

УДК 630*232:582,475:581,43

ПОДХОДЫ ПРИ РАЗРАБОТКЕ СХЕМЫ СМЕШЕНИЯ В КУЛЬТУРАХ С УЧАСТИЕМ СОСНЫ КРЫМСКОЙ В ЛЕСОСТЕПНОМ РАЙОНЕ ЕВРОПЕЙСКОЙ ЧАСТИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ (ВОРОНЕЖСКАЯ ОБЛАСТЬ)

С. В. Левин

Всероссийский научно-исследовательский институт лесной генетики, селекции и биотехнологии,
Воронеж, Россия

По своим экологическим особенностям сосна крымская (*Pinus nigra* subsp. *pallasiana* (Lamb.) Holmboe (1914)) отличается от сосны обыкновенной (*Pinus sylvestris* L.). Эти различия проявляются и в условиях интродукции на территории лесостепного района европейской части Российской Федерации. В настоящий момент еще недостаточно изучены закономерности роста и развития сосны крымской при ее совместном произрастании с сосной обыкновенной в культурах. Основной целью настоящей статьи было исследование взаимоотношений между сосной крымской и обыкновенной на территории лесостепного района европейской части Российской Федерации (Воронежская область) с предложениями по созданию смешанных культур с участием данных пород. На основании полученных и проанализированных результатов сделаны следующие выводы: 1) значение фактора освещенности в связи с широтой местности подразумевает при создании культур высокую сомкнутость древесного полога, раннее смыкание крон и формирование сложных древостоев. В условиях лесостепной зоны на лесных площадях должна предусматриваться схема смешения сосны обыкновенной с сосной крымской при начальной густоте 6,7 тыс. шт./га (2×0,75 м) с чередованием от стены леса ряда сосны обыкновенной с двумя рядами сосны крымской с направлением рядов с запада на восток; 2) в условиях лесостепной зоны на нелесных площадях следует считать целесообразным применение в вышеупомянутой схеме смешения звеньевой тип при чередовании пород в ряду с сохранением первоначальной густоты культур; 3) южнее лесостепной зоны с целью повышения биологической устойчивости хвойных насаждений допускается в приведенной схеме смешения сдвигание двух рядов сосны крымской до 1,5 м между собой в междурядьях на расстоянии 3 м от ряда сосны обыкновенной.

Ключевые слова: сосна Палласа, или крымская (*Pinus nigra* subsp. *pallasiana* (Lamb.) Holmboe (1914)); интродукция; адаптация; таксационные показатели; густота; корневая губка (*Heterobasidion annosum* (Fr.) Bref., 1889).

S. V. Levin. APPROACHES TO DEVELOPING THE MIXTURE PATTERNS FOR MANAGED FORESTS WITH CRIMEAN PINE IN THE FOREST-STEPPE ZONE OF EUROPEAN RUSSIA (VORONEZH OBLAST)

Crimean pine (*Pinus nigra* subsp. *pallasiana* (Lamb.) Holmboe (1914)) is different from Scots pine (*Pinus sylvestris* L.) in its ecological characteristics, which becomes evident under the conditions of the forest-steppe zone of European Russia, where it is being in-

roduced. So far, the patterns of growth and development of Crimean pine stands mixed with Scots pine have not yet been thoroughly studied. The main goal of this research is to study the interrelations between Crimean pine and Scots pine in the forest-steppe zone of European Russia (in Voronezh Oblast), to develop a methodology and prepare proposals for the creation of such forest plantations. The results have brought us to the following conclusions: 1) the illumination factor linked to the geographic latitude implies that stands should be created with view to high canopy density, early canopy closure, and formation of a multi-storeyed forest. In the forest-steppe zone, Scots pine should be mixed with Crimean pine at an initial density of 6.7 thousand seedlings per hectare (2×0.75 m) and 2 rows of Crimean pine should be alternating with one row of Scots pine (planting direction – west to east); 2) in non-forest areas in the forest-steppe zone it is also advisable to use an arrangement where species alternate within rows in groups of several trees, while retaining the initial density; 3) in areas south of the forest-steppe zone, in order to increase the biological stability of coniferous forests, 2 rows of Crimean pine can be placed closer, up to 1.5 m, while retaining the distance of 3 m from the Scots pine row.

Keywords: Crimean pine (*Pinus nigra* subsp. *pallasiana* (Lamb.) Holmboe (1914)); introduction; adaptation; biometric characteristics of the forest stand; forest stand density; heterobasidion root disease (*Heterobasidion annosum* (Fr.) Bref., 1889).

Введение

От правильного выбора типов лесных культур, соответствующих местным природным особенностям, в значительной степени зависит успешное выращивание наиболее производительных и хозяйственно ценных насаждений. С окружающим пространством у растения связаны все стороны его жизнедеятельности (рост, онтогенетическое и сезонное развитие, питание, размножение, реализация определенной стратегии выживания, адаптация к различным факторам внешней среды, взаимоотношения с другими организмами). Основной теоретической предпосылкой при разработке типов культур является положение о единстве растительных организмов и среды. На практике соблюдение принципа единства растительных организмов и среды при составлении схем культур нашло отражение в следующих моментах:

- в значительной дифференциации типов лесных культур по природным зонам и районам с дальнейшим подразделением типов по условиям местопроизрастания и категориям угодий;

- в выборе для отдельных условий главных и сопутствующих пород, а также кустарников с учетом их биологических и экологических требований;

- в сочетании в культурах пород с учетом характера межвидовых отношений в данных природных условиях в различных возрастных стадиях;

- в выборе способа культур, наиболее отвечающего природным особенностям;

- в установлении различной первоначальной густоты культур и особенностей агротехники их создания в разных лесорастительных условиях и зонах.

Размещение по площади деревьев и соответствующая густота кроны влияют на некоторые особенности древесной растительности: теневыносливость, быстроту роста, продуктивность. Ввиду важной роли фотосинтеза в метаболизме и всей жизнедеятельности растений световой режим может служить основой для создания оптимальной структуры и густоты размещения культур. Освещенность в подкroновом пространстве считается самым переменным из показателей микроклимата насаждений [Третьяков и др., 1952; Thorpe et al., 2010; Плугатарь и др., 2015].

При решении вопросов о густоте посадки культур большое значение имеет характер размещения посадочных мест по площади. Еще одним из первых лесоводов России – А. Т. Болотовым [1952] подчеркивалась огромная роль группового размещения деревьев. Также другие ученые (Г. Ф. Морозов, В. Д. Огиевский, М. Т. Камкамидзе, А. С. Синников, А. М. Шипулин и др.) отмечали повышенную устойчивость групповых, особенно густых, культур [Морозов, 1930; Рубцов, 1969]. Поэтому изучение густых посадок вызывает большой интерес. Проведенные на территории Центрально-Черноземной области (ЦЧО) исследования под руководством В. И. Рубцова в отношении чистых культур сосны обыкновенной с различной степенью их густоты представляют значительные по объему и разнообразию сведения с теоретической и практической точек зрения [Рубцов, 1969]. Результаты этих исследований дают обширный материал авторам в виде следующих полученных данных:

- 1) степень дифференциации деревьев не обнаруживает значительной зависимости от густоты культур. Резкая дифференциация деревьев уже в молодом возрасте наблюдается

при неравномерном размещении их по площади или при их разновозрастности;

2) в возрасте от 15 до 80 лет увеличение на 25% числа стволов на 1 га приводит к следующим изменениям таксационных характеристик:

- средняя высота всего насаждения и 1000 лучших деревьев в нем снижается на 8–10%;
- средний диаметр всего насаждения уменьшается на величину 6%, а средний диаметр 1000 лучших деревьев – на 3–4%;
- сумма площадей сечений стволов на 1 га возрастает на 10–12%;
- запас стволовой древесины на 1 га увеличивается на 3–4%;
- общая производительность и текущий прирост насаждения повышаются на 5%;
- кульминация среднего прироста наступает раньше на 7–8 лет, а текущего – на 6 лет;
- возраст количественной спелости, определяемый по равенству среднего и текущего приростов, снижается на 4–7 лет.

