

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«ВОРОНЕЖСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ЛЕСОТЕХНИЧЕСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ ИМЕНИ Г.Ф. МОРОЗОВА»

ЛЕСНЫЕ ЭКОСИСТЕМЫ В УСЛОВИЯХ МЕНЯЮЩЕГОСЯ КЛИМАТА:
ПРОБЛЕМЫ И ПЕРСПЕКТИВЫ

Материалы Международной научно-практической конференции,
посвященной 110-летию кафедры лесоводства, лесной таксации
и лесоустройства и 95-летию ВГЛТУ

Воронеж, 15 мая 2025 г.

MINISTRY OF SCIENCE AND HIGHER EDUCATION
OF THE RUSSIAN FEDERATION
FEDERAL STATE BUDGET EDUCATIONAL INSTITUTION
OF HIGHER EDUCATION
«VORONEZH STATE UNIVERSITY OF FORESTRY AND TECHNOLOGIES
NAMED AFTER G.F. MOROZOV»

FOREST ECOSYSTEMS IN A CHANGING CLIMATE:
PROBLEMS AND PROSPECTS

Materials of the International Scientific and Practical Conference,
dedicated to the 110th anniversary of the Department of Forestry, Forest Inventory
and Forest Management and the 95th anniversary of VSUFT

Voronezh, May 15, 2025

Voronezh 2025

Л50 Лесные экосистемы в условиях меняющегося климата: проблемы и перспективы : материалы Международной научно-практической конференции, посвященной 110-летию кафедры лесоводства, лесной таксации и лесоустройства и 95-летию ВГЛТУ, Воронеж, 15 мая 2025 г. / отв. ред. М. А. Тувышкина ; М-во науки и высшего образования РФ, ФГБОУ ВО «ВГЛТУ». – Воронеж, 2025. – 386 с. – URL: <https://vgltu.ru/nauka/konferencii/2025/konferenciya-lesnye-ekosistemy-v-usloviyah-menyayuwegosya-klimata-problemy-i-perspektivy/>. – Текст: электронный.

ISBN 978-5-7994-1195-4

В сборнике представлены статьи участников Международной научно-практической конференции «Лесные экосистемы в условиях меняющегося климата: проблемы и перспективы», посвященной 110-летию кафедры лесоводства, лесной таксации и лесоустройства и 95-летию ВГЛТУ, состоявшейся 15 мая 2025 г. в городе Воронеж на базе ФГБОУ ВО «Воронежский государственный лесотехнический университет имени Г.Ф. Морозова».

Цель конференции – конструктивное обсуждение и разработка путей решения современных проблем в области лесоводства, лесоустройства, государственного управления лесами, борьбы с лесными пожарами, защиты леса от вредителей и болезней, лесовосстановления и лесоразведения.

Материалы конференции предназначены для ученых и специалистов в области лесных отношений, преподавателей учебных заведений лесного профиля, молодых ученых, аспирантов, магистрантов, студентов, а также всех, интересующихся рассматриваемыми на конференции проблемами.

