграции видов [8]. Выполняют важные экосистемные услуги, такие как поглощение углекислого газа и производство кислорода, способствуя улучшению качества воздуха и снижению уровня загрязнения, положительно сказываясь на здоровье людей и животных [7].

Первые посадки деревьев вокруг участков пашни произведены еще в 1809 году В. Я. Ломиковским. Научные основы создания полезащитных лесополос возникли в конце XIX века в ответ на проблемы эрозии почв и ухудшения климатических условий. Они принадлежат В. В. Докучаеву и Г. Н. Высоцкому. Начало создания лесозащитных полос как масштабного проекта приходится на решение партии и правительства по хозяйственным вопросам для защиты сельскохозяйственных угодий в 1917–1930-е годы. В 1929–1932 годах в СССР была создана программа по выращиванию лесозащитных насаждений, направленная на обеспечение устойчивой урожайности в засушливых регионах Ю-В СССР, в рамках которой высажена 21 тысяча гектаров лесных полос. Уже в 1933–1937 годах площадь лесопосадок достигла 278 тысяч гектаров. А государственные решения 1938, 1948 и 1967 годов последовательно закрепляли стратегический курс на развитие защитного лесоразведения. К 1974 году совокупный фонд полезащитных насаждений в СССР превысил 1,3 миллиона гектаров [4]. Исходя из данных Н. Н. Агапонова и А. И. Ковальского, начиная с 1950-х годов в Крыму было создано около 75 тысяч гектар лесозащитных насаждений [9]. Из них за период с 1968 по 1998 год было заложено более 16 тысяч гектар таких насаждений [10]. Сильное влияние на это оказало широкое применение механизации, особенно государственной политики тех лет.

На сегодня, в связи с изменением форм собственности, земельные участки распаёваны, что оказывает отрицательное влияние и на лесозащитные насаждения. Большинство земельных участков в регионе принадлежат небольшим фермерским хозяйствам, которые не имеют ресурсов для создания, поддержания и ремонта лесозащитных насаждений, а государственные программы только начинают появляться. В следствие чего немалая часть таких насаждений находится в неудовлетворительном санитарном состоянии, а всего на полуострове от когда-то существующих посадок осталось менее 30 % [11, 12].

В начале 1970-х годов сосна крымская (*Pinus nigra subsp. pallasiana* (Lamb.) Holmboe [13]) нашла широкое применение в агролесомелиоративных посадках. Её

использовали для создания преимущественно чистых по составу насаждений, размещенных в четыре ряда с посадочной схемой 4×1 метр [14]. Анализ публикаций, посвященных сосне крымской в системе степного и лесостепного защитного лесоразведения, охватывает множество аспектов её использования и особенностей. Основное внимание уделяется онтогенезу и морфологии [15], различным методам увеличения всхожести семян [16], закономерностям роста в различных фитоценозах [8], а также водно-минеральным особенностям произрастания древостоев [13, 16, 17]. Особое место в современных исследованиях занимают вопросы оценки состояния и эффективности полезащитных лесонасаждений с участием хвойных пород в условиях степного Крыма [1].

Однако в научной литературе существует нехватка данных о пространственной структуре и жизненном состоянии старовозрастных сосновых лесозащитных полос в условиях предгорного Крыма. Для региона этот вопрос особенно актуален и недостаточно освещен, что обусловило выбор темы данного исследования. Целью работы является комплексная оценка пространственной структуры и жизненного состояния старовозрастной лесозащитной полосы из сосны крымской (*Pinus nigra subsp. pallasiana* (Lamb.) Holmboe) в предгорном Крыму, выявление факторов, определяющих состояние древостоя, и разработка рекомендаций по оптимизации защитных насаждений региона.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Сосна крымская (*Pinus pallasiana* D. Don) – эндемичный вид Крыма и Причерноморья, характеризующийся высотой от 20 до 35 м, длинной хвоей (8–18 см) и тёмно-серой корой. Вид хорошо адаптирован к карбонатным почвам, засухоустойчив, светолюбив, что обуславливает его широкое применение в степном лесоразведении южных регионов России [13, 15, 16, 18].

В качестве объекта изучения выбрана старовозрастная защитная лесная полоса, сформированная искусственными насаждениями сосны крымской. Общая площадь насаждения, по спутниковому снимку, составляет около 1,8 га (протяжённость полосы около 810 м при средней ширине около 22 м, включая разреженные участки с выпавшими деревьями). Ранее для этого же объекта приводилась несколько меньшая величина – около 1,24 га (примерно 690 × 18 м) [20]; эта оценка, по-видимому, относится только к сохранившейся, более сомкнутой части полосы. Территориально насаждение локализовано в предгорной части Крымского полуострова, в 10 км к северо-востоку от Симферополя, на высоте порядка 170 м над уровнем моря. Согласно данным спутникового позиционирования Google, центр изучаемого участка имеет координаты 45°08'53,12" с.ш. и 34°17'24,83" в.д. По своим характеристикам данное насаждение является типичным образцом зрелых сосновых лесозащитных посадок крымского предгорья. Видовая принадлежность деревьев к сосне крымской подтверждается характерными морфологическими признаками: длинной хвоей (более 12 см), сидячими шишками и тёмно-серой глубокобороздчатой корой в нижней части ствола.

Выбор именно этого участка обусловлен рядом факторов. Помимо удобного географического расположения, существенную роль сыграло его соседство с

разнообразными экосистемами: защитными посадками гледичии трехколючковой, фрагментами нетронутой степной растительности, сельскохозяйственными угодьями. Дополнительным преимуществом служит близость к транспортным путям. Совокупность этих условий формирует природно-антропогенный ландшафтный комплекс, открывающий широкие возможности для комплексных научных исследований [12].

Ранее на описываемой территории уже проводились исследования, посвящённые физико-химическим свойствам почвенного покрова, активности почвенных ферментов и сезонная динамика дыхания почвы. Полученные результаты отражены в более ранних работах [19, 20].