Помимо этих исследований по соотношению видов, которые предусматривают культивирование отдельных главных пород как в чистом виде, так и при их смешении, имеются заключения по различным типам культур [Васильев, 1963; Гордеев, 1964; Виноградов, 1968; Миронов, 1977; Harper et al., 2005; Thorpe et al., 2010; Jucker et al., 2015; Шанин и др., 2016; Pretzsch, Schütze, 2016; Bravo-Oviedo, Pretzsch, 2018; Condés et al., 2018; Pretzsch, 2019]. Предпочтение по лучшему использованию почвенной среды и соответствующему приобретению почвозащитных свойств следует отдавать смешанным насаждениям. Также в литературе есть много данных, подтверждающих большую биологическую устойчивость смешанных культур в сравнении с чистыми и их повышенную стойкость против вредных насекомых, грибов и пожаров [Нестеров, 1950; Третьяков и др., 1952; Johnson et al., 1996].

Кроме этого, в соответствующих культурах хвойных пород при определенных условиях следует изначально учитывать влияние на их сохранность корневой губки. На примере влияния корневой губки на чистые сосновые насаждения И. Я. Шемякиным [1960, цит. по: Рубцов, 1969] подсчитано, что потери древесины от нее в 30–50-летних культурах могут достигать величины текущего прироста и даже превышать его. Распространение корневой губки почти полностью связано с чистыми сосновыми культурами, и в особенности с культурами на бедных пахотных супесчаных и песчаных почвах. Случаи усыхания сосны в культурах от корневой губки зафиксированы в борах ЦЧО

еще в 1884–1896 гг. [Нестеров, 1950; Рубцов, 1969]. Так как радикальных истребительных мер по борьбе с корневой губкой в настоящее время нет, необходимо разрабатывать меры, предупреждающие распространение этого заболевания с момента закладки культур.

Все вышеизложенное касается и разработки схем смешения, где совместно произрастают устойчивая к заболеванию сосна крымская (*Pinus pallasiana* Lamb.) с сосной обыкновенной (*P. sylvestris* L.) [Левин, 2014].

Сосна крымская является одной из распространенных хвойных пород в южных горных и равнинных областях, где она естественно произрастает на южных склонах Крымского нагорья и на Северном Кавказе. Ввиду горного происхождения сосна крымская является довольно холодостойкой породой. Она отличается от сосны обыкновенной по своим экологическим особенностям, которые проявляются и в условиях интродукции на территории лесостепного района европейской части Российской Федерации [Левин, Фучило, 2012; Левин, Пашенко, 2018; Левин и др., 2019].

Созданию культур с участием сосны крымской на песках в условиях интродукции на юге степей Русской равнины при детальном анализе их роста уделено внимание в работах [Васильев, 1963; Гордеев, 1964; Виноградов, 1968]. В настоящий момент анализ закономерностей роста и развития интродуцированного вида сосна крымская (*P. pallasiana*) при создании лесных культур в условиях степей европейской части Российской Федерации показал, что на черноземных почвах юго-западной части Ростовской области [Матвиенко и др., 2017] насаждения с ее участием отличаются хорошим ростом и продуктивностью. При этом существенным фактором, влияющим на величину среднего прироста, является густота и условия местопроизрастания. На склоновых землях в первые 20 лет сосна обыкновенная обгоняет в росте сосну крымскую, при незначительной разнице имея лучшие показатели роста в нижней части склона по сравнению с верхней. Так, у сосны обыкновенной эта разница по средней высоте устанавливается с 9,2 до 10,6 м (15,2%), по среднему диаметру – с 13,5 до 14,7 см (8,9%). У сосны крымской это составит с 8,3 до 9,9 м (19,3%) по средней высоте и с 12,6 до 13,7 см (8,7%) по среднему диаметру.

Также Т. А. Турчина [2019] отмечает зависимость развития пород от механического состава почв, указывая, что сосна обыкновенная даже на низковлагодоемких песках имеет удовлетворительные показатели, а сосна крымская таких же значений на песках достигает при наличии гумусового горизонта и увеличении доли физической

глины в гранулометрическом составе. При этом на территории лесостепи Воронежской области к настоящему моменту недостаточно изучены закономерности роста и развития сосны крымской при ее совместном произрастании с сосной обыкновенной [Левин, 2018].

Основной целью исследований настоящая работа ставит изучение взаимоотношений между сосной крымской и обыкновенной на территории лесостепного района европейской части Российской Федерации (Воронежская область). Наиболее важной задачей исследований является анализ биологических особенностей видов при их совместном произрастании в различном возрасте и условиях местопроизрастания.

Объекты и методы исследований

В соответствии с целью и задачами работы по причине ограниченности выбора сравниваемых объектов исследования были выполнены в имеющихся насаждениях, где пробные площади меньших размеров отличаются от площадей по обычно принятой в таксации методике.

Автор при этом руководствовался заключением, данным Институтом леса АН УССР, где специальные исследования показали [Труды..., 1950], что малые пробные площади, заложенные в одном насаждении и отличающиеся между собой по одному какому-либо исследуемому признаку (состав, полнота, различный уход, воздействие неблагоприятных факторов), дают материал достаточной достоверности, чтобы судить о взаимодействии древесных пород.

Исследуемые культуры сосны крымской с сосной обыкновенной находятся на территории Семилукского коллекционно-маточного дендрария (КМД). Их размещение на площади $2 \times 0,45$ м по звеньевому типу смешения пород при исходной густоте 11,1 тыс. шт. на 1 га и составе 5Соб5Скр (рис. 1, а). Созданы они ручной посадкой под меч Колесова по бороздам на среднемощном выщелоченном черноземе (D_2). В регулярно повторяющиеся периоды засушливой погоды условия увлажнения понижаются до индекса D_1 . Их возраст на момент исследований составил 28 лет, состав 5Соб5Скр. Рубки ухода после создания культур на площади не проводились.



а



б

Рис. 1. Размещение на площади деревьев 28 лет в культурах Семилукского КМД (а) и деревьев 76 лет в культурах Новоусманского лесничества (б)

Fig. 1. Placement of trees (28 years) in the cultures of the Semiluksky KMD (a) and trees (76 years) in the cultures of the Novousmansky forestry (b)

Другой объект, возрастом 76 лет (7Скр3Соб.), был выбран на территории Новоусманского участкового лесничества (кв. 63) с целью сравнительного анализа состояния пород при их совместном произрастании, но различного возраста, с выполнением условия незначительного удаления объектов друг от друга и при одинаковом исходном составе и величине междурядий на объектах (рис. 1, б). Культуры созданы ручной посадкой под меч Колосова по бороздам на светло-серой слабоподзоленной песчаной почве (B_2) с размещением посадочных мест $2 \times 0,7-1$ м попородно через ряд (рис. 1, б) при исходной густоте 6,7 тыс. шт. на 1 га. На территории выдела с учетом влияния корневой губки были разбиты три пробные площади (0,045; 0,055 и 0,075 га), на которых совместно произрастают сосны крымская и обыкновенная в различных пропорциях по числу стволов.

На пробных площадях проводилась таксация стволов методом замеров: диаметров на высоте 1,3 м мерной вилкой со ступенью толщины 1 см и высоты, а также осуществлялось картирование с нанесением на планшет из миллиметровой бумаги точек мест стояния деревьев пород с проекциями крон и их номеров с целью установления по породам расстояний между деревьями в ряду (Лкр., Лоб.) и от таксируемого дерева до 3-го соседнего (Лкр., Лоб.). Использование показателя от таксируемого дерева до 3-го соседнего напрямую связано с площадью роста дерева [Нагимов, 1999]. На пробных площадях в соответствии с Правилами лесовосстановления (п. 55) [Приказ..., 2019] таксации подвергались не менее 4 рядов главной лесной древесной породы.

Результаты и обсуждение

На основании полученных результатов на пробной площади объекта Семилукского КМД по распределению деревьев сосны обыкновенной по ступеням толщины следует обратить внимание на то, что здесь полностью отсутствуют деревья с наибольшими диаметрами, всегда встречающиеся в естественных условиях. Основное количество деревьев представлено стволами с диаметром на высоте груди от 10 до 15 см, близким к показателю средней величины по сосне обыкновенной – 11,47 см (рис. 2), что подчеркивает отсутствие процесса дифференциации деревьев в насаждении и его категорию санитарного состояния (I,25) при значительном числе стволов на 1 га площади – 4640 шт.