УДК 630*181:574.42

СОДЕРЖАНИЕ

Лесоведение, лесоводство, лесные пожары и борьба с ними

Драпалюк М.В., Морковина С.С., Матвеев С.М. К 110-летию кафедры лесоводства, лесной таксации и лесоустройства ВГЛТУ.....	10
Антонов Е.И., Дорощенко Э.В., Коренев И.А., Ермолаева Н.В. Показатели насаждений березы как сырьевого ресурса для производства фанеры.....	14
Беликова К.Н., Славский В.А. Оценка влияния толщины лесной подстилки на возникновение пожароопасной ситуации в сосновых насаждениях Воронежской области.....	18
Беляева Н.В., Ищук Т.А. Практика проведения выборочных рубок в Боровском лесничестве Ленинградской области.....	23
Горичев Ю.П. О высотной дифференциации широколиственных и темнохвойных насаждений на западном склоне Южного Урала.....	28
Кабанов М.Н., Данченко М.А. Зависимость количества подроста сосны обыкновенной от полноты древостоя.....	33
Лыков И.В. Оценка эффективности лесоводственного метода борьбы с <i>Heterobasidion annosum</i> (fr.) Bref., основанного на сгребании лесной подстилки в валики по междурядьям в Воронежских насаждениях сосны обыкновенной.....	37
Наконечная Т.С., Славский В.А. Пирогенная устойчивость лесных экосистем в Воронежской области в зависимости от густоты подлеска.....	44
Подоксенова А.А., Чернышов М.П. Терминология в сфере охраны лесов от пожаров и её совершенствование.....	49
Тюкавина О.Н., Ханталиа М.А., Сурина Е.А. Способы лесовосстановления, применяемые в Приарктической зоне Европейского Севера.....	55
Шешнищан Т.Л., Шешнищан С.С. Сравнительный анализ автотрофной и гетеротрофной составляющей эмиссии углекислого газа из почв в Воронежской нагорной дубраве и Усманском бору.....	61
Лесоустройство, лесопользование, информационные технологии и ГИС в лесной отрасли	
D.V. Koleda. Analysis of key challenges in developing artificial intelligence -driven software solutions for forest management in China.....	68
C. Pascual, A. Hernando-Gallego, J.D. Araya, A. Rodríguez-Vivancos, A. García-Abril. Comparison of the cost and accuracy of a forest inventory using als auxiliar data with a traditional field data inventory.....	75
Абишев К.Б., Шевелина И.В., Демидова А.В., Нагимов З.Я., Воробьева Т.С. Оценка точности определения основных таксационных показателей деревьев мобильным лазерным 3D сканером Л-Скан Нано.....	80
Алабдуллахалхасно Хасан, Коптев С.В. Анализ динамики лесов арктического региона с использованием модели Random Forest.....	85
Водолажский А.Н., Асеева Я.Н. Обследование дорожно-тропиночной сети в отдельных кварталах Сомовского лесничества с применением ГИС-технологий.....	92
Мироненко А.В. Применение вегетационного индекса NDVI для оценки состояния лесов.....	98
Мироненко А.В., Матвеев С.М., Славский В.А., Еськов В.А. Разработка алгоритма корректировки класса природной пожарной опасности на территории лесостепной зоны Воронежской области.....	105
Носова С.А., Сериков М.Т. Анализ видов лесонарушений на территории Пригородного лесничества Воронежской области.....	111
Сериков М.Т. Особенности восстановления характеристики утилизированных насаждений методом исследования аналоговых объектов.....	116

Троц В.Б., Троц Н.М. Экологические особенности и лесной фонд МКУ «Тольяттинское лесничество».....	122
Чернышов М.П. Разнообразие дубовых насаждений Центрального Черноземья и их лесоводственно-хозяйственная классификация.....	130
Биоиндикация и мониторинг состояния лесных экосистем	
М.А. Tigranyan, Y.A. Yanbaev, G.Yu. Pogosyan, A.M. Karapetyan. Impacts of euproctis chrysorrhoea on oak forests in Armenia. Feeding behavior, defoliation patterns, and implications for forest vulnerability.....	137
Балакин Д.С., Нагимов З.Я., Моисеев П.А., Григорьев А.А., Вьюхин С.О. Особенности формирования древостоев ели в высокогорьях Южного Урала.....	142
Горобец А.И. Влияние рекреационной дигрессии на ценозы ивы пурпурной в условиях берега Воронежского водохранилища.....	149
Дегтярева С.И., Дорофеева В.Д. Методологические подходы к биомониторингу лесных и синантропизированных экосистем.....	155
Кулакова Н.Ю. Взаимосвязь различных показателей состояния дуба черешчатого в условиях автотранспортного загрязнения.....	161
Поддубная А.В., Литовченко Д.А. Оценка жизнеспособности лесных культур на карбоновом полигоне Воронежской области.....	167
Миленин А.И., Мамонов Д.Н. Динамика роста и развития смешанных дубрав ЦЧР, особенности депонирования углерода.....	172
Моисеева Е.В., Крамарева Т.Н. Оценка состояния лесных экосистем Порецкого участкового лесничества Московской области.....	177
Наместникова Е.А. Результаты мониторинга экосистемы плодового сада (на примере яблони) в условиях изменяющегося климата территории возделывания.....	182
Прожерина Н.А. Особенности роста и водного режима хвои ели (<i>Picea abies</i> (L.) Karst. x <i>P. obovata</i> (Ledeb.)) в изменяющихся климатических условиях на примере географических культур Архангельской области.....	187
Никитенко В.В., Тихонова Е.Н., Шешницан С.С. Оценка современного состояния древостоя 120-летней прибалочной лесной полосы в природном заказнике «Каменная Степь».....	193
Рыбалкина Н.В., Тунякин В.Д. Динамика развития защитных лесных полос Каменно-Степного агролесомелиоративного комплекса в зависимости от породного состава.....	199
Цуканова Е.М., Ткачев Е.Н. Алгоритм возникновения аномалий в развитии растений яблони в зависимости от флуктуаций водно-температурного режима.....	205
Хох А.Н. Изменчивость элементного состава ксилемы сосны обыкновенной в зависимости от специфики почвенно-грунтовых условий произрастания и фазы вегетации.....	210
Шабанов С.И., Сиволапов В.А., Оруджов Ю.С., Чаплин А.М. Устойчивость семенных и порослевых насаждений ясеня при поражении <i>Hymanoscyphus fraxineus</i>	216
Шестакова А.И., Ревин А.И., Тувышкина М.А. Состояние сосновых культур Россошанского лесничества Воронежской области и мероприятия по улучшению их продуктивности.....	224
Изменения и колебания климата, дендрохронология, дендроклиматология	
А.М. Karapetyan, A.S. Stepanyan, Zh.A. Fafuryan, Y.A. Yanbaev. Climate dynamics in Armenia from 1938 to 2023.....	229
Буц П.А., Матвеев С.М., Литовченко Д.А., Малюхова А.В. Динамика радиального прироста сосны обыкновенной (<i>Pinus sylvestris</i> L.) в лесорастительных условиях влажной субори.....	234
Карташова Н.П., Никитенко В.В., Карташов Е.К. Чистая первичная продукция живого напочвенного покрова лесостепных экосистем Окско-Донской равнины.....	240