В границах лесополосы с восточной стороны на западную с интервалом 100 м были размечены учётные площадки для оценки таксационных показателей соснового древостоя. Полевые измерения проводились по стандартным методикам определения пространственного размещения деревьев, их высоты, диаметра стволов, размеров кроновой части и сомкнутости полога [21, 22]. Оценка жизнеспособности отдельных экземпляров осуществлялась с применением классификационной шкалы, принятой в практике лесопатологического мониторинга для характеристики ослабленных и погибающих древостоев (табл. 1) [23–25].

Таблица 1

Шкала категорий жизненного состояния деревьев

Категория	Диагностические признаки
I	Здоровые деревья: отсутствие внешних признаков ослабления.
II	Ослабленные деревья: умеренная ажурность кроны, редукция годичного прироста или повреждение до 1/3, единичное усыхание ветвей, локальные повреждения ствола или корней.
III	Сильно ослабленные деревья: ажурная крона с матовой хвоей, сильно укороченный прирост или его отсутствие, повреждение или усыхание до 2/3 хвои (ветвей), суховершинность, механические повреждения корневых лап и ствола.
IV	Усыхающие деревья: резкая ажурность, и хлоротичная осыпавшаяся хвоя, повреждение более 2/3 хвои, массовое усыхание кроны, следы ксилофагов.
V	Свежий сухостой: деревья, усохшие в текущем или прошлом вегетационном периоде, с желтой или бурой хвоей либо без неё;
VI	Старый сухостой: деревья, усохшие в предшествующие годы, без хвои, с частично или полностью осыпавшейся корой и мелкими ветвями. Последние две категории (V и VI) объединялись в общую категорию «сухостой».

Примечание: категории V и VI объединялись в общую категорию «сухостой».

Оценка относительного жизненного состояния (ОЖС) древостоев лесозащитных полос проводилась с использованием расчетного индекса ОЖС,

определяемого по относительной численности категорий деревьев согласно методике В. А. Алексеева [26, 27].

Расчет индекса состояния древостоев (L) в соответствии с распределением общей численности деревьев по различным категориям осуществлялся по формуле:

$$L = (100n_1 + 70n_2 + 40n_3 + 5n_4) / N \quad (1)$$

где n_1 – численность здоровых, n_2 – ослабленных, n_3 – сильно ослабленных, n_4 – отмирающих деревьев на пробной площади; N – общая численность деревьев на пробной площади, включая сухостойные.

Интерпретация значений индекса ОЖС осуществлялась следующим образом: при величине индекса в диапазоне 100–80% древостой классифицировался как здоровый, при 79–60 % – как ослабленный (поврежденный), при 59–20 % – как сильно ослабленный (сильно поврежденный), менее 20 % – как полностью разрушенный.

Коэффициент напряженности роста (КОП) рассчитывался по формуле [3]:

$$\text{КОП} = h / S \quad (2)$$

где h – высота дерева (см); S – площадь поперечного сечения ствола на высоте 1,3 м (см²).

Статистическая обработка результатов выполнялась в программной среде MS Excel с использованием общепринятых методов вариационной статистики [29].

Планирование исследований, обработка материалов и интерпретация результатов базировались на опыте аналогичных изысканий, изложенных в материалах публикаций [29, 30].

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Исследуемая лесозащитная полоса сосны крымской (*Pinus nigra subsp. pallasiana* L.) была заложена в 1960-х годах прошлого столетия на богарных землях. Протяженность лесополосы составляет 810 метров.

По функциональному назначению она относится к категории основных, расположена в широтном направлении с востока на запад и обеспечивает защиту полей зерновых культур с южной стороны от ветровой эрозии, а также способствует задержанию снега и аккумуляции влаги.

По конструктивным особенностям лесополоса относится к продуваемому типу лесонасаждений.

Данная конструкция детерминируется, с одной стороны, биоэкологическими характеристиками главной древесной породы, с другой – зависит от способа размещения посадочных мест на лесокультурной площади.

В результате исследования горизонтальной пространственной структуры лесонасаждений из сосны крымской были определены следующие особенности. Анализ исторических данных и натурные обследования свидетельствуют о том, что лесополоса заложена по схеме четырехрядной полезащитной полосы из одной

главной породы (*Pinus nigra subsp. pallasiana* L.) с шириной междурядий 3 м (рис. 1). Первоначальный шаг посадки в ряду по сохранившимся элементам древостоя точно не восстанавливается; для защитных насаждений сосны крымской в регионе он составлял около 1–1,5 м [14], что соответствует исходной густоте порядка 2200–3300 посадочных мест на гектар.



Рис. 1. Общий вид сосновой лесополосы (ориентация с востока на запад) в предгорной зоне Крыма. Справа – пшеничное поле.

В 1960-х годах в предгорном Крыму активно проводились работы по созданию лесозащитных насаждений из сосны крымской и гледичии трёхколючковой [12]. Исследуемая сосновая лесополоса территориально примыкает к гледичиевой, что указывает на их закладку в рамках единой программы лесомелиорации. Определение

возраста насаждения по числу годичных колец на сохранившихся пнях сосны подтверждает время создания лесополосы 1960-ми годами прошлого столетия.

За период существования горизонтальная пространственная структура древесного агробиогеоценоза претерпела существенные изменения под влиянием эндогенных процессов развития древостоя, а также негативного воздействия естественных и антропогенных факторов. В связи с естественными и антропогенными факторами расстояние между деревьями в ряду составляет в среднем для сосновой лесополосы $4,9 \pm 0,2$ метров (рис. 2).



Рис. 2. Текущее состояние схемы произрастания деревьев сосны крымской в предгорной зоне Крыма.