Подтверждением этому могут служить другие таксационные показатели, приведенные в сравнительной характеристике с данными таблиц хода роста культур сосны обыкновенной из источника (табл. 1). Лишь особенностями происхождения сосновых культур можно объяснить формирование условий, которые в определенной степени затрудняют дифференциацию деревьев. Наблюдаемым различиям в ходе роста культур (табл. 1) можно дать следующие объяснения. В условиях A_2 питающие корни, уходящие в глубину почвы, сталкиваются с почти лишенным плодородия песком. Поэтому по мере роста запас питательных веществ и влаги на площади делается все менее достаточным. В условиях C_2 и D_2 запас питательных веществ практически неограниченный, поэтому ослабления роста культур в них с возрастом не наблюдается.

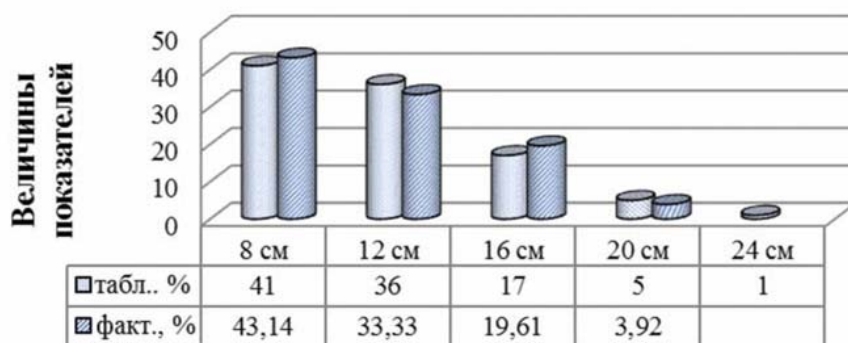


Рис. 2. Сравнительная характеристика рядов распределения числа стволов по ступеням толщины в естественных древостоях сосны обыкновенной и исследуемых культурах при среднем табличном диаметре 12 см (табличные данные из: [Третьяков и др., 1952])

Fig. 2. Comparative characteristics of the distribution series of the trunks number by thickness steps in natural stands of Scots pine and the studied cultures with an average tabular diameter of 12 cm (the tabular data after: [Tretyakov et al., 1952])

Таблица 1. Сравнительные показатели пробной площади с данными из таблиц хода роста культур сосны обыкновенной в возрасте 28 лет (по источникам)

Table 1. Comparative indices of the sample area with the data from the tables of the growth course of common pine crops at the age of 28 (by sources)

Показатели Indices	Данные пробной площади (D ₂) Trial area data (D ₂)	Данные из таблиц хода роста культур сосны в возрасте 28 лет (I бонитет) Data from the tables of the growth course of pine crops at the age of 28 (I bonitet)			
		по Успенскому (ЦЧР) Uspensky (CR)	по нормативам так- сации лесов Украины (B ₁₋₃) standards of forest taxation in Ukraine (B ₁₋₃)	по Рубцову (C ₂) Rubtsov (C ₂)	по Рубцову (A ₂) густые Rubtsov (A ₂) thick
Средняя высота, м Average height, m	11,92	11,94	12,02	12,9	10,2
Средний диаметр, см Average diameter, cm	9,94	12,0	11,5	12,9	9,86
Число стволов на 1 га, шт. Number of trunks per hectare, pcs	4640	2673	3225	2660	4290
Запас на 1 га, м ³ Reserve per hectare, m ³	198	192	224	225	175
Сумма площадей сечений на 1 га, м ² The sum of the cross-section areas per hectare, m ²	35,7	30,6	32,9	31,9	32,7
Видовое число, 0,001 Species number, 0.001	826	541	559	586	555

Примечание. Здесь и в табл. 3: ссылки на источники – в тексте.

Note. Here and in Tab. 3: references to sources are in the text.

Сравнительные показатели пробной площади с данными из таблиц хода роста культур сосны обыкновенной в возрасте 28 лет по источникам (табл. 1) также подтверждают возможность применения выбранной схемы и способа. На пробной площади высокая величина суммы площадей сечений на 1 га (35,7 м²) обусловлена значительным количеством сохранившихся стволов сосны обыкновенной и крымской и изначальным расстоянием в ряду (0,45 м). Реакция деревьев на конкуренцию, которая проявилась в ингибировании роста ветвей, оказавшихся в условиях низкой освещенности, привела к их отмиранию и к одновременной интенсификации роста ветвей в условиях хорошей освещенности. Отсюда и более высокое видовое число стволов в культурах (табл. 1) при заниженном показателе по диаметру (9,94 см) в сравнении со средними табличными данными при близких к объекту условиях произрастания: по Успенскому (Центрально-Черноземный регион) [Лозовой, 1977]; по нормативам таксации лесов Украины (B₁₋₃) [Швиденко и др., 1987]; по Рубцову (C₂) [1969] (табл. 1).

В межвидовых отношениях как положительное, так и отрицательное влияние будет сильнее всего выражено у пород, резко отличаю-

щихся по своим биологическим особенностям. Одним из важнейших результатов влияния является прирост в высоту, обуславливающий разницу в высоте смешиваемых пород. На момент исследования в насаждении превышение средних таксационных показателей у сосны обыкновенной над сосной крымской составило: по высоте – 3,7 м (36,4 %), по диаметру – 2,4 см (26,3 %) (табл. 2).

Однако на основании полученных результатов при исследовании аналогичных культур [Левин, 2018], но в возрасте 76 лет, на территории Новоусманского лесничества (табл. 3) утверждение о том, что «наиболее неблагоприятное влияние на рост какой-либо древесной породы может оказать в первую очередь порода, наиболее сильно отличающаяся от нее по своим биологическим свойствам, если эти особенности и свойства обеспечивают ей в данных условиях существования значительное превосходство в скорости роста» [Рубцов, 1969] не проявило себя, подчеркивая взаимовыгодные отношения пород, особенно при влиянии на них корневой губки. На момент исследования в указанном насаждении превышения средних таксационных показателей сосны обыкновенной над аналогичными показателя-

Таблица 2. Сравнительная характеристика по пробным площадям различного возраста

Table 2. Comparative characteristics of the sample areas of different ages

Средние показатели Average indices	Сосна крымская (28 лет) Crimean pine (28 y. o.)	Сосна обыкновенная (28 лет) Scots pine (28 y. o.)	Сосна крымская (76 лет) Crimean pine (76 y. o.)	Сосна обыкновенная (76 лет) Scots pine (76 y. o.)
Диаметр ($D_{1,3}$), см Diameter ($D_{1,3}$), cm	9,08 ± 2,1	11,47 ± 3,8	30,1 ± 6,77	25,8 ± 6,04
Высота (H), м Height (H), m	10,25 ± 1,21	13,98 ± 1,95	20,8 ± 1,97	20,6 ± 2,44
Расстояние до 3-го соседа (L), м Distance to the 3 rd neighbor (L), m	1,6 ± 0,47	1,75 ± 0,33	3,84 ± 0,99	3,85 ± 0,86
Запас на 1 га (M), м ³ Stock per hectare (M), m ³	91,54	106,74	314,05	135,04
Число стволов на 1 га (N), шт. Number of trunks per hectare (N), pcs	2834	1806	452	229
Состав насаждения Planting composition	5Сo65Скр		7Скр3Сoб	

Таблица 3. Сравнительные показатели пробной площади с данными из таблиц хода роста культур сосны обыкновенной в возрасте 76 лет (по источникам)

Table 3. Comparative indices of the trial area with the data from the tables of the growth rate of Scots pine crops at the age of 76 (by sources)

Показатели Indices	Данные пробной площади (D_2) Trial area data (D_2)	Данные из таблиц хода роста культур сосны в возрасте 76 лет по источникам (II бонитет) Data from the tables of the growth course of pine crops at the age of 76 by sources (II bonitet)		
		по нормативам таксации лесов Украины (B1–3) standards of forest taxation in Ukraine (B ₁₋₃)	по справочнику таксатора taxator's reference book	по Рубцову (C_2) Rubtsov (C_2)
Средняя высота, м Average height, m	20,8	22,7	22,7	24,5
Средний диаметр, см Average diameter, cm	28,2	24,1	24,1	27,3
Число стволов на 1 га, шт. Number of trunks per hectare (N), pcs	681	759	779	720
Запас на 1 га, м ³ Stock per hectare (M), m ³	449	409	409	508

ми сосны крымской не наблюдалось, и даже напротив, средний диаметр сосны крымской превысил таковой у сосны обыкновенной на 4,3 см, или 16,7 % (табл. 2).