Матвеев С.М., Литовченко Д.А., Нестеров Ю.А. Динамика температуры воздуха (сезонной, годовой) по данным метеостанций Центральной лесостепи.....	247
Савченкова В.А., Малышев Д.А., Раздымахо А.А. Проблемы определения возраста деревьев по кернам.....	251
Подрезова Ю.А. Влияние современного изменения климата на температуру почвы в центральной и южной части лесостепной зоны Русской равнины.....	257
Экологические функции и многоцелевое использование лесов	
Владимирова В.В., Литовченко Д.А. Оценка санитарного состояния ясеневых насаждений в Вейделевском лесничестве Белгородской области.....	264
Попов А.В. Коридорный способ выращивания долговечных защитных лесных насаждений Каменной Степи.....	270
Царалунга А.В., Гарнага В.В. Санитарное состояние дубовых насаждений под воздействием рекреационных нагрузок.....	274
Генетика, селекция, семеноводство, интродукция, технологические аспекты лесоразведения и лесовыращивания	
Комарова О.В., Шипилова В.Ф. Опыт интродукции церциса канадского в Воронежской области: биология, экология и перспективы использования.....	279
Копыленкова А.А., Журихин А.И. Результаты исследования сосны крымской, сосны Станкевича и сосны обыкновенной в культурах ГКУ "Севастопольское лесничество"..	285
Кормилицын Д.В., Войтов Д.Ю., Кормилицына О.В., Бондаренко В.В. Автоматизированный комплекс для оценки условий роста, количества и качества выращиваемого посадочного материала в лесопитомниках.....	291
Кузнецова Н.Ф., Одинцов А.Н., Малышева В.И. Выращивание сеянцев кандидата в сорт сосны обыкновенной «80-летие Победы» с закрытой корневой системой в тепличном комплексе Воронежского лесопожарного центра.....	297
Левин С.В., Левин И.С. Анализ состояния лесосеменной плантации псевдотсуги Мензиса в условиях Семилукского коллекционно - маточного дендрария Воронежской области.....	303
Мельник П.Г., Королева А.П., Терехина М.С. Динамика показателей массы семян лиственницы европейской за шестилетний период в условиях северо-восточного Подмосковья.....	310
Попова А.А., Попова В.Т., Евлаков П.М., Шестибратов К.А. Пределы изменчивости физиолого-биохимических реакций потомства полусибирских семей плюсовых деревьев дуба черешчатого на засуху.....	313
Сиволапов А.И., Благодарова Т.А., Сиволапов В.А. Развитие селекции древесных растений в Воронеже с XX и в начале XXI века.....	317
Страздаускас С.Е., Сунгурова Н.Р. Анализ искусственного лесовосстановления в условиях Европейского Севера.....	324
Троц В.Б., Троц Н.М. Использование сосновой водной вытяжки в качестве биостимулятора яровой пшеницы.....	331
Тувышкина М.А., Водолажский А.Н. Количественная оценка работ по лесовосстановлению и лесоразведению на землях лесного фонда в лесах Центральной лесостепи.....	338
Чекменева Ю.В., Кузнецова И.Е., Виноградова А.А. Сезонное развитие некоторых хвойных видов в г. Воронеж в вегетационный период 2024 года.....	344
Чугреев М.Ю. Состояние генеративной сферы интродуцированной сосны желтой в Воронежской области.....	351
Современные проблемы лесной отрасли: прикладные и инновационные решения	
Веретенников В.В. Лесовосстановительные рубки в дубравах Белгородской области..	357
Елисеев С.Г., Казизин С.Н. Динамика биodeградации древесины в погибших древостоях пихты сибирской.....	363

