



ТЕКУЩАЯ СОХРАННОСТЬ, НАПРЯЖЕННОСТЬ РОСТА И САНИТАРНОЕ СОСТОЯНИЕ ДЕРЕВЬЕВ СОСНЫ ОБЫКНОВЕННОЙ В ПРИСПЕВАЮЩИХ ГЕОГРАФИЧЕСКИХ ЛЕСНЫХ КУЛЬТУРАХ ВОРОНЕЖСКОЙ ОБЛАСТИ

Мария И. Михайлова¹✉, schaxina.mary@yandex.ru, 0000-0003-4767-8233

Михаил П. Чернышов¹, lestaks53@mail.ru, 0000-0001-6360-1135

¹ФГБОУ ВО «Воронежский государственный лесотехнический университет имени Г.Ф. Морозова», ул. Тимирязева, 8, г. Воронеж, 394087, Россия

Анализируются напряженность роста, сохранность и санитарное состояние деревьев в приспевающих географических культурах сосны обыкновенной. Лесные культуры формировались только под влиянием внешних факторов среды и внутренних процессов конкуренции деревьев, что предопределило текущую сохранность и состояние деревьев. Из древостоев периодически удалялись только мертвые деревья. В 60 лет деревья лесостепных и степных экотипов характеризуются разной сохранностью и напряженностью роста. У лесостепных экотипов сохранность выше (7,01 %), а у степных – ниже (4,75 %). У первых средний балл санитарного состояния равен 1,58 (оценка здоровые) с колебаниями от 1,2 до 1,8, у вторых – 1,71 (оценка ослабленные) с варьированием от 1,2 до 2,6. Средний показатель напряженности роста деревьев (ПНР) по $H_{cp}:D_{cp}$ в древостоях лесостепных экотипов равен 0,981, а по $H_{cp}:G_{cp}$ – 5,043. У степных экотипов ПНР равен 0,836 и 4,971 соответственно. Изменчивость радиального прироста стволов деревьев на высоте 1,3 м свидетельствует о прекращении периода ускоренного роста у лесостепных экотипов в 15 лет и наступлении периода его стабилизации с 25-летнего возраста, а у степных экотипов – в 10 лет и с 30-летнего возраста.


Ключевые слова: географические лесные культуры, сосна обыкновенная, показатель напряженности роста, сохранность деревьев, санитарное состояние древостоев, радиальный прирост


Конфликт интересов: авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Для цитирования: Михайлова М. И. Текущая сохранность, напряженность роста и санитарное состояние деревьев сосны обыкновенной в приспевающих географических лесных культурах Воронежской области / М. И. Михайлова, М. П. Чернышов // Лесотехнический журнал. – 2021. – Т. 12 – № 1 (45). – С. 56–67. – Библиогр.: с. 64–66 (20 назв.). – DOI: <https://doi.org/10.34220/issn.2222-7962/2021.1/5>.

Поступила: 20.11.2021 **Принята к публикации:** 09.03.2022 **Опубликована онлайн:** 01.04.2022

CURRENT PRESERVATION, GROWTH INTENSITY AND SANITARY THE CONDITION OF THE TREES OF THE COMMON PINE IN NEED GEOGRAPHICAL FOREST CULTURES OF THE VORONEZH REGION

Maria I. Mikhailova¹, ✉, schaxina.mary@yandex.ru,  0000-0003-4767-8233

Mikhail P. Chernyshov¹, lestaks53@mail.ru,  0000-0001-6360-1135

¹Voronezh State University of Forestry and Technologies named after G.F. Morozov, Timiryazeva str., 8, Voronezh, 394087, Russian Federation

Abstract

The tension of growth, safety and sanitary condition of trees in maturing geographical cultures of Scots pine are analyzed. Initially overburdened forest cultures were formed during life under the influence of external environmental factors, as well as under the influence of internal processes of tree competition and intraspecific variability. Only dead trees were periodically removed from the stands. All this predetermined the current state and safety of the trees. At the age of 60, trees of forest-steppe and steppe ecotypes are characterized by different preservation and growth rates. In forest-steppe ecotypes, their current preservation is higher (7.01%), and in steppe ecotypes it is lower (4.75%). In the former, the average score for the sanitary condition is 1.58 (the score is healthy) with fluctuations from 1.2 to 1.8, for the second - 1.71 (the score is weakened) with the variation from 1.2 to 2.6. The average index of the tension of tree growth (PNR) according to Нсп.: Dav in stands of forest-steppe ecotypes is 0.981, and according to Нсп.: Gav - 5.043. In steppe ecotypes, the NDP is 0.836 and 4.971, respectively. The variability of the radial growth of tree trunks at a height of 1.3 m indicates the termination of the period of accelerated growth in forest-steppe ecotypes at 15 years old and the onset of its stabilization period from 25 years of age, and in steppe ecotypes - at 10 years and from 30 years of age.

Keywords: Scots pine, geographical forest crops, sanitary condition, preservation of trees, an indicator of growth intensity

Conflict of interest: the authors declare no conflict of interest

For citation: Mikhailova M. I., Chernyshov M. P. (2021) Current preservation, growth intensity and sanitary condition of Scots pine trees in the growing geographical forest cultures of the Voronezh region. *Lesotekhnicheskii zhurnal* [Forest Engineering journal], Vol. 12, No. 1 (45), pp. 56-67 (in Russian). DOI: <https://doi.org/10.34220/issn.2222-7962/2021.1/5>.