Изреживание древостоя обусловило снижение полноты насаждения и соответственно изменение диаметров и степени сомкнутости крон деревьев. Средний диаметр крон в целом по четырем рядам насаждения составляет $6,9 \pm 0,3$ м (табл. 2). Крайние ряды насаждения характеризуются наибольшими диаметрами крон в условиях, где расстояние между стволами деревьев в ряду составляет преимущественно 3–4 м

При увеличении расстояния от 5 до 7 м диаметры крон варьируют незначительно. Между рядами с шириной междурядий в 3 м сомкнутость крон варьирует от 0,9 до 0,5, что обеспечивает реализацию продуваемого типа конструкции лесополосы.

Таблица 2
Статистические характеристики диаметра крон сосновой лесополосы

Статистические показатели	Исследуемые признаки
	Диаметр крон (м)
Среднее значение	$6,9 \pm 0,3$
Ошибка средней, %	4,3
Медиана	7,0
Мода	7,0
Стандартное отклонение	2,1
Минимум	3,5
Максимум	11,0
Размах	7,5
Коэффициент вариации, %	30,4

Степень полноты насаждения и сомкнутости полога определяет как интенсивность светового потока, проникающего во внутреннее пространство лесополосы, так и формирование экологических ниш для внедрения в структуру древостоя других растительных видов. В целом для сосновой лесополосы задерненность почвы составляет 100 %. В затененных участках доминируют мезофильные злаки с преобладанием *Elymus repens* (L.) Gould, *Lolium pratense* (Huds.) Darbysh, *Poa nemoralis* L. и *Bromus inermis* Leyss., в более инсолированных участках – ксерофильные злаки с доминированием *Festuca rupicola* Neuff. и *Dactylis glomerata* L. в сопровождении разнотравья.

Продуваемая конструкция лесополосы детерминирована особенностями вертикальной структуры насаждения и зависит от биоэкологических характеристик сосны крымской и экологических факторов среды. Вертикальная структура древостоя определялась по высоте приземной части стволов и крон деревьев. Средняя высота древостоя составляет $10,3 \pm 0,2$ м (табл. 3).

Продуваемая часть конструкции насаждений сосны обеспечивается поднятием крон на высоту в среднем $4,2 \pm 0,1$ м при минимуме 2,5 м и максимуме 6,0 м. Протяженность кроны в среднем составляет $6,1 \pm 0,3$ м.

Согласно данным индекса кроны все деревья классифицируются как растения с длинной кроной. При этом индекс кроны в среднем составляет 0,59 при минимальном значении 0,45 и максимальном 0,72. Распределение деревьев по классам индекса кроны характеризуется следующим образом: 48 % деревьев

находятся в интервале индекса кроны 0,55–0,64, 32 % в интервале 0,45–0,54 и 20 % – 0,65–0,74.

Таблица 3

Таксационные показатели насаждений сосны крымской по высотным характеристикам древостоя

Статистические показатели	Исследуемые признаки древостоя		
	Высота древостоя	Высота ствола от земли до первой живой ветви	Высота кроны от первой живой ветви до верхушки дерева
Среднее значение (м)	10,3 ± 0,2	4,2 ± 0,1	6,1 ± 0,3
Минимум (м)	7,5	2,5	4,0
Максимум (м)	13,5	6,0	9,5
Коэффициент вариации (%)	15,2	21,5	18,7

Таким образом, продуваемая часть конструкции насаждений сосны, представленная штамбами деревьев, в среднем по высоте составляет $4,2 \pm 0,1$ м при минимуме 2,5 м и максимуме 6,0 м. Дифференциация высоты штамбов по рядам варьирует от 3,8 м до 4,5 м. В данной вариабельности прослеживается влияние различий в освещенности деревьев, что инициирует естественное отмирание нижних ветвей кроны и соответственно увеличение длины приземной части стволов.

Важным конструктивным параметром продуваемой части является не только высота штамба, но и диаметр ствола на стандартной высоте 1,3 м. В целом для лесополосы средний диаметр древостоя сосны крымской составляет $26,5 \pm 0,2$ см при минимуме 14,3 см и максимуме 36,6 см (табл. 4). Такие значительные диаметры стволов характерны для старовозрастных сосновых насаждений и свидетельствуют о благоприятных условиях для радиального прироста в начальные десятилетия жизни древостоя.

Обобщая полученные данные по характеристикам крон и стволов деревьев, можно констатировать, что продуваемая конструкция насаждения сосны характеризуется следующими параметрами. При средней высоте древостоя 10,3 м на продуваемую часть лесополосы приходится 40,8 %, что соответствует нормативным требованиям к продуваемым лесополосам.

Таблица 4

Статистические характеристики диаметра стволов сосновой лесополосы

Статистические показатели	Диаметр ствола (см)
Среднее значение	$26,5 \pm 0,2$
Ошибка средней, %	0,7
Медиана	26,1
Мода	25,5
Стандартное отклонение	5,9

Минимум	14,3
Максимум	36,6
Размах	22,3
Коэффициент вариации, %	22,2

Степень инсоляции оказывает существенное влияние на жизненное состояние как отдельных деревьев, так и древостоя в целом. Проведенные исследования позволили установить, что в целом состояние древостоя сосны крымской классифицируется как ослабленное, при этом индекс ОЖС составляет 70,3 % (табл. 5).

Таблица 5

Распределение деревьев по категориям относительного жизненного состояния в насаждении сосны крымской с дифференциацией по рядам

Лесополоса (ряды)	Распределение деревьев по категориям ОЖС (%)				Индекс ОЖС (%) и категория состояния
	1	2	3	4	
Насаждение в целом	32,5	45,0	15,0	7,5	70,3±2,2 (ослабленное)
I ряд (со стороны целины)	70,0	20,0	10,0	0,0	88,0±3,4 (здоровое)
II ряд (внутренний первый)	20,0	50,0	20,0	10,0	63,5±4,2 (ослабленное)
III ряд (внутренний второй)	10,0	60,0	20,0	10,0	60,5±4,2 (ослабленное)
IV ряд (со стороны пашни)	30,0	50,0	10,0	10,0	69,5±4,3 (ослабленное)

Примечание. Распределение деревьев по категориям ОЖС: 1 – здоровые; 2 – ослабленные; 3 – сильно ослабленные; 4 – усыхающие.