При сравнении полученных результатов на пробных площадях 76-летних культур с данными хода роста из различных источников [Третьяков и др., 1952; Рубцов, 1969; Швиденко и др., 1987] следует отметить занижение по средним величинам высоты и числа стволов на пробной площади (табл. 3).

При этом по запасу стволовой древесины насаждение превосходит показатели из таблиц хода роста, кроме культур с междурядья-

ми у сосны обыкновенной 1,5 м [Рубцов, 1969], за счет объемов и количества стволов сохранившейся сосны крымской. Ранее в результате анализа [Левін, Фучило, 2012; Левин, Пашенко, 2018; Левин и др., 2019] доказывалось, что условиями соответствующих результатов следует считать: удачные соотношение и размещение пород, их различную реакцию на влияние корневой губки, дополняющие друг друга взаимовлияния.

Также следует отметить, что в исследуемых культурах деревья с самого начала развития имеют менее сбежистые, более полнодревесные стволы (рис. 1а и 3).

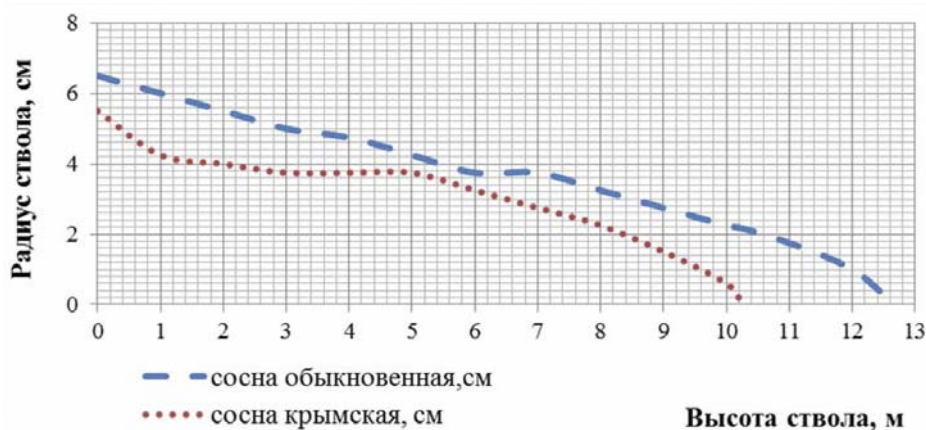


Рис. 3. Динамика радиального прироста стволов модельных деревьев Семилукского КМД (28 лет) в зависимости от высоты

Fig. 3. Dynamics of radial growth of model trees trunks from the Semiluksky KMD (28 years old) depending on the height



Рис. 4. Динамика радиального прироста стволов модельных деревьев из Новоусманского лесничества (76 лет) в зависимости от высоты

Fig. 4. Dynamics of radial growth of model trees trunks from the Novousmanskoye forestry (76 years old) depending on the height

Это связано с более равномерным боковым отенением деревьев при размещении рядов с запада на восток. В культурах сосны почти полностью отсутствуют дровяные деревья, меньше сбег и суковатость деревьев, поэтому выход деловых сортиментов и их качество следует ожидать гораздо выше, чем в естественных насаждениях. Более равномерные стволы обеспечивают, кроме того, большую однородность получаемых сортиментов. На рисунках 3 и 4 можно наблюдать, что у модельных деревьев сосны крымской на участке от корневой шейки до высоты ствола в 1 м есть заметные утолщения в отличие от сосны обыкновенной. Это связано с отличительными особенностями роста пород и строением корневой системы. Как виду, произрастающему в естественном

ареале в горной местности, сосне крымской свойственен, наряду с образованием стержневого корня, рост сильных боковых корней в глубину почвы, особенно в начальный период развития. Также с этим можно связать и ее отставание в высоте от сосны обыкновенной на протяжении развития до 70 лет [Левин, Пащенко, 2018; Левин и др., 2019].

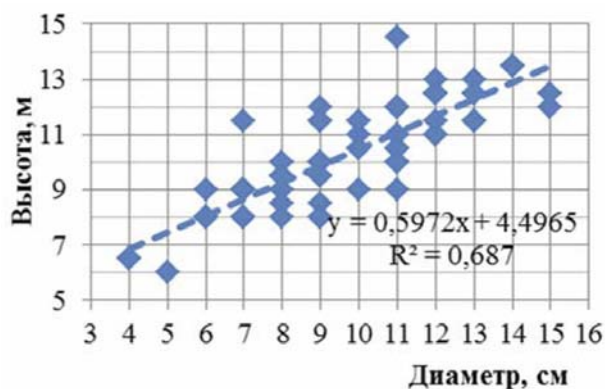
Элементы конкуренции и взаимопомощи у исследуемых пород находятся в сложном взаимодействии, характер которого на разных стадиях их развития резко меняется, но на протяжении всего совместного развития их отношения следует считать взаимно благоприятными, за исключением произрастания сосны крымской на чистых песках. Особенно это проявляется в густых культурах, характеризующихся замед-

ленным развитием на ранней стадии онтогенеза, что проявляется в первом этапе торможения их роста. Первый этап торможения даже в чистых по составу молодняках следует считать положительным биоценотическим явлением. Он задерживает прохождение последующих фаз развития древостоя, что служит основой повышенной долговечности перегущенных насаждений.

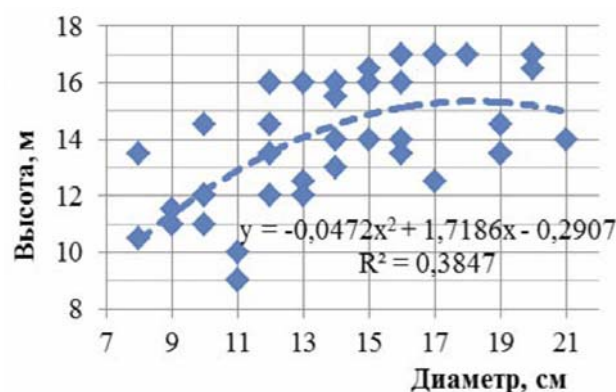
В исследуемом загущенном смешанном насаждении при полноте 1,2 процессы хода роста проявляются в соотношениях высоты и диамет-

ра деревьев сосны крымской и сосны обыкновенной (рис. 5).

На графиках видно, что соотношение показателей высоты и диаметра у сосны крымской можно выразить уравнением линейной зависимости с высокой степенью достоверности аппроксимации ($R^2 = 0,687$) по сравнению с сосной обыкновенной. Это подтверждают и коэффициенты корреляции: сосны крымской – 0,63 и сосны обыкновенной – 0,47 (табл. 4).



а



б

Рис. 5. Графики соотношения высоты и диаметра деревьев сосны крымской (а) и сосны обыкновенной (б)

Fig. 5. Height-to-diameter ratio graphs for Crimean pine (а) and Scots pine (б)

Таблица 4. Показатели корреляционной зависимости сосны крымской и сосны обыкновенной

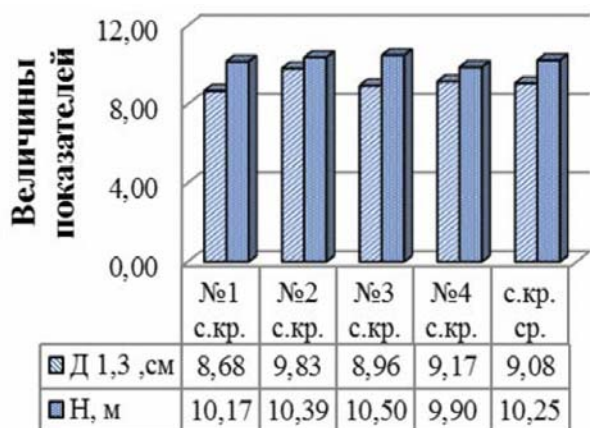
Table 4. Indices of the correlation dependence of Crimean and Scotch pines