Received: 20.11.2021 **Revised:** 16.02.2022 **Accepted:** 09.03.2022 **Published online:** 01.04.2022

Введение

Лесные насаждения независимо от формы, строения, породного состава, состояния и способа их происхождения (путем естественного, искусственного или комбинированного лесовосстановления), как все открытые и динамично развивающиеся экологические системы, проходят в течение своей жизни несколько специфических и разных по продолжительности этапов, а именно: возникновения, формирования, поспевания, старения и распада [2]. На каждом очередном этапе своего взросле-

ния в древостоях любой структуры и сложности, являющихся главными компонентами лесной экосистемы, происходят разнонаправленные и необратимые процессы дифференциации деревьев по диаметру, высоте, габитусу и форме кроны, по категориям санитарного состояния, хозяйственно-технической годности и селекционной ценности [1-2].

Дифференциация деревьев с возрастом – это ежегодный непрерывный в течение вегетационного периода и одновременно циклический процесс возникновения и увеличения различий основных мор-

фометрических показателей роста и развития деревьев в древостое при его формировании, обусловленный многими факторами экосистемы.

Изучению особенностей роста и строения лесных насаждений естественного происхождения посвящены исследования многих отечественных и зарубежных ученых (Верхунов П.М., Гусев И.И., Загребев В.В., Кузьмичев А.С., Усольцев В.А., Юкнис К.А., Yurttimaа Т. и др.).

Ряд отечественных [1, 4, 5] и зарубежных [13, 17-20] исследователей предлагают использовать для оценки устойчивости древостоев и отдельно стоящих деревьев показатель напряженности роста (ПНР).

Применительно к географическим лесным культурам сосны обыкновенной (*Pinus sylvestris* L.), созданным на полигоне «Ступинское поле» в 1959 г. под руководством проф. М.М. Вересина и являющимся с 1986 г. региональным памятником природы, многие ключевые вопросы, касающиеся особенностей строения, состояния и роста на этапе их приспевания, остаются малоизученными [6, 7, 8, 9].

В настоящее время после достижения 60-летнего возраста исследуемые географические культуры перешли в следующую возрастную группу – приспевающие и вступили в новую фазу приспевания. В связи с этим изучение вопросов, связанных с напряженностью роста деревьев сосны, являющихся семенным потомством разных ее экотипов, а также их текущего санитарного состояния и сохранности, является не только актуальным, но и обладает несомненной научной новизной и практической значимостью.

В ходе ранее проведенных исследований разными авторами [12, 13, 16-18] в географических лесных культурах сосны, ели, лиственницы, дуба, березы и других лесных пород было установлено, что рост и продуктивность семенных потомств разных их экотипов коррелируют с лесорастительными условиями, где произрастали материнские насаждения, в которых в 1956 г. были заготовлены семена, а также зависят от внутривидовой изменчивости и наследуемости генетически обусловленных свойств и признаков.

Цель исследований – выявить и оценить текущую сохранность деревьев сосны лесостепных и

степных экотипов, их современное санитарное состояние и напряженность роста, а также изучить индивидуальную и популяционную изменчивость роста древостоев для отбора наиболее устойчивых и перспективных из них для последующего искусственного лесовосстановления в лесостепной зоне европейской части Российской Федерации.

Материалы и методы исследования

С целью комплексного изучения перечисленных выше вопросов в географических лесных культурах сосны были заложены в 2018-2021 гг. по принятой в таксации методике [8] 32 равновеликие по размеру пробные площади, в том числе 18 в лесостепных и 14 в степных экотипах.

Применяемые методология, методы и методики исследований обусловлены намеченными целью и задачами работы, а также спецификой и охранным статусом изучаемого объекта.

Методология исследований в географических лесных культурах основана на комплексном подходе к их организации и проведению, к обработке результатов методами вариационной статистики с использованием компьютерных программ Statistica, Stadia и Excel, а также их анализу и интерпретации.

Экспериментальными материалами являются данные сплошных перечетов и измерений 1260 деревьев на 32 временных пробных площадях (ВПП), проведенных по единой методике [7, 8, 9].

Сохранность деревьев определяли через соотношение числа изначально высаженных 2-летних семян (13 тыс. шт./га) к числу сохранившихся на ВПП деревьев в процентах.

Для индивидуальной визуальной оценки состояния деревьев в ходе сплошных перечетов использовали унифицированные диагностические признаки шкалы действующих «Правил санитарной безопасности в лесах» [10]. При этом все имеющиеся на ВПП деревья распределяли на следующие шесть основных категорий: 1 – без признаков ослабления, 2 – ослабленные, 3 – сильно ослабленные, 4 – усыхающие, 5 – свежий сухостой и 6 – старый сухостой. Средний балл санитарного состояния древостоев (Бссдр) определяли через запас деревьев разных категорий состояния [10].

Устойчивость, современное жизненное состояние и текущая сохранность деревьев в географических культурах сосны на полигоне «Ступинское поле» (схема посадки 2-летних сеянцев 0,5×1,5 м) связана с еще одним количественным критерием, а именно показателем напряженности роста (ПНР). Рассчитывается он как отношение высоты (Н) ствола дерева в метрах к его диаметру (D) на высоте 1,3 м в сантиметрах. Высоту деревьев измеряли высотомером Блюме-Лейсса с точностью 0,5 м, а диаметр – мерной вилкой.

Некоторые авторы отношение Н:D называют относительной высотой деревьев с градациями 0-20, 21-40, 41-60, 61-80, 81-100 и более 100 [1]. Напряженность роста деревьев и растущая с возрастом конкуренция становятся опасными для существования всего древостоя, когда предельное значение Н:D достигает величины более 100.