Индекс относительного жизненного состояния в целом для древостоя лесополосы составляет $70,3 \pm 2,2$ %. При этом лишь 32,5 % деревьев относятся к категории здоровых, 45,0 % классифицируются как ослабленные, 15,0 % – как сильно ослабленные и 7,5 % – как усыхающие. Минимальное среднее значение ($60,5 \pm 4,2$) ОЖС зафиксировано для третьего внутреннего ряда, максимальное ($88,0 \pm 3,4$) – для первого крайнего ряда, расположенного со стороны целинной степи. Доля здоровых деревьев в I ряду превышает аналогичный показатель во II ряду на 50 %, в IV ряду на 40 % и в III ряду на 60 %.

Для верификации полученных результатов дополнительно был рассчитан коэффициент напряженности роста (КОП), который выражает отношение высоты дерева к площади его поперечного сечения.

Помимо характеристики состояния древостоев, КОП является важным критерием оценки оптимальности их густоты [23, 31]. Расчеты показали, что

значение коэффициента напряженности роста древостоя сосны крымской в среднем составляет $1,87 \pm 0,10$ см/см² с варьированием в пределах от 0,89 до 3,45 см/см².

Вычисление КОП для отдельных рядов выявило, что наименьшим значением коэффициента 1,48 см/см² характеризуется I ряд лесополосы, расположенный со стороны целинной степи, наибольшим – III внутренний ряд с показателем 2,27 см/см² (табл. 6).

Таблица 6

Средние значения ОЖС и КОП древостоя в насаждении сосны крымской с дифференциацией по рядам

Лесополоса (ряды)	ОЖС, %	КОП, см/см ²
Насаждение в целом	70,3	1,87
I ряд (со стороны целины)	88,0	1,48
II ряд (внутренний первый)	63,5	2,07
III ряд (внутренний второй)	60,5	2,27
IV ряд (со стороны пашни)	69,5	1,78
Категория «здоровые деревья»	80-100	1,58
Категория «ослабленные деревья»	79-50	2,17

Полученные данные свидетельствуют о наличии обратной корреляционной зависимости между показателями ОЖС и КОП. Снижение показателя ОЖС от I ряда (88,0 %), через IV (69,5 %) и II (63,5 %) к III (60,5 %) сопровождается увеличением КОП: 0,15–0,18–0,21–2,27 см/см² соответственно. Обратная корреляционная связь подтверждается коэффициентом корреляции $R = -0,92$ ($p < 0,05$).

Сопоставление результатов исследований ОЖС и КОП позволяет сформулировать предварительное заключение о том, что для чистых насаждений сосны крымской, произрастающей на черноземных почвах предгорного Крыма, при ОЖС = 80–100 % и категории состояния древостоя «здоровый» оптимальное среднее значение КОП составляет 1,58 см/см², а для ослабленных древостоев с ОЖС = 79–50 % среднее значение КОП равно 2,17 см/см².

Комплексный анализ жизненного состояния древостоя в целом и отдельных деревьев указывает на то, что экологические условия для произрастания сосны крымской в монодоминантных насаждениях на черноземных почвах предгорий являются субоптимальными. Несмотря на то, что сосна крымская считается более засухоустойчивой породой по сравнению с сосной обыкновенной и более экономна в расходовании влаги [34], ослабленное состояние древостоя может быть обусловлено совокупностью факторов. Во-первых, недостаточным количеством атмосферных осадков в засушливые периоды. Согласно данным В. П. Исикова и Н. Н. Трикоз [35], в 2019–2020 гг. в Крыму наблюдался катастрофический дефицит осадков: осенью 2019 г. – 40 % от нормы, весной 2020 г. – 87 % от нормы на протяжении 60 дней. При влажности почвы ниже 10 % рост корней у хвойных пород прекращается полностью, что приводит к ослаблению и гибели деревьев [35]. Во-вторых, интенсивной внутривидовой конкуренцией за водные и

минеральные ресурсы в условиях монодоминантных насаждений. В-третьих, выраженным антропогенным воздействием, включающим незаконные рубки отдельных деревьев, рекреационную нагрузку и возможное механическое повреждение корневых систем при обработке прилегающих агроценозов. Следует отметить, что сосна крымская обладает низкой степенью поражения корневой губкой и может рассматриваться как экологически замещающая порода сосны обыкновенной в степных и лесостепных условиях [34]. Выпадение деревьев из структуры лесопосадки носит комплексный характер.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. По конструктивным особенностям лесополоса классифицируется как продуваемый тип лесонасаждения. Изначально была заложена по схеме четырехрядной полезащитной полосы из одной главной породы (*Pinus nigra subsp. pallasiana* L.) с шириной междурядий 3 м; первоначальный шаг посадки в ряду составлял около 1–1,5 м [14].
2. В настоящее время среднее расстояние между деревьями в ряду составляет $4,9 \pm 0,2$ метра. Средний диаметр крон по четырем рядам равен $6,9 \pm 0,3$ м, средний диаметр стволов – $26,5 \pm 0,2$ см. Вертикальная структура представлена древостоем средней высотой $10,3 \pm 0,2$ м, при этом на кроны приходится $6,1 \pm 0,3$ м длины, на приземную часть стволов – $4,2 \pm 0,1$ м.
3. Коэффициент напряженности роста составляет $1,87 \pm 0,10$ см/см² с варьированием от 0,89 до 3,45 см/см². Между показателями ОЖС и КОП установлена статистически значимая обратная корреляционная зависимость ($R = -0,92$, $p < 0,05$).
4. Индекс относительного жизненного состояния в целом для древостоя лесополосы составляет $70,3 \pm 2,2$ %, что соответствует градации «ослабленное» насаждение. При этом лишь 32,5 % деревьев классифицируются как здоровые, 45,0 % – как ослабленные, 15,0 % – как сильно ослабленные и 7,5 % – как усыхающие.
5. Выявленное ослабленное жизненное состояние древостоя и значительная доля поврежденных деревьев указывают на субоптимальность экологических условий для произрастания сосны крымской в монодоминантных насаждениях на черноземных почвах предгорий. Основными лимитирующими факторами выступают дефицит влагообеспеченности в засушливые периоды и значительное антропогенное воздействие.
6. Полученные результаты могут быть использованы при планировании мероприятий по реконструкции и оптимизации лесозащитных насаждений в предгорном Крыму, а также при разработке региональных программ агролесомелиорации.
7. При создании новых лесозащитных полос в условиях предгорного Крыма рекомендуется использование смешанных насаждений с участием как хвойных (сосна крымская), так и лиственных пород (дуб пушистый, гледичия трёхколючковая, скумпия кожевенная), что будет способствовать повышению биологической устойчивости и долговечности защитных насаждений.