Показатели Indices	Сосна крымская Crimean pine		Сосна обыкновенная Scots pine	
	Высота, м Height, m	Диаметр, см Diameter, cm	Высота, м Height, m	Диаметр, см Diameter, cm
Диаметр на высоте груди, см Diameter at the chest height, cm	0,63	–	0,47	–
Расстояние в ряду (l), м Distance in a row (l), m	0,005	0,29	0,04	0,28
Расстояние до 3-го соседа (L), м Distance to the 3 rd neighbor (L), m	0,09	0,34	0,18	0,03

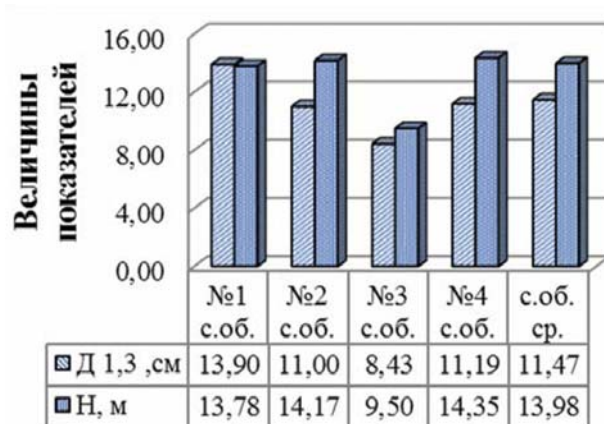
В крайних рядах произрастают как сосна обыкновенная, так и сосна крымская в соответствии со звеньевым типом смешения. В крайних рядах зачастую деревья имеют стволы с большим диаметром [Harper et al., 2005]. Поэтому имеющиеся здесь деревья сосны обыкновенной высотой ниже средней при высоких показателях диаметра указывают на этап торможения с начавшимся процессом дифференциации.

Отсутствие сильной дифференциации деревьев просматривается также в величинах показателей по рядам от края вглубь по породам (рис. 6).

С северной экспозиции опушка граничит с открытым пространством шириной 20 м, за которым произрастают культуры деревьев ели ситхинской (*Picea sitchensis* (Bong.) Carrière, 1855) и псевдотсуги Мензиса (*Pseudotsuga menziesii* (Mirb.) Franco (1950)) в возрасте 42 лет.



а



б

Рис. 6. Средние показатели диаметра на высоте груди ($D_{1,3}$) и высоты (Н) деревьев с учетом размещения по рядам от опушки: а) сосны крымской; б) сосны обыкновенной

Fig. 6. Average indices of diameters at the height of the chest ($D_{1,3}$) and heights of trees (H), taking into account the placement of the Crimean pine (a) and Scots pine (б) in rows from the edge

Отставание по высоте между исследуемыми культурами в крайнем ряду и культурами из деревьев ели ситхинской и псевдотсуги Мензиса составило для сосны крымской 6,1 м; для сосны обыкновенной – 2,49 м. Такое размещение с учетом высоты деревьев благоприятно сказалось на развитии исследуемых пород, создав микроклимат и сгладив влияние на опушечный ряд отрицательных температур в зимнее время на раннем этапе развития (рис. 6).

Показатели в таблице 5 подчеркивают влияние микроклимата лишь с момента посадки семян на лесокультурную площадь. Это просматривается по показателям в опушечных 1, 2 и 3-м рядах культур, что согласуется с выводами в литературных источниках [Harper et al., 2005]. Данное явление следует учитывать при разработке схемы создания культур, отдавая предпочтение сосне обыкновенной с расстоянием в междурядье 3 м при шаге посадки 0,75 м. Учи-

тывая высокую полноту насаждения (1,17) и то, что на пробной площади не проводились рубки ухода, величины показателей расстояний в ряду по породам указывают на лучшую сохранность и приживаемость сосны обыкновенной ($0,89 \pm 0,57$ м) по сравнению с сосной крымской ($1,06 \pm 0,69$ м). При этом имеющиеся разрывы в рядах с самого начала развития культур закладывают структуру биогрупп в насаждении, а средние величины расстояний до 3-го соседнего дерева (1,6 и 1,75 м) еще не вышли за пределы расстояния в междурядье (2 м).

Поэтому для усиления дифференциации деревьев нужно прибегнуть не только к имеющемуся соотношению пород в насаждении, но и к неравномерному размещению деревьев на площади, особенно для самых неблагоприятных условий (очень сухие и бедные почвы), чтобы обеспечить повышенную устойчивость культур. В таких неблагоприятных условиях,

Таблица 5. Показатели расстояния в ряду и до 3-го соседнего дерева сосны крымской и сосны обыкновенной
Table 5. Distance indices in a row and up to the 3rd neighboring tree of the Crimean and Scots pines

Показатели Indices	1 ряд 1 st row	2 ряд 2 nd row	3 ряд 3 rd row	4 ряд 4 th row	Среднее Average
лкр., м	0,91 ± 0,61	1,42 ± 0,71	1,02 ± 0,73	0,89 ± 0,61	1,06 ± 0,69
Лкр., м	1,59 ± 0,33	2 ± 0,26	1,49 ± 0,55	1,39 ± 0,41	1,6 ± 0,47
лоб., м	1,08 ± 1	1 ± 0,46	0,9 ± 0,56	0,61 ± 0,32	0,89 ± 0,57
Лоб., м	1,75 ± 0,33	1,98 ± 0,26	2,03 ± 0,12	1,67 ± 0,33	1,75 ± 0,33

Примечание. Для сосны крымской и сосны обыкновенной соответственно: лкр., лоб. – расстояние в ряду; Лкр., Лоб. – расстояние до 3-го соседнего дерева.

Note. Distance in a row of Crimean pine (лкр.), Scots pine (лоб.) and their distance to the 3rd neighboring tree: Crimean pine (Лкр.), Scots pine (Лоб.).

сдваивая ряды сосны крымской до 1,5 м в междурядье (в исследуемых насаждениях оно равно 2 м) с чередованием ряда сосны обыкновенной с междурядьем 3 м, можно значительно ослабить и растянуть во времени процесс вытеснения сосны крымской сосной обыкновенной, особенно на песках с незначительным количеством глинистых частиц.

Разница в показателях по рядам между породами не несет определенной закономерности, составляя в среднем по диаметру 2,39 см и по высоте 3,73 м с преобладанием показателей сосны обыкновенной. В свое время В. Г. Нестеров [1950] указывал, что развитие крон у сосны идет в культурах в полном соответствии с развитием корневых систем. В насаждениях площади питания и доступ света у каждого дерева ограничены наличием его соседей и примерно одинаковы. При этом в исследуемом насаждении, на основании данных о корреляционной зависимости показателей (табл. 4), лишь расстояния между деревьями в ряду имеют слабую связь с диаметрами по породам: у сосны крымской – 0,29; у сосны обыкновенной – 0,28. При этом площадь роста среднего дерева в 4-м ряду, исключая влияние опушки, составила: у сосны крымской – 1,05 м²; у сосны обыкновенной – 1,88 м².

Деревья с опушечной стороны, имея оптимальную освещенность и резервную свободную площадь, используют их для получения влаги и питательных веществ. Отсюда приблизительно и большая площадь роста среднего дерева 2-го ряда у пород: сосны крымской – 1,71 м²; сосны обыкновенной – 2,14 м².

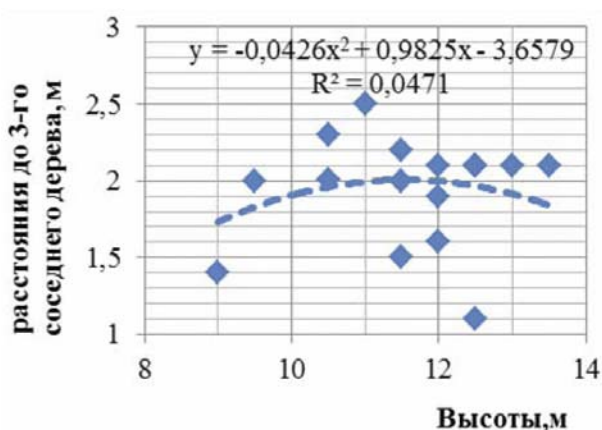
При этом на рис. 7 видно отсутствие какой-либо связи между высотой деревьев и расстоянием от протаксированного дерева до 3-го соседа.