К.К. Высоцкий [4] предложил определять уровень конкуренции деревьев по коэффициенту напряженности их роста, вычисляемому как отношение высоты (Н) дерева в сантиметрах к площади поперечного сечения ствола ($G_{1,3}$) на высоте 1,3 м от поверхности почвы в квадратных сантиметрах. Другие авторы [5] называют его комплексным оценочным показателем (КОП), который рассчитывается по следующей формуле:

$$\text{КОП} = (H \times 100) : G_{1,3 \text{ в}}, \quad (1)$$

где КОП – комплексный оценочный показатель, см см⁻²; Н – высота древостоя, м; $G_{1,3 \text{ м}}$ – площадь поперечного сечения среднего дерева на высоте 1,3 м, см².

В качестве контроля при сравнении полученных оценок служили показатели местного Борского экотипа Воронежской области, материнское насаждение которого произрастало в непосредственной близости (Усманский бор) от полигона «Ступинское поле».

Для изучения особенностей хода роста древостоев разных экотипов по диаметру и выявления индивидуальной изменчивости на всех ВПП у трех средних по морфометрическим параметрам деревьев были взяты на высоте 1,3 м при помощи возрастного бурава цилиндрические керны древесины длиной не менее половины диаметра ствола дерева (рис. 1).



Рис. 1. Взятие возрастным буравом керна древесины на высоте 1,3 м у модельного дерева № 3 на ВПП № 8-20

Figure 1. Taking a core of wood with an age drill at a height of 1.3 m from a model tree No. 3 on runway No. 8-20

Источник: собственная композиция авторов
Source: author's composition

Всего было извлечено, обмерено с помощью измерительного комплекса «LINTAB-6» с программной поддержкой TSAP и продатировано по календарным годам 96 кернов древесины. У каждого керна измеряли общую ширину каждого годичного кольца, ширину слоев ранней и поздней древесины с точностью 0,1 см.

По полученным данным о ширине годичных колец, о ширине и долях ранней и поздней древесины строили соответствующие кривые и графики изменения ширины годичных колец отдельно для лесостепных и степных экотипов.

Результаты и обсуждение

По данным обмеров деревьев на ВПП были произведены соответствующие расчеты сохранности деревьев и напряженности их роста, а также среднего балла санитарного состояния древостоев (табл. 1).

Природопользование

Таблица 1

Санитарное состояние, сохранность и напряженность роста деревьев сосны на ВПП в приспевающих древостоях семенных потомств лесостепных и степных экотипов

Table 1

Sanitary condition, safety and intensity of growth of pine trees on the runway in the growing stands of seed progeny of forest-steppe and steppe ecotypes

№ и год ВПП Кол-во дер. на 1 га Runway No. and year Number of villages per 1 ha	Административные образования (автономная область, край, область) мест заготовки семян сосны и наименование экотипов Administrative entities (autonomous oblast, krai, oblast) of pine seed harvesting sites and the name of ecotypes	Средний балл состояния древостоя (Бссдр) Average score of the state of the stand (BSSR)	Сохранность деревьев, % Preservation of trees, %	Средняя высота деревьев (H _{ср}), м Average height of trees (NSR), m	Средний диаметр деревьев на 1,3 м (D _{ср}), см Average diameter of trees by 1.3 m (D _{ср}), cm	Напряженность роста деревьев в древостое по Intensity of tree growth in the stand by	
						H _{ср} ·D _{ср} м см ⁻¹ Nsr.:Nsr m cm ⁻¹	H _{ср} ·G _{ср} см см ⁻² H cf.:CP cm cm ⁻²
1	2	3	4	5	6	7	8
Лесостепные экотипы Forest-steppe ecotypes							
1-18 (460)	Воронежская, Хреновской Voronezh, Horseradish	2,2	3,5	27,2	28,9±1,246	0,941	4,15
2-18 (1140)	Воронежская, Бычковский Voronezh, Bychkovsky	1,5	8,8	24,3	23,0±0,767	1,057	5,85
3-20 (1100)	Воронежская, Борский (контр.) Voronezh, Borsky (counter)	1,8	8,5	21,9	23,0±0,595	0,952	5,27
4-18 (1260)	Липецкая, Колодезский Lipetsk, Kolodezsky	1,2	9,7	25,7	22,1±0,608	1,163	6,70
5-20 (1020)	Липецкая, Балашовский Lipetsk, Balashovsky	1,8	7,8	25,2	24,6±0,784	1,024	5,30
6-18 (1120)	Белгородская, Шаталовский Belgorod, Shatalovsky	1,3	8,6	23,3	23,7±0,863	0,983	5,46
7-20 (1140)	Белгородская, Уразовский Belgorod, Urazovsky	1,5	8,8	24,6	26,4±0,946	0,932	4,49
8-18 (480)	Тамбовская, Платоновский Tambov, Platonovsky	1,8	3,7	27,1	24,7±1,543	1,097	5,66
9-18 (1320)	Курская, Б. Сталинский Kursk, B. Stalinsky	1,4	10,2	24,1	20,7±0,498	1,164	7,16
10-18 (1060)	Брянская, Краснослободский Bryansk, Krasnoslobodsky	1,4	8,2	25,0	23,4±0,743	1,068	5,81
11-19 (1100)	Московская, Каширский Moskovskaya, Kashirsky	1,6	8,5	19,4	23,9±0,594	0,812	4,32
12-19 (800)	Пензенская, Монастырский Penza, Monastyrsky	1,7	6,2	25,1	25,6±1,019	0,980	4,88
13-19 (720)	Орловская, Хатынецкий Orlovskaya, Khotynetsky	1,6	5,5	24,9	27,2±0,901	0,915	4,28
14-19 (660)	Орловская, Б. Сталинский Orlovskaya, B. Stalinsky	1,3	5,1	26,4	29,4±0,878	0,898	3,89
15-20 (920)	Рязанская, Мурманский Ryazan, Murmansk	1,8	7,1	24,8	24,8±0,598	1,000	5,13
16-20 (580)	Черкасская, Совиевский Cherkasskaya, Sofiyevsky	1,5	4,5	26,6	30,4±1,020	0,875	3,66
17-20 (420)	Полтавская, Зеньковский Poltava, Zenkovsky	1,6	4,2	22,6	26,8±1,063	0,843	4,01
18-20 (1080)	Сумская, Грузский Sumy, Georgian	1,4	8,3	24,2	25,5±1,013	0,949	4,74
Средняя для экотипов Average for ecotypes		1,58	7,01	-	-	0,981	5,043