Список литературы

1. Дубенок Н. Н. Состояние и ветрорегулирующая эффективность полезащитных лесонасаждений с участием хвойных пород в условиях степного Крыма / Н. Н. Дубенок, В. В. Танюкевич, Р. В. Салогуб, А. К. Кулик // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. – 2017. – № 4 (48). – С. 16–21.
2. Wang F. A functional-structural Mongolian Crimean pine (*Pinus nigra subsp. pallasiana* var. *mongolica*) model integrating architecture, biomass and effects of precipitation / Wang F., Letort V., Lu Q., Bai X., Guo Y., de Reffye P., Li B. // PLoS ONE. – 2012. – Vol. 7(8). – e43531. doi:10.1371/journal.pone.0043531
3. Zheng X. Assessment of the effects of shelterbelts on crop yields at the regional scale in Northeast China / Zheng X., Zhu J. J., Xing Z. // Agricultural Systems. – 2016. – Vol. 143. – P. 49–60. doi:10.1016/j.agsy.2015.12.008
4. Никитин П. Д. Выращивание полезащитных лесных полос / П. Д. Никитин. – Москва: Колос, 1972. – 101 с.
5. Избранные труды научной школы эрозиоведения А. С. Козменко – Г. П. Сурмача в четырех томах. Т. 2. – Волгоград: ФНИЦ агроэкологии РАН, 2023. – 608 с.
6. Ma Q. Appraisal of tree planting options to control desertification: Experiences from the Three-North Shelterbelt Programme / Ma Q. // International Forestry Review. – 2004. – Vol. 6. – P. 327–334.
7. Багрова Л. А. Искусственные лесозащитные насаждения в Крыму / Л. А. Багрова, Л. Я. Гаркуша // Экосистемы, их оптимизация и охрана. – Симферополь: ТНУ, 2009. – Вып. 20. – С. 134–145.
8. Jose S. Agroforestry for conserving and enhancing biodiversity / Jose S. // Agroforestry Systems. – 2012. – Vol. 85. – P. 1 Jose S. 8. doi:10.1007/s10457-012-9517-5
9. Агапонов Н. Н. Путеводитель по объектам лесной лесомелиорации горного Крыма / Н. Н. Агапонов, А. И. Ковальский. – Симферополь, 2004. – 142 с.
10. Мишнев В. Г. О значении и состоянии полезащитного лесоразведения в Крыму / В. Г. Мишнев, Н. И. Цыплаков // Экосистемы Крыма, их оптимизация и охрана. – Симферополь: ТНУ, 2001. – Вып. 11. – С. 12–14.
11. Агапонов М. Н. Захисні насадження Криму: Сучасний стан і перспективи розвитку / М. Н. Агапонов, Ю. П. Швець, О. О. Неонета, О. Ю. Астапов // Науковий вісник Національного університету біоресурсів і природокористування України. – Київ, 2010. – Вип. 152, Ч. 2. – С. 285–289.
12. Громенко В. М. Пространственная структура и жизненное состояние насаждений гледичии трехколючковой (*Gleditsia triacanthos* L.) в предгорном Крыму / В. М. Громенко, А. В. Ивашов, В. Г. Кобечинская, А. И. Алексеева // Ученые записки Крымского федерального университета имени В.И. Вернадского. Биология. Химия. – 2023. – Том 9 (75), № 1. – С. 53–68.
13. World Flora Online. *Pinus nigra subsp. pallasiana* (Lamb.) Holmboe [Электронный ресурс]. – URL: <https://wfpplantlist.org/taxon/wfo-0000736744-2025-12> (дата обращения: 26.01.2026).
14. Манаенков А. С. Водно-минеральные особенности субстрата и засухоустойчивость древостоя сосны / А. С. Манаенков, А. К. Кулик // Лесохозяйственная информация. – 2017. – № 2(4). – С. 46–56.
15. Онтогенетический атлас растений: научное издание. Том VII / Отв. и науч. ред. проф. Л. А. Жукова. – Йошкар-Ола: Мар. гос. ун-т, 2013. – 364 с.
16. Каппер О. Г. Хвойные породы / О. Г. Каппер. – М.: Гослесбумиздат, 1954. – 303 с.
17. Song L. Sources of water used by *Pinus nigra subsp. pallasiana* var. *mongolica* trees based on stable isotope measurements in a semiarid sandy region of Northeast China / Song L., Zhu J., Li M., Zhang J., Lv L. // Agricultural Water Management. – 2016. – Vol. 164. – P. 281–290. doi:10.1016/j.agwat.2015.10.018
18. Dang H. Water use by Chinese pine is less conservative but more closely regulated than in Mongolian Crimean pine in a plantation forest, on sandy soil, in a semi-arid climate / Dang H., Zhang X., Han H., Chen S., Li M. // Frontiers in Plant Science. – 2021. – Vol. 12. – 635022. doi:10.3389/fpls.2021.635022
19. Плугатарь Ю. В. Леса Крыма: монография / Ю. В. Плугатарь. – Симферополь: ИТ «АРИАЛ», 2015. – 312 с.
20. Славинская А. В. Ферментативная активность почв с учетом сезонной динамики в предгорной зоне Крыма / А. В. Славинская, А. В. Ивашов, В. Г. Кобечинская, В. М. Громенко, А. И. Якубовская, И. А. Каменева, М. В. Гритчин // Ученые записки Крымского федерального университета имени В.И. Вернадского. Биология. Химия. – 2021. – Т. 7 (73), № 1. – С. 169–179.