Формирование лесных сообществ – процесс динамичный, и пространственная структура древостоев, трансформируясь со временем, обеспечивает их компенсационные возможности противостояния факторам среды [Рубцов, 1969].

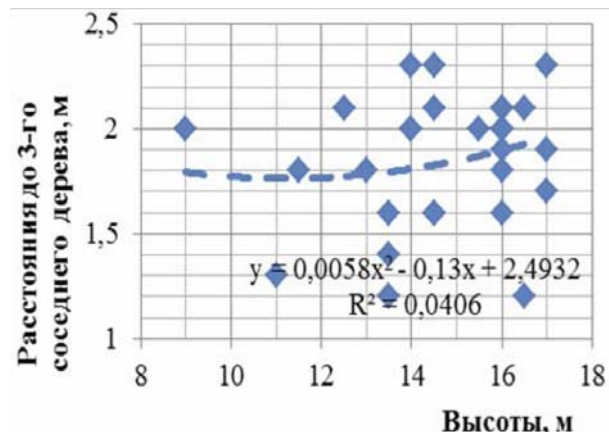
Из источника [Миронов, 1977] следует, что при редком размещении деревьев в период быстрого роста прирост по диаметру высокий (торможения прироста в толщину не отмечено), поэтому запасы древесины накапливаются несколько быстрее. Но последующее ускоренное старение и скороспелость культур по сравнению с естественными насаждениями – это результат также повышенной освещенности редких смолоду насаждений независимо от их происхождения. Как следствие, к возрасту рубки такие насаждения теряют в порядке ускоренного естественного изреживания значительную часть деревьев и их запас в массе оказывается меньше.

В настоящий момент наблюдается снижение нормативных показателей по густоте создаваемых лесных культур до 4,0 тыс. шт./га в условиях лесостепи (пункт 43) [Приказ..., 2019], что может стать серьезной проблемой, т. к. в ряде случаев дополнение лесных культур имеет соответствующий перечень сложностей:

- недостаток в рабочей силе определяет проведение дополнения осенью со значительным снижением приживаемости растений;



а



б

Рис. 7. Графики соотношения значений высоты и расстояния от исследуемого дерева до 3-го соседнего дерева сосны крымской (а) и сосны обыкновенной (б)

Fig. 7. Graphs of the ratio of heights and distances from the tree under study to the 3rd neighboring tree for Crimean pine (а) and Scots pine (б)

– дополнения осуществляют в неподготовленную почву, обеспечивая растениям худший рост;
– введенные при дополнениях сеянцы моложе и легко угнетаются основной посадкой.

В свое время А. П. Тольский подчеркивал, что дополнения, производимые позднее, чем через 2 года после посадки, бесцельная трата средств [Рубцов, 1969].

Это можно исключить, учитывая в схемах смешения густоту для лесостепи до 6,7 тыс. шт./га и различную теневыносливость видов хвойных пород, что является весьма важным свойством, позволяющим в лесных культурах применять разное смешение, использовать более теневыносливые породы (сосну крымскую) в качестве примеси к светолюбивым (сосне обыкновенной), а перегущенным в рядах прижившимся материалом путем его выкопки с комом дополнять имеющиеся разрывы в рядах.

Заключение

На основании полученных и проанализированных результатов исследований можно сделать следующие выводы:

– значение фактора освещенности в связи с широтой местности подразумевает при создании культур высокую сомкнутость древесного полога, раннее смыкание крон и формирование сложных древостоев. В условиях лесостепной зоны на лесных площадях должна предусматриваться схема смешения сосны обыкновенной с сосной крымской при начальной густоте 6,7 тыс. шт./га (2×0,75 м) с чередованием от опушки ряда сосны обыкновенной с двумя рядами сосны крымской с направлением рядов с запада на восток;

– также в условиях лесостепной зоны на лесных площадях следует считать целесообразным применение в вышеупомянутой схеме смешения звеньев типа при чередовании пород в ряду с сохранением первоначальной густоты культур;

– южнее лесостепной зоны с целью повышения биологической устойчивости хвойных насаждений допускается в приведенной схеме смешения сдваивание двух рядов сосны крымской до 1,5 м между собой в междурядьях на расстоянии 3 м от ряда сосны обыкновенной.

Литература

Болотов А. Т. Избранные сочинения по агрономии, плодоводству, лесоводству, ботанике / Ред. А. Бордышева. М.: Изд-во МОИП, 1952. 523 с.

Васильев Г. И. Влияние почвенных, гидрологических и геоморфологических условий на рост сосны

на нижнеднепровских песках: Автореф. дис. ... канд. с.-х. наук. М., 1963. 20 с.

Виноградов В. Н. Научное обоснование освоения нижнеднепровских песков под лесные, плодовые и виноградные насаждения: Автореф. дис. ... докт. с.-х. наук. Харьков, 1968. 48 с.

Гордеев А. В. Создание на нижнеднепровских и нижнедонских песках сырьевых баз длительного подсобного хозяйства за счет разведения сосны крымской (*Pinus pallasiana* Lamb.): Автореф. дис. ... докт. с.-х. наук. Елгева, 1964. 31 с.

Левин С. В. Лесоводственно-биологические особенности развития сосны крымской при ее адаптации в условиях ЦЧР России // Труды КубГАУ. 2018. Вып. 4 (73). С. 129–134. doi: 10.21515/1999-1703-73-129-134

Левин С. В., Пащенко В. И. Биоэкологические особенности интродукции вида сосны Палласа в Центрально-Черноземном регионе России // Лесохозяйственная информация. 2018. Вып. 4. С. 74–88. doi: 10.24419/LHI.2304-3083.2018.4.08

Левин С. В., Семенов М. А., Пащенко В. И., Левин И. С. Экологические особенности произрастания сосны Палласа (крымской) при совместном выращивании с сосной обыкновенной // Лесотехнический журнал. 2019. Т. 9, № 1 (33). С. 44–53. doi: 10.12737/article_5c92016cce31d2.57961318

Левин С. В. Лесоводственные предпосылки к обоснованию схемы смешения пород с участием сосны крымской в культурах восточнобайрачной степи Украины // Актуальные направления научных исследований XXI века: теория и практика: Матер. междунар. науч.-практ. конф. (Воронеж, 2014 г.). Воронеж, 2014. Т. 2, № 3–3 (8–3). С. 180–183. doi: 10.12737/4222

Левин С. В., Фучило Я. Д. Особливості росту сосен кримської та звичайної в осередках кореневої губки Східнобайрачного Степу України // Науковий вістник НУБіП України. 2012. Вип. 171/2. С. 162–166.

Лозовой А. Д. Ход роста молодняков основных лесобразующих пород. Воронеж: Изд-во ВГУ, 1977. 84 с.

Матвиенко Е. Ю., Таран С. С., Кружилин С. Н., Свинцов И. П. Эколого-мелиоративная эффективность применения видов рода *Pinus* на склоновых землях степных // Международные научные исследования. 2017. № 1 (30). С. 30–36.

Мионов В. В. Экология хвойных пород при искусственном лесовозобновлении. М.: Лесн. пром-ть, 1977. 232 с.

Морозов Г. Ф. Учение о лесе. 5-е изд. М.-Л.: Ленингр. гос. изд-во, 1930. 440 с.

Нагимов З. Я. Оценка методов определения площадей роста деревьев // Леса Урала и хозяйство в них / Уральская гос. лесотехн. академия. 1999. Вып. 19. С. 82–98.

Нестеров В. Г. Общие итоги работ Бузулукской экспедиции Всесоюзного научно-исследовательского института лесного хозяйства // Бузулукский бор. М.: Гослесбумиздат, 1950. Т. 2. С. 166–174.

Приказ Минприроды России от 26.03.2019 № 188 «Об утверждении Правил лесовосстановления, состава проекта лесовосстановления, порядка разработки проекта лесовосстановления и внесения в него изменений» [Электронный ресурс]. URL: <https://www.>

garant.ru/products/ipo/prime/doc/72141912/ (дата обращения: 25.02.2020).