Природопользование

Окончание табл. 1

Степные экотипы Steppe ecotypes							
1	2	3	4	5	6	7	8
19-20 (500)	Саратовская, Петровский Saratov, Petrovsky	1,3	4,3	19,9	25,7±1,030	0,774	4,95
20-20 (720)	Саратовская, Дьяковский Saratov, Dyakovsky	2,6	6,3	17,6	19,8±0,721	0,889	6,43
21-20 (300)	Волгоградская, Рахинский Volgograd, Rakhinsky	2,6	2,5	16,4	21,9±1,692	0,749	5,81
22-20 (700)	Волгоградская, Арчединский Volgogradskaya, Archedinsky	1,8	5,8	18,1	24,8±0,869	0,730	5,13
23-20 (660)	Луганская, Песчаный Lugansk, Sandy	1,2	5,7	23,7	30,6±0,843	0,775	4,16
24-20 (480)	Луганская, Н. Айдаровский Lugansk, N. Aidarovsky	1,7	3,8	23,1	30,9±1,341	0,748	4,12
25-20 (640)	Днепропетровская, Кировский Dnepropetrovsk, Kirovsky	1,3	5,1	23,7	23,4±0,910	1,013	5,44
26-20 (860)	Днепропетровская, Михайловский Днепропетровск, В. Mikhailovsky	2,0	7,5	23,6	25,4±0,890	0,929	5,01
27-19 (460)	Днепропетровская, Новомосковский Днепропетровск, Novomoskovsky	1,8	3,8	21,0	24,6±1,265	0,854	5,18
28-20 (480)	Херсонская, Цурюпинский Kherson, Tsyurupinsk	2,0	4,0	18,7	31,3±1,581	0,597	4,07
29-20 (460)	Донецкая, Александровский Donetsk, Alexandrovsky	1,6	3,7	24,0	29,8±1,019	0,805	4,27
30-20 (380)	Киевская, Жукинский Kievskaya, Zhukinsky	2,5	3,8	23,9	27,0±1,497	0,885	4,72
31-20 (680)	Краснодарский край, Мезмайский Krasnodar Territory, Mezmaisky	1,4	5,5	25,3	24,6±0,907	1,028	5,18
32-18 (620)	Южно-Осетинская АО, Гуфта-Гихатурский South Ossetian JSC, Gufta-Gihatursky	1,9	4,9	23,2	24,9±1,267	0,932	5,11
(N=1260)	Средняя для экотипов Average for ecotypes	1,71	4,75		-	0,836	4,971

Сокращения: ПП 2-20 – пробная площадь №2, 2020 года; Н_{ср} – средняя высота древостоя, м; D_{ср} – средний диаметр деревьев на высоте 1,3 м, см; G_{ср} – площадь поперечного сечения, соответствующая среднему диаметру деревьев, см²; Бссдр – средний балл санитарного состояния древостоя.

Abbreviations: PP 2-20 - trial area No. 2, 2020; N_{sr} - the average height of the stand, m; D_{sr} - the average diameter of trees at a height of 1.3 m, cm; G_{sr} - the cross-sectional area corresponding to the average diameter of trees, cm²; Bssdr - the average score of the sanitary condition of the stand.

Источник: собственные вычисления авторов.
Source: own calculations.

По данным табл. 1 о санитарном состоянии древостоев двух групп экотипов сосны можно заключить, что какой-либо доверительной корреляционной связи с сохранностью деревьев не установлено (рис. 2).

Средний балл санитарного состояния древостоев (Бссдр) совокупности лесостепных экотипов составил 1,58, а для 14 степных экотипов – 1,71, что на 8,2 % больше.

При этом Бссдр у лесостепных экотипов изменяется от 1,2 (Хреновской экотип Воронежской области и Колодезский экотип Липецкой области) до 1,8 баллов (Балашовский экотип Липецкой области, Платоновский экотип Тамбовской области и Мурманский экотип Рязанской области).

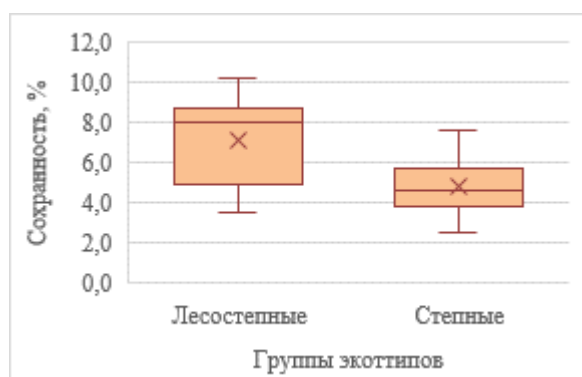


Рис. 2. Диаграмма boxplot сохранности деревьев в лесостепных и степных экотипах

Figure 2. Boxplot diagram of trees preservation in forest-steppe and steppe ecotypes

Остальные экотипы занимают промежуточное положение, от 1,3 до 1,7 баллов. Согласно нормам «Правил санитарной безопасности в лесах» [11] древостои распределились по категориям следующим образом: на 8 ВПП оценены как «без признаков ослабления» и на 8 ВПП – как «ослабленные». Древостои степных экотипов распределились по категориям следующим образом: на 4 ВПП они являются «здоровыми», на 8 ВПП – «ослабленными» и на 2 ВПП – «сильно ослабленными».