21. Славинская А. В. Сезонная динамика выделения углекислого газа («дыхание почв») в предгорной зоне Крыма / А. В. Славинская, В. Г. Кобечинская, А. В. Ивашов, М. В. Гритчин // Ученые записки Крымского федерального университета имени В.И. Вернадского. Биология. Химия. – 2022. – Том 8 (74), № 1. – С. 177–187.
22. Анучин Н. П. Лесная таксация / Н. П. Анучин. – М.: Лесная пром-сть, 1982. – 512 с.
23. Мелехов И. С. Лесоведение / И. С. Мелехов. – М.: Лесная пром-сть, 1980. – 406 с.
24. Рожков А. А. Оценка устойчивости и состояния лесов / А. А. Рожков // Лесоведение. – 2003. – № 1. – С. 66–72.
25. Густова А. И. Оценка гидрофизических характеристик древесины для обоснования лесоводственных уходов в защитном лесоразведении / А. И. Густова, Д. К. Терехина // Аграрный вестник Урала. – 2007. – № 5(41). – С. 55–59.
26. Eichhorn J. Visual assessment of crown condition and damaging agents. Part IV / Eichhorn J., Roskams P., Potočić N., Timmermann V., Ferretti M., Mues V., Szepesi A., Durrant D., Seletković I., Schröck H.W., Nevalainen S., Bussotti F., Garcia P., Wauer A. // Manual on methods and criteria for harmonized sampling, assessment, monitoring and analysis of the effects of air pollution on forests. UNECE ICP Forests Programme Coordinating Centre, Eberswalde, Germany. – 2016. – 54 p.
27. Алексеев В. А. Диагностика жизненного состояния деревьев и древостоев / В. А. Алексеев // Лесоведение. – 1989. – № 4. – С. 51–57.
28. Ferretti M. Forest Monitoring: Methods for terrestrial investigations in Europe with an overview of North America and Asia / Ferretti M., Fischer R. // Developments in Environmental Science. – 2013. – Vol. 12. – 507 p.
29. Лакин Г. Ф. Биометрия / Г. Ф. Лакин. – М.: Наука, 1990. – 352 с.
30. Бойко Г. Е. Оценка жизненного состояния насаждений сосны крымской (*Pinus nigra* subsp. *pallasiana* (Lamb.) Holmboe) в лесопарковом массиве Симферопольского водохранилища / Г. Е. Бойко, В. М. Громенко // Экосистемы. – 2016. – Вып. 8. – С. 63–68.
31. Бойко Г. Е. Оценка таксационных показателей и жизненного состояния экспериментальных лесных культур кедр ливанского и кедр атласского в урочище Кесслерский лес / Г. Е. Бойко, В. М. Громенко // Актуальные проблемы современного лесоводства. Вторые международные чтения памяти Г. Ф. Морозова. – Симферополь: ИТ «АРИАЛ», 2020. – С. 82–90.
32. Dobbartin M. Tree growth as indicator of tree vitality and of tree reaction to environmental stress: a review / Dobbartin M. // European Journal of Forest Research. – 2005. – Vol. 124. – P. 319–333. doi:10.1007/s10342-005-0085-3
33. Единый государственный реестр почвенных ресурсов России. Версия 1.0. – М.: Почвенный институт им. В.В. Докучаева, 2014. – 768 с. [Электронный ресурс]. – URL: <https://soil-db.ru> (дата обращения: 05.12.2025).
34. Левин С. В. Экологические особенности произрастания сосны Палласа (крымской) при совместном выращивании с сосной обыкновенной / С. В. Левин, М. А. Семёнов, В. И. Пащенко, И. С. Левин // Лесотехнический журнал. – 2019. – № 1. – С. 44–53. doi:10.12737/article_5c92016cse31d2.57961318
35. Исигов В. П. О причинах усыхания сосны крымской и сосны пицундской в Крыму в 2020 году / В. П. Исигов, Н. Н. Трикоз // Бюллетень Государственного Никитского ботанического сада. – 2021. – Вып. 138. – С. 50–56. doi:10.36305/0513-1634-2021-138-50-56

SPATIAL STRUCTURE AND VITALITY OF CRIMEAN PINE (*PINUS NIGRA* SUBSP. *PALLASIANA*) STANDS IN THE CRIMEAN FOOTHILLS

Kostromitin I. S.

*Institute of Biochemical Technologies, Ecology, and Pharmacy (structural division) of the
V. I. Vernadsky Crimean Federal University, Simferopol, Republic of Crimea, Russia
E-mail: kostromitinivanya@mail.ru*

This article is devoted to a comprehensive study of old-growth Crimean pine shelterbelts in the foothill zone of the Crimean Peninsula. The relevance of this study stems from the critical degradation of the shelterbelt system in Crimea, where less than 30 % of the originally established 75,000 hectares of shelterbelts remain, posing serious environmental risks to agricultural production and sustainable development.

The study focused on a 1.8-hectare Crimean pine shelterbelt established in the 1960s, 10 km northeast of Simferopol. The methodological framework included generally accepted forest inventory methods for determining the spatial structure of the stand, life status assessment using V. A. Alekseev's category scale, and calculation of the relative vitality index (RVI) and growth tension coefficient (GTC). It was established that over a 60-year period, the horizontal spatial structure of the stand has undergone a significant transformation: from the original four-row layout (≈ 3 m inter-row, ≈ 1 – 1.5 m in-row spacing, $\approx 2,200$ – $3,300$ trees per hectare [14]), the spacing between surviving trees has increased to 4.9 ± 0.2 m. Taxation indicators: the average height is 10.3 ± 0.2 m, the crown diameter is 6.9 ± 0.3 m, and the trunk diameter is 26.5 ± 0.2 cm, varying from 14.3 to 36.6 cm. According to its structural features, the shelterbelt is of the air-ventilated type, with a trunk height of 4.2 ± 0.1 m (40.8 % of the total height).