Плугатарь Ю. В., Ковалев М. С., Ильницкий О. А., Корсакова С. П., Паштецкий А. В. Особенности светового режима в подкроновом пространстве древесных растений на примере арборетума Никитского ботанического сада // Бюл. ГНБС. 2015. № 116. С. 7–18.

Рубцов В. И. Культуры сосны в лесостепи. М.: Лесн. пром-ть, 1969. 288 с.

Смелянец В. П. Устойчивость сосен крымской и обыкновенной к вредным насекомым на юге Украины: Автореф. дис. ... канд. биол. наук. Киев, 1967. 26 с.

Третьяков Н. В., Горский П. В., Самойлович Г. Г. Справочник таксатора (таблицы для таксации леса). М.-Л.: Гослесбуиздат, 1952. 853 с.

Труды Республиканской конференции по вопросам развития степного лесоразведения в Украинской ССР. Основные принципы облесения Нижнеднепровских песков. Киев: Изд-во АН УССР, 1952. С. 50–53.

Турчина Т. А. Лесовосстановление на песках юго-востока России: современные проблемы и вызовы // Лесохозяйственная информация. 2019. № 3. С. 167–179. doi: 10.24419/LHI.2304-3083.2019.3.14

Шанин В. Н., Шашков М. П., Иванова Н. В., Грабарник П. Я. Влияние конкуренции в пологе леса на пространственную структуру древостоев и форму крон доминантов древесного яруса на примере лесов европейской части России // Russian Journal of Ecosystem Ecology. 2016. Vol. 1 (4). P. 1–14. doi: 10.21685/2500-0578-2016-4-5

Швиденко А. З., Савич Ю. Н., Строчинский А. А. Нормативно-справочные материалы для таксации лесов Украины. Киев: Урожай, 1987. 559 с.

Bravo-Oviedo A., Pretzsch H. Mixed forests' future // Bravo-Oviedo A., Pretzsch H., Del Río M. (eds). Dynamics, Silviculture and Management of Mixed Forests. Managing Forest Ecosystems. 2018. Vol. 31. P. 397–412. doi: 10.1007/978-3-319-91953-9_12

Condés S., Sterba H., Aguirre A., Bielak K., Bravo-Oviedo A., Coll L., Pach M., Pretzsch H., Vallet P., Del Río M. Estimation and uncertainty of the mixing effects on Scots pine – European beech productivity from National Forest Inventories Data // Forests. 2018. Vol. 9(9). Art. 518. doi: 10.3390/f9090518

Harper K., Macdonald E., Burton P., Chen J., Brososke K. D., Saunders S. C., Euskirchen E. S., Roberts D., Jaiteh M. S., Esseen P.-A. Edge influence on forest structure and composition in fragmented landscapes // Conserv. Biol. 2005. Vol. 19, no. 3. P. 768–782. doi: 10.1111/j.1523-1739.2005.00045.x

Johnson J. D., Chappelka A. H., Hain F. P., Heagle A. S. Interactive effects of air pollutants with abiotic and biotic factors on Southern pine forests // Fox S., Mickler R. A. (eds). Impact of Air Pollutants on Southern Pine Forests. Ecol. Studies (Analysis and Synthesis). 1996. Vol. 118. P. 281–312. doi: 10.1007/978-1-4612-0809-9_8

Jucker T., Bouriaud O., Coomes D. Crown plasticity enables trees to optimize canopy packing in mixed-species forests // Funct. Ecol. 2015. Vol. 29. P. 1078–1086. doi: 10.1111/1365-2435.1242

Pretzsch H. The effect of tree crown allometry on community dynamics in mixed-species stands versus monocultures. A review and perspectives for modeling and silvicultural regulation // Forests. 2019. No. 10. Art. 810. doi: 10.3390/f10090810

Pretzsch H., Schütze G. Effect of tree species mixing on the size structure, density, and yield of forest stands // Eur. J. Forest Res. 2016. Vol. 135. doi: 10.1007/s10342-015-0913-z

Thorpe H. C., Astrup R., Trowbridge A., Coates K. D. Competition and tree crowns: A neighborhood analysis of three boreal tree species // For. Ecol. Manag. 2010. Vol. 259. P. 1586–1596. doi: 10.1016/j.foreco.2010.01.035

Поступила в редакцию 30.07.2021

References

Bolotov A. T. Izbrannye sochineniya po agronomii, plodovodstvu, lesovodstvu, botanike [Selected essays on agronomy, horticulture, forestry, and botany]. Ed. A. Bordysheva. Moscow: Izd-vo MOIP, 1952. 523 p.

Gordeev A. V. Sozdanie na nizhnedneprovskikh i nizhnedonskikh peskakh syr'evykh baz dlitel'nogo podsochnogo khozyaistva za schet razvedeniya sosny krymskoi (*Pinus pallasiana* Lamb.) [Creating long-term undergrowing raw material bases by breeding Crimean pine (*Pinus pallasiana* Lamb.) on the Lower Dnieper and Lower Don sands]: DSc (Doct. of Agr.) thesis. Elgeva, 1964. 31 p.

Levin S. V. Lesovodstvenno-biologicheskie osobennosti razvitiya sosny krymskoi pri ee adaptatsii v usloviyakh TSCHR Rossii [Forest and biological characteristics of the Crimean pine development during its adaptation to the conditions of the Central Chernobyl region of Russia]. Trudy KubGAU [Proceed. KubSAU]. 2018. No. 4 (73). P. 129–134. doi: 10.21515/1999-1703-73-129-134

Levin S. V., Pashchenko V. I. Bioekologicheskie osobennosti introduktsii vida sosny Pallasa v Tsentral'no-Chernozemnom regione Rossii [Bioecological peculiarities of the introduction of Pallas pine species in the Central Black Earth region of Russia]. Lesokhoz. informatsiya [Forest Management Information]. 2018. No. 4. P. 74–88. doi: 10.24419/LHI.2304-3083.2018.4.08

Levin S. V., Semenov M. A., Pashchenko V. I., Levin I. S. Ekologicheskie osobennosti proizrastaniya sosny Pallasa (krymskoi) pri sovmestnom vyrashchivani s sosnoi obyknovenoj [Ecological peculiarities of Pallas pine (Crimean pine) growing together with Scots pine]. Lesotekh. zhurn. [Forestry Engineering J.]. 2019. Vol. 9, no. 1 (33). P. 44–53. doi: 10.12737/article_5c92016cce31d2.57961318

Levin S. V. Lesovodstvennye predposylki k obosnovaniyu skhemy smesheniya porod s uchastiem sosny krymskoi v kul'turakh vostochnobairachnoi stepi Ukrainy [Forestry prerequisites for the substantiation of the scheme of species mixing with the participation

of Crimean pine in the crops of the East Baird steppe of Ukraine]. *Aktual'nye napravleniya nauch. issled. XXI veka: teoriya i praktika*: Mater. mezhdunar. nauch.-prakt. konf. (Voronezh, 2014) [Topical directions of sci. research in the XXI century: Theory and Practice: Proceed. int. sci.-pract. conf. (Voronezh, 2014)]. Voronezh, 2014. Vol. 2, no. 3–3 (8–3). P. 180–183. doi: 10.12737/4222

Levin S. V., Fuchilo Ya. D. Osoblivosti rostu sosn krimskoï ta zvichainoï v osередkakh kornevoï gubki Skhidnobairachnogo Stepu Ukraïni [Peculiarities of growth of Crimean and common pines in the foci of root sponge in the eastern byrarch steppes of Ukraine]. *Naukovii vistnik NUBiP Ukraïni* [Sci. Bull. NUBiP]. 2012. No. 171/2. P. 162–166. (In Ukraine)

Lozovoi A. D. Khod rosta molodnyakov osnovnykh lesoobrazuyushchikh porod [Growth progress of young trees of the main forest forming species]. Voronezh: VGU, 1977. 84 p.

Matvienko E. Yu., Taran S. S., Kruzhilin S. N., Svintsov I. P. Ekologo-meliorativnaya effektivnost' primeneniya vidov roda Pinus na sklonovykh zemlyakh stepnykh [Ecological and reclamation efficiency of Pinus species on sloping lands of steppe]. *Mezhdunar. nauch. issled.* [Int. Sci. Research]. 2017. No. 1 (30). P. 30–36.