Данные в табл. 1 позволяют констатировать, что какая-либо четкая закономерность в сохранности деревьев на ВПП отсутствует, за исключением того, что в целом сохранность деревьев в приспевающих культурах степных экотипов существенно меньше величины их сохранности в древостоях лесостепных экотипов. Об этом также свидетельствуют и установленные достоверные различия средневзвешенных величин сохранности деревьев для двух групп экотипов: лесостепные – 7,01 % и степные – 4,75 %, что ниже в сравнении с лесостепными на 32,2 %.

Как видно, в целом сохранность деревьев на ВПП у лесостепных экотипов выше, а у степных ниже, что связано с разными адаптационными свойствами и способностями степных экотипов сосны, перемещенных в лесостепную лесорастительную зону и удаленных на разное расстояние от полигона «Ступинское поле».

Для наглядности и визуальной сравнимости полученных величин сохранности деревьев в се-

менных потомствах лесостепных и степных экотипов на всех 32 ВПП были построены соответствующие диаграммы (рис. 3 и 4).

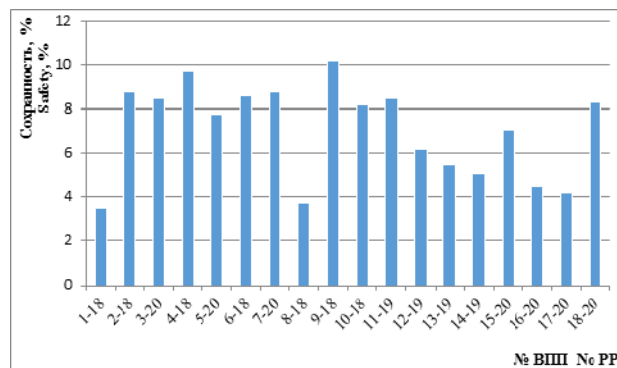


Рис. 3. Текущая сохранность деревьев сосны на ВПП в лесостепных экотипах

Figure 3. Current preservation of pine trees on the runway in forest-steppe ecotypes

Источник: собственная композиция авторов.
Source: author's composition

Текущая сохранность деревьев в приспевающих древостоях лесостепных экотипов варьирует от 3,54 % (Хреновской экотип Воронежской области) до 10,15 % (Б. Сталинский экотип Курской области).

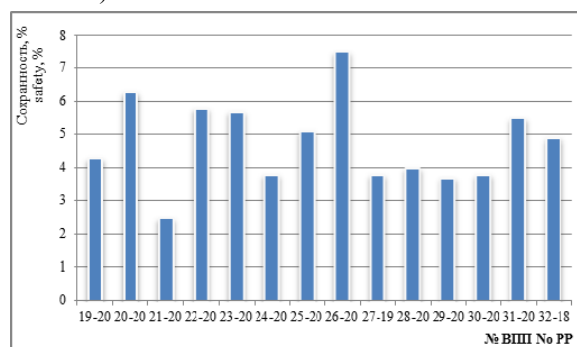


Рис. 4. Текущая сохранность деревьев сосны на ВПП в степных экотипах

Figure 4. Current preservation of pine trees on the runway in steppe ecotypes

Источник: собственная композиция авторов.
Source: author's composition

Вместе с тем, более высокая текущая сохранность деревьев на ВПП в лесостепных экотипах сосны обусловлена еще одним немаловажным фактором, а именно передаваемой по наследству большей степенью устойчивости и жизнеспособности в сходных с материнскими насаждениями кли-

матических, погодных, почвенных и лесорастительных условиях.

В степных экотипах она колеблется от 2,46 % (Рахинский экотип Волгоградской области) до 7,54 % (Б. Михайловский экотип Днепропетровской области).

Действующих очагов корневой губки сосны на ВПП в двух группах экотипов нами не выявлено.

Полученные нами результаты согласуются с данными предыдущих исследований других авторов [2, 11, 15].

Пример изменчивости ширины годичных колец по календарным годам на кернах древесины 3 модельных средних деревьев на ВПП № 19-20 приведен на рис. 5, где четко видна тенденция изменения ширины годичных колец и их составных частей. Аналогичные графики были построены для древостоев всех ВПП.

Показатель напряженности роста древостоев лесостепных экотипов изменяется по Н/D от 0,812 до 1,164, а по Н/G – от 3,89 до 7,16.

Для древостоев степных экотипов эти показатели изменяются следующим образом: по Н/D – от 0,597 до 1,028, что ниже соответственно на 36,0 и 13,2 % по сравнению с лесостепными экотипами, а по Н/G – от 4,07 до 6,4. Средняя величина ПНР у древостоев лесостепных экотипов по Н/D равна 0,981, а КОП по Н/G – 5,043. Для древостоев степных экотипов соответственно 0,836 и 4,971, подтверждая то, что приспевающие древостои лесостепных экотипов обладают большей устойчивостью по сравнению со степными экотипами и, соответственно, конкурентные отношения между растущими деревьями в них менее обострены.

Средний балл санитарного состояния древостоев на ВПП лесостепных экотипов составляет

1,58, а у древостоев степных экотипов – 1,71, что на 8,2 % больше.

Заключение

Согласно нормам действующих «Правил санитарной безопасности в лесах» [10] текущее санитарное состояние всей совокупности древостоев лесостепных экотипов в целом соответствует их оценке «без признаков ослабления», хотя на 8 из 18 ВПП древостоев получили оценку «ослабленные».