From an ecological perspective, the shelterbelt performs vital ecosystem functions: climate regulation, soil protection, water regulation, and habitat formation. The plantings effectively reduce wind speed, preventing wind-driven soil erosion, and promote snow retention and moisture accumulation, which is critical for Crimea's arid conditions. The shelterbelt serves as an ecological corridor for the biodiversity of agricultural landscapes.

The key result is the identified weakened vitality of the stand, with a growth tension index (GTI) of 70.3 ± 2.2 %. Only 32.5 % of trees are classified as healthy, 45.0 % are weakened, 15.0 % are severely weakened, and 7.5 % are dying. The most depressed condition was recorded for the third inner row (GTI = 60.5 %), while the highest vitality was observed for the first outer row (GTI = 88.0 %). The growth tension coefficient was 1.87 ± 0.10 cm/cm². For the first time in the Crimean foothills, a statistically significant inverse correlation between the OHS and COP indicators was established ($R = -0.92$, $p < 0.05$).

The identified suboptimal forest stand condition is determined by a combination of factors: moisture deficit during dry periods, intense intraspecific competition in monodominant stands, and anthropogenic pressure (unauthorized logging, recreational use). Degradation of the shelterbelt reduces its ecological effectiveness and ability to perform its environmental functions.

The practical significance lies in the scientific justification for the need for a state program for the ecological reconstruction of Crimean forest shelterbelts. It is recommended to create mixed plantings with the participation of coniferous (Crimean pine, Crimean pine) and deciduous species (English oak, honey locust, common ash), which will ensure increased biological stability, environmental efficiency and multifunctionality of protective plantings in the context of a changing climate and increasing anthropogenic impact.

Keywords: foothill Crimea, forest shelterbelts, Crimean pine, ecological conditions of growth, forest stand taxation indicators, vital status, anthropogenic load.

References

1. Dubenok N. N., Tanyukevich V. V., Salogub R. V., Kulik A. K. Sostoyanie i vetroreguliruyushchaya effektivnost' polezashchitnykh lesonasazhdenij s uchastiem khvojnykh porod v usloviyakh stepnogo Kryma, *Izvestiya Nizhnevolzhskogo agrouniversitetskogo kompleksa: nauka i vysshee professional'noe obrazovanie*, **4** (48), 16 (2017).
2. Wang F., Letort V., Lu Q., Bai X., Guo Y., de Reffye P., Li B. A functional-structural Mongolian Crimean pine (*Pinus nigra subsp. pallasiana* var. *mongolica*) model integrating architecture, biomass and effects of precipitation, *PLoS ONE*, **7**(8), e43531 (2012). doi:10.1371/journal.pone.0043531
3. Zheng X., Zhu J. J., Xing Z. Assessment of the effects of shelterbelts on crop yields at the regional scale in Northeast China, *Agricultural Systems*, **143**, 49 (2016). doi:10.1016/j.agsy.2015.12.008
4. Nikitin P. D. *Vyrashchivanie polezashchitnykh lesnykh polos*, 101 p. (Kolos, Moscow, 1972).
5. *Izbrannye trudy nauchnoj shkoly eroziovedeniya A. S. Kozmenko – G. P. Surmacha v chetyrekh tomakh*, Vol. 2, 608 p. (FNC agroekologii RAN, Volgograd, 2023).
6. Ma Q. Appraisal of tree planting options to control desertification: Experiences from the Three-North Shelterbelt Programme, *International Forestry Review*, **6**, 327 (2004).
7. Bagrova L. A., Garkusha L. Ya. Iskusstvennye lesozashchitnye nasazhdeniya v Krymu, *Ekosistemy, ikh optimizatsiya i okhrana*, **20**, 134 (TNU, Simferopol, 2009).
8. Jose S. Agroforestry for conserving and enhancing biodiversity, *Agroforestry Systems*, **85**, 1 (2012). doi:10.1007/s10457-012-9517-5
9. Agaponov N. N., Koval'skij A. I. *Putevoditel' po ob'ektam lesnoj lesomelioracii gornogo Kryma*, 142 p. (Simferopol, 2004).
10. Mishnev V. G., Tsyplakov N. I. O znachenii i sostoyanii polezashchitnogo lesorazvedeniya v Krymu, *Ekosistemy Kryma, ikh optimizatsiya i okhrana*, **11**, 12 (TNU, Simferopol, 2001).
11. Agaponov M. N., Shvets' Yu. P., Neoneta O. O., Astapov O. Yu. Zakhysni nasadzhennya Krymu: Suchasnyj stan i perspektyvy rozvytku, *Naukovyj visnyk Nacional'nogo universytetu bioresursiv i pryrodokorystuvannya Ukrainy*, **152**, Part 2, 285 (Kyiv, 2010).
12. Gromenko V. M., Ivashov A. V., Kobechinskaya V. G., Alekseeva A. I. Prostranstvennaya struktura i zhiznennoe sostoyanie nasazhdenij gleditchii trekhkolyuchkovoj (*Gleditsia triacanthos* L.) v predgornom Krymu, *Uchenye zapiski Krymskogo federal'nogo universiteta imeni V. I. Vernadskogo. Biologiya. Khimiya*, **9** (75), 1, 53 (2023).
13. World Flora Online. *Pinus nigra subsp. pallasiana* (Lamb.) Holmboe [Electronic resource]. – URL: <https://wfoplantlist.org/taxon/wfo-0000736744-2025-12> (accessed: 26.01.2026).
14. Manaenkov A. S., Kulik A. K. Vodno-mineral'nye osobennosti substrata i zasukhoustojchivost' drevostoya sosny, *Lesokhozyajstvennaya informatsiya*, **2**(4), 46 (2017).
15. Zhukova L. A. (ed.) *Ontogeneticheskij atlas rastenij: nauchnoe izdanie*, Vol. VII, 364 p. (Mar. gos. un-t, Joshkar-Ola, 2013).
16. Kapper O. G. *Khvojnye porody*, 303 p. (Goslesbumizdat, Moscow, 1954).
17. Song L., Zhu J., Li M., Zhang J., Lv L. Sources of water used by *Pinus nigra subsp. pallasiana* var. *mongolica* trees based on stable isotope measurements in a semiarid sandy region of Northeast China, *Agricultural Water Management*, **164**, 281 (2016). doi:10.1016/j.agwat.2015.10.018
18. Dang H., Zhang X., Han H., Chen S., Li M. Water use by Chinese pine is less conservative but more closely regulated than in Mongolian Crimean pine in a plantation forest, on sandy soil, in a semi-arid climate, *Frontiers in Plant Science*, **12**, 635022 (2021). doi:10.3389/fpls.2021.635022
19. Plugatar Yu. V. Lesa Kryma: ekologo-biologicheskie osobennosti' A. A. Izuchenie rosta sosny obyknovnoy (*Pinus nigra subsp. pallasiana* L.) v chistyykh i smeshannykh fitocenozach na supeschanoy pochve v usloviyakh sukhoy stepi, *Vestnik Krasnoyarskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta*, **6**, 175 (2013).
20. Slavinskaya A. V., Ivashov A. V., Kobechinskaya V. G., Gromenko V. M., Yakubovskaya A. I., Kameneva I. A., Gritchin M. V. Fermentativnaya aktivnost' pochv s uchetom sezonnoj dinamiki v predgornoj zone Kryma, *Uchenye zapiski Krymskogo federal'nogo universiteta imeni V. I. Vernadskogo. Biologiya. Khimiya*, **7** (73), 1, 169 (2021).