Малышев Е.В., Стоноженко Л.В. Динамика показателей качества древесины в повреждённых сосновых древостоях Владимирской области.....	368
Панкратова Н.Н. Оценка уровня и динамики развития лесного потенциала в регионах Дальневосточного федерального округа.....	374
Ревин А.И., Тувышкина М.А. Перевод малоценных лиственных насаждений в ценные с преобладанием хвойных пород в Талдомском лесничестве Московской области.....	380

CONTENT

Forestry, forestry, forest fires and fire control

Drapaluk M.V., Morkovina S.S., Matveev S.M. To the 110th anniversary of the department of forestry, forest inventory and forest management of VSUFT.....	10
Antonov E.I., Doroshchenkova E.V., Korenev I.A., Ermolaeva N.V. Indicators of birch stands as a raw material resource for plywood production.....	14
Belikova K.N., Slavskiy V.A. Assessment of the influence of forest litter thickness on the occurrence of fire hazard situations in pine stands of the Voronezh region.....	18
Beliaeva N.V., Ishchuk T.A. The practice of selected forest cutting in the Borovsky forestry of the Leningrad region.....	23
Gorichev Y.P. On the high-altitude differentiation of broad-leaved and dark-coniferous plantations on the western slope of the Southern Urals.....	28
Kabanov M.N., Danchenko M.A. Dependence of the pine undergrowth quantity on the stand density.....	33
Lykov I.V. Evaluation of the effectiveness of the forestry method of combating <i>Heterobasidion annosum</i> (fr.) Bref., based on raking forest litter into rollers between rows in Voronezh stands of scots pine.....	37
Nakonechnaya T.S., Slavskiy V.A. Pyrogenic stability of forest ecosystems in the Voronezh region depending on the density of undergrowth.....	44
Podoksenova A.A., Chernyshov M.P. Terminology in the field of forest fire protection and its improvement.....	49
Tyukavina O.N., Khantalina M.A., Surina E.A. Reforestation methods used in the Arctic zone of the European North.....	55
Sheshnitsan T.L., Sheshnitsan S.S. Comparative analysis of autotrophic and heterotrophic components of carbon dioxide emissions from soils in the Voronezh upland oak forest and Usmansky pine forest.....	61

Forest management, forest management, information technology and GIS in the forestry industry

D.V. Koleda Analysis of key challenges in developing artificial intelligence -driven software solutions for forest management in China.....	68
C. Pascual, A. Hernando-Gallego, J.D. Araya, A. Rodríguez-Vivancos, A. García-Abril Comparison of the cost and accuracy of a forest inventory using als auxiliar data with a traditional field data inventory.....	75
Abishev K.B., Shevelina I.V., Demidova A.V., Nagimov Z.Ya., Vorobyova T.S. Assessment of the accuracy of determining the main tax indicators of trees mobile 3D laser scanner L-Scan Nano.....	80
Alabdullahalhasno Hasan, Koptev S.V. Analysis of forest dynamics in the arctic region using the Random Forest model.....	85
Vodolazhskiy A.N., Aseeva Ya.N. Survey of the road and trail network in separate blocks of Somovskoe forestry using gis technologies.....	92
Mironenko A.V. Application of the NDVI vegetation index for forest assessment.....	98
Mironenko A.V., Matveev S.M., Slavsky V.A., Eskov V.A. Development of an algorithm for correcting the class of natural fire danger in the forest-steppe zone of the Voronezh region.....	105
Nosova S.A., Serikov M.T. Analysis of forest disruptions in the suburban forestry of the Voronezh region.....	111
Serikov M.T. Features of restoration of the characteristics of recycled plantings by the method of studying analog objects.....	116
Trots V.B., Trots N.M. Ecological features and forest fund of MCU "Tolyatti forestry".....	122
Chernyshov M.P. Diversity of oak plantations in the Central Chernozem region and their forestry classification.....	130