Текущее санитарное состояние в целом для совокупности древостоев степных экотипов на 14 ВПП оценивается как «ослабленные», хотя на 4 ВПП они являются «здоровыми», на 8 ВПП – «ослабленными» и на 2 – «сильно ослабленными».

Согласно прогнозу на ближайшие 20 лет, санитарное состояние приспевающих древостоев будет волнообразно ухудшаться, а текущая сохранность деревьев в древостоях – уменьшаться.

Дифференциация деревьев в приспевающих географических лесных культурах лесостепных и степных экотипов по основным морфометрическим признакам, в том числе и по ПНР и КОП, продолжается под синергетическим воздействием их генетически обусловленной популяционной, внутривидовой и индивидуальной изменчивости.

Установлено, что наибольшим коэффициентом напряженности роста характеризуются деревья с оценкой жизненного состояния «сильно ослабленные» и «усыхающие», а наименьшими – «здоровые» деревья.

Таким образом, согласно результатам исследований, в географических лесных культурах сосны обыкновенной показатель напряженности роста является надежным критерием для оценки уровня жизненного состояния и конкуренции и для древостоя в целом, и для отдельно взятого дерева.

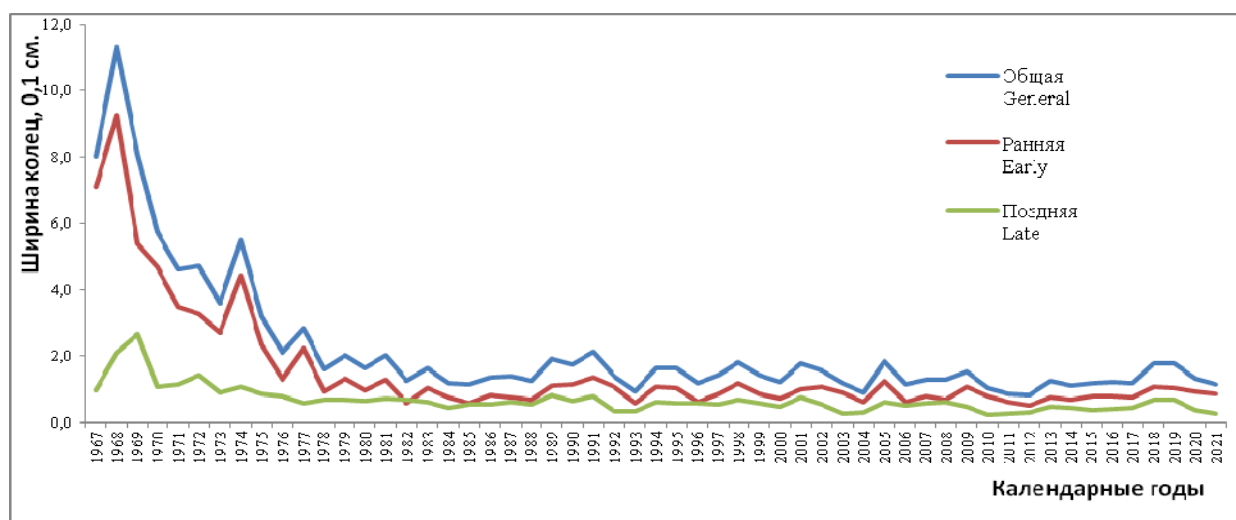


Рис. 5. Характер изменения ширины годичных колец по календарным годам в приспевающих древостоях степных экотипов сосны на ВПП № 19-20 (Петровский экотип Саратовской области)

Figure 5. The nature of the variability of the width of annual rings by calendar years in the growing stands of steppe ecotypes of pine on runway 19-20 (Petrovsky ecotype of the Saratov region)

Источник: собственная композиция авторов

Source: author's composition

Список литературы

1. Бабенко Т. С., Нагимов З. Я., Моисеев П. А. Годичный прирост и возрастная структура Ели сибирской на пределе ее распространение (Южный Урал, М. Ирмель). Леса Урала и хозяйство в них. Екатеринбург, 2005. Вып. 26. С. 134–141.
2. Бондарев А. И. Санитарные рубки в Сибири: оценка назначения и проведения : справ. пособие ; Всемирный фонд дикой природы (WWF). Москва : WWF России, 2018. 160 с.
3. Вересин М. М., Шутяев А. М. Испытание потомств географических популяций сосны обыкновенной в Воронежской области. Защитное лесоразведение и лесные культуры : межвуз. сб. науч. трудов. Воронеж, 1978. Вып. 5. С. 27–33.
4. Высоцкий, К. К. Закономерности строения смешанных древостоев. Москва : Гослесбумиздат, 1962. 177 с.
5. Данчева А. В., Залесов С. В. Использование комплексного оценочного показателя при оценке состояния сосняков государственного лесного природного резервата «СЕМЕЙ ОРМАНЫ». Известия Санкт-Петербургской лесотехнической академии, 2016; 215: 41–54.
6. Михайлова, М. И. Особенности роста и состояние лесостепных и степных экотипов сосны обыкновенной в географических культурах Воронежской области / М. И. Михайлова, М. П. Чернышов // Лесотехнический журнал. – 2020. – Т. 10. – № 2 (38). – С. 60–69. – DOI: 10.34220/issn.2222-7962/2020.2/6.
7. Михайлова, М. И. Особенности строения географических культур сосны обыкновенной по диаметру / М. И. Михайлова, М. П. Чернышов // Лесотехнический журнал. – 2021. – Т. 11. – № 1 (41). – С. 46–55. – DOI: 10.34220/issn.2222-7962/2021.1/4.
8. Chernyshov M., Mikhailova M. The structure in diameter and sanitary condition of geographical cultures of Scots pine and. IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science 875 (2021): 012054. doi: 10.1088/1755-1315/875/1/012054.
9. Чернышов М. П., Михайлова М. И., Шахина Е. И. Сохранность, состояние и напряженность роста деревьев сосны обыкновенной лесостепных и степных экотипов в приспевающих географических лесных

культурах. Подготовка кадров в условиях перехода на инновационный путь развития лесного хозяйства : матер. науч.-практ. конференции. Воронеж, 2021. С. 390–394.