21. Slavinskaya A. V., Kobechinskaya V. G., Ivashov A. V., Gritchin M. V. Sezonnaya dinamika vydeleniya uglekislogo gaza («dykhanie pochv») v predgornoy zone Kryma, *Uchenye zapiski Krymskogo federal'nogo universiteta imeni V. I. Vernadskogo. Biologiya. Khimiya*, **8 (74)**, 1, 177 (2022).
22. Anuchin N. P. *Lesnaya taksatsiya*, 512 p. (Lesnaya prom-st', Moscow, 1982).
23. Melekhov I. S. *Lesovedenie*, 406 p. (Lesnaya prom-st', Moscow, 1980).
24. Rozhkov A. A. Ocenka ustojchivosti i sostoyaniya lesov, *Lesovedenie*, **1**, 66 (2003).
25. Gustova A. I., Terekhina D. K. Ocenka gidrofizicheskikh kharakteristik drevesiny dlya obosnovaniya lesovodstvennykh ukhodov v zashchitnom lesorazvedenii, *Agrarnyy vestnik Urala*, **5(41)**, 55 (2007).
26. Eichhorn J., Roskams P., Potočić N., Timmermann V., Ferretti M., Mues V., Szepesi A., Durrant D., Seletković I., Schröck H. W., Nevalainen S., Bussotti F., Garcia P., Wauer A. Visual assessment of crown condition and damaging agents. Part IV, *Manual on methods and criteria for harmonized sampling, assessment, monitoring and analysis of the effects of air pollution on forests*, 54 p. (UNECE ICP Forests Programme Coordinating Centre, Eberswalde, Germany, 2016).
27. Alekseev V. A. Diagnostika zhiznennogo sostoyaniya derev'ev i drevostoev, *Lesovedenie*, **4**, 51 (1989).
28. Ferretti M., Fischer R. Forest Monitoring: Methods for terrestrial investigations in Europe with an overview of North America and Asia, *Developments in Environmental Science*, **12**, 507 p. (2013).
29. Lakin G. F. *Biometriya*, 352 p. (Nauka, Moscow, 1990).
30. Bojko G. E., Gromenko V. M. Ocenka zhiznennogo sostoyaniya nasazhdenij sosny krymskoj (*Pinus nigra subsp. pallasiana* D. Don) v lesoparkovom massive Simferopol'skogo vodokhranilishcha, *Ekosistemy*, **8**, 63 (2016).
31. Bojko G. E., Gromenko V. M. Ocenka taksacionnykh pokazatelej i zhiznennogo sostoyaniya eksperimental'nykh lesnykh kul'tur kedra livanskogo i kedra atlaskogo v urochishche Kesslersky les, *Aktual'nye problemy sovremennogo lesovodstva. Vtorye mezhdunarodnye chteniya pamyati G. F. Morozova*, 82 (ARIAL, Simferopol, 2020).
32. Dobbartin M. Tree growth as indicator of tree vitality and of tree reaction to environmental stress: a review, *European Journal of Forest Research*, **124**, 319 (2005). doi:10.1007/s10342-005-0085-3
33. *Unified State Register of Soil Resources of Russia*. Version 1.0., 768 p. (V. V. Dokuchaev Soil Science Institute, Moscow, 2014). URL: <https://soil-db.ru>
34. Levin S. V., Semenov M. A., Pashchenko V. I., Levin I. S. Environmental features of Crimean pine growth with joint growth with Scots pine, *Lecotekhnicheskij zhurnal [Forestry Engineering Journal]*, **1**, 44 (2019). doi:10.12737/article_5c92016cce31d2.57961318
35. Isikov V. P., Trikoz N. N. The reasons for drying out *Pinus pallasiana* and *Pinus brutia* var. *pityusa* in the Crimea in 2020, *Byulleten' Gosudarstvennogo Nikitskogo botanicheskogo sada [Bull. of the State Nikita Bot. Gard.]*, **138**, 50 (2021). doi:10.36305/0513-1634-2021-138-50-56