Mironov V. V. Ekologiya khvoynykh porod pri iskusstvennom lesovozobnovlenii [Ecology of conifers in the course of artificial reforestation]. Moscow: Lesn. prom-t', 1977. 232 p.

Morozov G. F. Uchenie o lese [Doctrine of forests]. 5th ed. Moscow-Leningrad: Leningr. gos. izd-vo, 1930. 440 p.

Nagimov Z. Ya. Otsenka metodov opredeleniya ploshchadei rosta derev'ev [Evaluation of methods for determining tree growth areas]. *Lesa Urala i khozyaistvo v nikh* [The Forests of the Urals and the Forestry in the Urals]. 1999. No. 19. P. 82–98.

Nesterov V. G. Obshchie itogi rabot Buzul'uskoï ekspeditsii Vsesoyuznogo nauchno-issledovatel'skogo instituta lesnogo khozyaistva [Main results of the Buzuluk expedition of the All-Union Forestry Research Institute]. *Buzul'uskie bor* [Buzuluk Coniferous Forest]. Moscow: Goslesbumizdat, 1950. Vol. 2. P. 166–174.

Shvidenko A. Z., Savich Yu N., Storchinskii A. A. Normativno-spravochnye materialy dlya taksatsii lesov Ukraïny [Normative and reference materials for forest inventory in Ukraine]. Kiev: Urozhai, 1987. 559 p.

Prikaz Minprirody Rossii ot 26.03.2019 № 188 «Ob utverzhdenii Pravil lesovosstanovleniya, sostava proekta lesovosstanovleniya, poryadka razrabotki proekta lesovosstanovleniya i vneseniya v nego izmenenii» [Order of the Ministry of Natural Resources of Russia dated March 26, 2019 No. 188 On Approval of the Reforestation Rules, Composition of the Reforestation Project, Procedure for Development of the Reforestation Project and Amendments Thereto]. URL: <https://www.garant.ru/products/ipo/prime/doc/72141912/> (accessed: 25.02.2020).

Plugatar' Yu. V., Kovalev M. S., Il'nikskii O. A., Korsakova S. P., Pashtetskii A. V. Osobennosti svetovogo rezhima v podkronovom prostranstve drevesnykh rastenii na primere arboretuma Nikitskogo botanicheskogo sada [Peculiarities of the light regime in the underbrush of woody plants on the example of the arboretum of the Nikitsky Botanical Garden]. *Byull. GNBS*. 2015. No. 116. P. 7–18.

Rubtsov V. I. Kul'tury sosny v lesostepi [Cultivation of pine trees in the forest-steppe]. Moscow: Lesn. prom-t', 1969. 288 p.

Smelyanets V. P. Ustoichivost' sosn krymskoï i obyknovennoi k vrednym nasekomym na yuge Ukraïny [Resistance of Crimean and common pines to pests in the south of Ukraine]: Summary of PhD (Cand. of Agr.) thesis. Kiev, 1967. 26 p.

Tret'yakov N. V., Gorskii P. V., Samoilovich G. G. Spravochnik taksatora (tablitsy dlya taksatsii lesa) [Taxer's handbook (tables for forest inventory)]. Moscow: Goslesbumizdat, 1952. 853 p.

Trudy Respublikanskoi konferentsii po voprosam razvitiya stepnogo lesorazvedeniya v Ukraïnskoï SSR. Osnovnye printsipy obleseniya Nizhnedneprovskikh peskov [Proceedings of the Republican conference on the development of steppe afforestation in the Ukrainian SSR. Basic principles of afforestation of the Lower Dnieper sands]. Kiev: Izd-vo AN USSR, 1952. P. 50–53.

Turchina T. A. Lesovosstanovlenie na peskakh yugovostoka Rossii: sovremennye problemy i vyzovy [Reforestation on the sands of Southeast Russia: Current problems and challenges]. *Lesokhoz. informatsiya* [Forest Management Information]. 2019. No. 3. P. 167–179. doi: 10.24419/LHI.2304-3083.2019.3.14

Shanin V. N., Shashkov M. P., Ivanova N. V., Grabarnik P. Ya. Vliyanie konkurentsii v pologe lesa na prostranstvennyu strukturu drevostoev i formu kron dominantov drevesnogo yarusy na primere lesov evropeiskoi chasti Rossii [Influence of competition in the forest canopy on the spatial structure of stands and the shape of crowns of the dominant tree layer in the forests of the European part of Russia]. *Russ. J. of Ecosystem Ecol.* 2016. No. 1 (4). P. 1–14. doi: 10.21685/2500-0578-2016-4-5

Vasil'ev G. I. Vliyanie pochvennykh, gidrologicheskikh i geomorfologicheskikh uslovii na rost sosny na nizhnedneprovskikh peskakh [Influence of soil, hydrological and geomorphological conditions on pine growth on the Lower Dnieper sands]: Summary of PhD (Cand. of Agr.) thesis. Moscow, 1963. 20 p.

Vinogradov V. N. Nauchnoe obosnovanie osvoeniya nizhnedneprovskikh peskov pod lesnye, plodovye i vinogradnye nasazhdeniya [Scientific rationale for the development of the Lower Dnieper sands for forest, fruit and grape plantations]: DSc (Doct. of Agr.) thesis. Khar'kov, 1968. 48 p.

Bravo-Oviedo A., Pretzsch H. Mixed forests' future // Bravo-Oviedo A., Pretzsch H., Del Río M. (eds). Dynamics, Silviculture and Management of Mixed Forests. Managing Forest Ecosystems. 2018. Vol. 31. P. 397–412. doi: 10.1007/978-3-319-91953-9_12

Condés S., Sterba H., Aguirre A., Bielak K., Bravo-Oviedo A., Coll L., Pach M., Pretzsch H., Vallet P., Del Río M. Estimation and uncertainty of the mixing effects on Scots pine – European beech productivity from National Forest Inventories Data. *Forests*. 2018. Vol. 9 (9). Art. 518. doi: 10.3390/f9090518

Harper K., Macdonald E., Burton P., Chen J., Brosfiske K. D., Saunders S. C., Euskirchen E. S., Roberts D., Jaiteh M. S., Esseen P.-A. Edge influence on forest structure and composition in fragmented landscapes. *Conserv. Biol.* 2005. Vol. 19, no. 3. P. 768–782. doi: 10.1111/j.1523-1739.2005.00045.x

Johnson J. D., Chappelka A. H., Hain F. P., Heagle A. S. Interactive effects of air pollutants with abiotic and biotic factors on Southern pine forests. Fox S., Mickler R. A. (eds). Impact of Air Pollutants on Southern Pine Forests. Ecol. Studies (Analysis and Synthesis). 1996. Vol. 118. P. 281–312. doi: 10.1007/978-1-4612-0809-9_8

Jucker T., Bouriaud O., Coomes D. Crown plasticity enables trees to optimize canopy packing in mixed-species forests. *Funct. Ecol.* 2015. Vol. 29. P. 1078–1086. doi: 10.1111/1365-2435.1242

Pretzsch H. The effect of tree crown allometry on community dynamics in mixed-species stands versus

monocultures. A review and perspectives for modeling and silvicultural regulation. *Forests*. 2019. No. 10. Art. 810. doi: 10.3390/f10090810

Pretzsch H., Schütze G. Effect of tree species mixing on the size structure, density, and yield of forest stands. *Eur. J. Forest Res.* 2016. Vol. 135. doi: 10.1007/s10342-015-0913z

Thorpe H. C., Astrup R., Trowbridge A., Coates K. D. Competition and tree crowns: A neighborhood analysis of three boreal tree species. *For. Ecol. Manag.* 2010. Vol. 259. P. 1586–1596. doi: 10.1016/j.foreco.2010.01.035

Received July 30, 2021

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРЕ:

Левин Сергей Валерьевич

научный сотрудник отдела опытных испытаний
Всероссийский научно-исследовательский институт
лесной генетики, селекции и биотехнологии
ул. Ломоносова, 105, Воронеж, Россия, 394087
эл. почта: leslesovik63@yandex.ru
тел.: 89601038681

CONTRIBUTOR:

Levin, Sergey

All-Russian Research Institute of Forest Genetics,
Breeding and Biotechnology
105 Lomonosova St., 394087 Voronezh, Russia
e-mail: leslesovik63@yandex.ru
tel.: +79601038681