10. Правила санитарной безопасности в лесах : Утв. приказом Минприроды России от 20 мая 2017 г. № 607. URL: <http://rosleshoz.gov.ru> (дата обращения 10.09.2021).

11. Шутяев А. М. Изменчивость хвойных видов в испытательных культурах Центрального Черноземья. Москва : НИИЛГИС, 2007. 296 с.

12. Matisons R., Jansone D., Bāders E. et al. Weather-growth responses show differing adaptability of scots pine provenances in the south-eastern parts of Baltic Sea region. *Forests*, 2021; 12(12). doi:10.3390/f12121641.

13. Socha J., Tymińska-Czabańska L., Bronisz K., Zięba S., Hawryło P. Regional height growth models for Scots pine in Poland. *Scientific Reports*, 2021; 11(1). doi:10.1038/s41598-021-89826-9.

14. Stavrova N. I., Gorshkov V. V., Katjutin P. N., Bakkal I. J. The structure of Northern Siberian spruce-Scots pine forests at different stages of post-fire succession. *Forests*. 2020; 11 (5): 558. doi:10.3390/f11050558.

15. Shutyaev A. M., Gertych M. Height growth variation in a comprehensive Eurasian provenance experiment of (*Pinus sylvestris* L.). *Silvae Genetica*. 1997; 46 (6): 332-349.

16. Shyuyaev A. M., Gertych M. Genetic Subdivisions of the Range of Scots Pine (*Pinus sylvestris* L.) Based on a Transcontinental Provenance Experiment. *Silvae Genetica*, 2000; 49: 137-151.

17. Yrttimaa T., Saarinen N., Kankare V. et al. Multisensorial close-range sensing generates benefits for characterization of managed Scots pine (*Pinus sylvestris* L.) stands. *ISPRS Int. J. Geo-Information*. 2020; 9: 1–14. doi: 10.3390/ijgi9050309.

18. Pritzel J., Falk V., Reger B., Ul Pretsch G., Zimmermann L. Half a century of monitoring the ecosystem of the common pine forest reveals the long-term consequences of atmospheric deposition and climate change. *Biology of global changes*. 2020; 26 (10): 5796-5815. DOI: 10.1111 / gcb .15265.

19. Bose A. et al. The growth and resistance of Scots pine to extreme droughts in Europe depend on the growth conditions that preceded the drought. *Biology of global Changes*, 2020; 26 (8): 4521-4537. DOI: 10.1111 / gcb. 15153.

20. Mieziute O., Dubrovskis E., Ruba J. Tree trunk quality and sanitary condition *Pinus sylvestris* L., *Picea abies* (L.) H. Karst. and *Betula pendula* roth on forest agricultural lands. International multidisciplinary scientific geo-conference «Geology and management of mountain ecology». 2017 SGEM 17 (32): 999-1006.

References

1. Babenko T. S., Nagimov Z. Y, Moiseev P. A. Godichnyj prirost i vozrastnaya struktura eli sibirskoj na predele ee rasprostranenie (Yuzhnyj Ural, M. Iremel) [Annual growth and age structure of Siberian spruce at the limit of its distribution (Southern Urals, M. Iremel)]. *Lesa Urala i hozyajstvo v nih = Forests of the Urals and the economy in them*. Yekaterinburg, 2005. Issue. 26. p. 134-141 (In Russian).

2. Bondarev A. I. Sanitarnye rubki v Sibiri: ocenka naznacheniya i provedeniya. Spravochnoe posobie [Sanitary logging in Siberia: assessment of appointment and conduct. Reference manual]. *Vsemirnyj fond dikoj prirody (WWF) [World Wildlife Fund (WWF)]*. Moscow : WWF of Russia, 2018. 160 p. (In Russian).

3. Veresin M. M., Shutyaev A. M. Ispytanie potomstv geograficheskikh populyacij sosny obyknovnoy v Voronezhskoj oblasti [Test of progeny of geographical populations of common pine in the Voronezh region]. *Zashitnoe lesorazvedenie i lesnye kultury : mezhvuzovskij sbornik nauchnyh trudov [Protective afforestation and forest cultures: Intercollegiate collection of scientific papers]*. Voronezh, 1978. Vol. 5, pp. 27-33 (In Russian).

4. Vysockij K. K. Zakonomernosti stroeniya smeshannyh drevostoev [Regularities of the structure of mixed stands]. Moscow : Goslesbumizdat, 1962. 177 p. (In Russian).

5. Dancheva A. V., Zalesov S. V. Ispol'zovanie kompleksnogo ocennochnogo pokazatelya pri ocenke sostoyaniya sosnyakov gosudarstvennogo lesnogo prirodnogo rezervata «SEMEJ ORMANY» [The use of a complex evaluation indicator in assessing the state of pine forests of the state forest Natural Reserve «SEMEY ORMANY»]. *Izvestiya*

Sankt-Peterburgskoj lesotekhnicheskoy akademii [Izvestia of the St. Petersburg Forestry Academy], 2016; 215: 41-54 (In Russian).

6. Mikhailova M. I., Chernyshov M. P. Features of growth and the state of forest-steppe and steppe ecotypes of Scots pine in geographical cultures of the Voronezh region. *Lesotekhnicheskii zhurnal* [Forestry Engineering journal]. 2020, Vol. 10, No. 2 (38), pp. 60-69 (In Russian).

7. Mikhailova M. I., Chernyshov M. P. Features of the structure of geographical cultures of Scots pine in diameter. *Lesotekhnicheskij zhurnal* [Forestry Engineering journal]. 2021, Vol. 11, No. 1 (41), pp. 46-55 (In Russian).

8. Chernyshov M., Mikhailova M. The structure in diameter and sanitary condition of geographical cultures of Scots pine and. *IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science* 875 (2021): 012054. doi: 10.1088/1755-1315/875/1/012054.

9. Chernyshov M. P., Mikhailova M. I., Shakhina E. I. Soxranost', sostoyanie i napryazhennost' rosta derev'ev sosny' oby'knovennoj lesostepny'x i stepny'x e'kotipov v prispevayushhix geograficheskix lesny'x kul'turax [Preservation, condition and intensity of growth of scots pine trees of forest-steppe and steppe ecotypes in the growing geographical forest cultures]. *Podgotovka kadrov v usloviyah perekhoda na innovacionnyj put' razvitiya lesnogo hozyajstva : materialy nauchno-prakticheskoy konferencii* [Personnel training in the conditions of transition to an innovative way of forestry development : materials of the scientific and practical conference]. Voronezh, 2021, pp. 390-394 (In Russian).

10. Pravila sanitarnoj bezopasnosti v lesah. Utverzhdeny prikazom MPR ot 20 maya.2017 g. № 607 [Rules for sanitary safety in forests. Approved by the order of the MPR on May 20, 2017 No. 607]. URL: <http://rosleshoz.gov.ru> (accessed 10.09.2021) (In Russian).

11. Shutyaev A. M. Izmenchivost' hvoynyh vidov v ispytatelnyh kulturah Centralnogo Chernozemya [Variability of conifer species in test cultures of the Central Chernozem region]. Moscow : NIILGiS, 2007, 296 p. (In Russian).

12. Matisons R., Jansone D., Bādērs E. et al. Weather-growth responses show differing adaptability of scots pine provenances in the south-eastern parts of Baltic Sea region. *Forests*, 2021: 12(12). doi:10.3390/f12121641.

13. Socha J., Tymińska-Czabańska L., Bronisz K., Zięba S., Hawryło P. Regional height growth models for Scots pine in Poland. *Scientific Reports*, 2021: 11(1). doi:10.1038/s41598-021-89826-9.

14. Stavrova N. I., Gorshkov V. V., Katjutin P. N., Bakkal I. J. The structure of Northern Siberian spruce-Scots pine forests at different stages of post-fire succession. *Forests*. 2020; 11 (5): 558. doi:10.3390/f11050558.

15. Shutyaev A. M., Gertych M. Height growth variation in a comprehensive Eurasian provenance experiment of (*Pinus sylvestris* L.). *Silvae Genetica*. 1997; 46 (6): 332-349.

16. Shytyaev A. M., Gertych M. Genetic Subdivisions of the Range of Scots Pine (*Pinus sylvestris* L.) Based on a Transcontinental Provenance Experiment. *Silvae Genetica*, 2000; 49: 137-151.

17. Yrttimaa T., Saarinen N., Kankare V. et al. Multisensorial close-range sensing generates benefits for characterization of managed Scots pine (*Pinus sylvestris* L.) stands. *ISPRS Int. J. Geo-Information*. 2020; 9: 1–14. doi: 10.3390/ijgi9050309.

18. Pritzel J., Falk V., Reger B., Ul Pretsche G., Zimmermann L. Half a century of monitoring the ecosystem of the common pine forest reveals the long-term consequences of atmospheric deposition and climate change. *Biology of global changes*. 2020; 26 (10): 5796-5815. DOI: 10.1111 / gcb .15265.

19. Bose A. et al. The growth and resistance of Scots pine to extreme droughts in Europe depend on the growth conditions that preceded the drought. *Biology of global Changes*, 2020; 26 (8): 4521-4537. DOI: 10.1111 / gcb. 15153.

20. Mieziute O., Dubrovskis E., Ruba J. Tree trunk quality and sanitary condition *Pinus sylvestris* L., *Picea abies* (L.) H. Karst. and *Betula pendula* roth on forest agricultural lands. *International multidisciplinary scientific conference «Geology and management of mountain ecology»*. 2017 SGEM 17 (32): 999-1006.

Сведения об авторах

✉ *Михайлова Мария Игоревна* – аспирант кафедры лесоводства, лесной таксации и лесоустройства ФГБОУ ВО «Воронежский государственный лесотехнический университет имени Г.Ф. Морозова», ул. Тимирязева, 8, г. Воронеж, 394087, Российская Федерация, e-mail: schaxina.mary@yandex.ru.

Чернышов Михаил Павлович – профессор кафедры лесоводства, лесной таксации и лесоустройства ФГБОУ ВО «Воронежский государственный лесотехнический университет имени Г.Ф. Морозова», ул. Тимирязева, 8, г. Воронеж, 394087, Российская Федерация, e-mail: lestaks53@mail.ru.

Information about the authors

✉ *Maria I. Mikhailova* – post-graduate student of the Department of forestry, forest taxation and forest management, Voronezh State University of Forestry and Technologies named after G.F. Morozov, Timiryazev str., 8, Voronezh, 394087, Russian Federation, e-mail: schaxina.mary@yandex.ru.

Mikhail P. Chernyshov – Professor of the Department of forestry, forest taxation and forest management, Voronezh State University of Forestry and Technologies named after G.F. Morozov, Timiryazev str., 8, Voronezh, 394087, Russian Federation, e-mail: lestaks53@mail.ru.

✉ – Для контактов/Corresponding author