Bioindication and monitoring of forest ecosystems

M.A. Tigranyan, Y.A. Yanbaev, G.Yu. Pogosyan, A.M. Karapetyan Impacts of euproctis chrysorrhoea on oak forests in Armenia. Feeding behavior, defoliation patterns, and implications for forest vulnerability.....	137
Balakin D.S., Nagimov Z.Ya., Moiseev P.A., Grigoriev A.A., Vyukhin S.O. Features of spruce stand formation in the high mountains of the Southern Urals.....	142
Gorobets A.I. Effect of recreational digression on cenoses purple willow in the conditions of the shore of the Voronezh reservoir.....	149
Degtyareva S.I., Dorofeeva V.D. Methodological approaches to biomonitoring of forest and synanthropized ecosystems.....	155
Kulakova N.Yu. Interrelationship between various indicators of the state of endocrinous oak under conditions of transport pollution.....	161
Poddubnaya A.V., Litovchenko D.A. Assessment of viability of forest crops at the carbon polygon of the Voronezh region.....	167
Milenin A.I., Mamonov D.N. Dynamics of growth and development of mixed oak forests of the Central Black Earth region, features of carbon deposition.....	172
Moiseeva E.V., Kramareva T.N. Assessment of the state of forest ecosystems of the Poretskoy district forestry of the Moscow region.....	177
Namestnikova E.A. Results of monitoring the fruit garden ecosystem (on the example of apple tree) in the conditions of changing climate of the cultivation territory.....	182
Prozherina N.A. Features of growth and water regime of spruce needles (<i>Picea abies</i> (L.) Karst. x <i>P. obovata</i> (Ledeb.)) in changing climate on the example of provenance test in the Arkhangelsk region.....	187
Nikitenko V.V., Tikhonova E.N., Sheshnitsan S.S. Assessment of the current state of the 120-year-old forest shelterbelt in the natural reserve Kamennaya Steppe nature reserve.....	193
Rybalkina N.V., Tunyakin V.D. Dynamics of development of protective forest strips Stone Steppe agroforestry complex depending on the breed composition.....	199
Tsukanova E.M., Tkachev E.N. Algorithm for the occurrence of anomalies in apple plants depending on water-temperature regime fluctuations.....	205
Khokh A.N. Variability of the elemental composition of xylem of scots pine depending on the specificity of soil and ground conditions of growth and the phase of vegetation.....	210
Shabanov S.I., Sivolapov V.A., Orudzhov Yu.S., Chaplin A.M. Resistance of seed and growth plantings of ash under the influence of <i>Hymenoscyphus fraxineus</i>	216
Shestakova A.I., Revin A.I., Tuvyshkina M.A. The state of pine crops of Rossoshanskoe forestry of Voronezh region and measures to improve their productivity.....	224
Climate changes and variations, dendrochronology, dendroclimatology	
A.M. Karapetyan, A.S. Stepanyan, Zh.A. Fafuryan, Y.A. Yanbaev Climate dynamics in Armenia from 1938 to 2023.....	229
Butz P.A., Matveev S.M., Litovchenko D.A., Malukhova A.V. Dynamics of radial increment of scots pine (<i>Pinus sylvestris</i> . L.) on wet, medium-fertile soils.....	234
Kartashova N.P., Nikitenko V.V., Kartashov E.K. Pure primary production of living ground cover of forest-steppe ecosystems the Oka-Don plain.....	240
Matveev S.M., Litovchenko D.A., Nesterov Yu.A. Dynamics of air temperature (seasonal, annual) according to data from weather stations of the Central forest-steppe.....	247
Savchenkova V.A., Malyshev D.A., Razdymakho A.A. Problems of determining the age of trees on kern.....	251
Podrezova Yu.A. Influence of modern climate change on soil temperature in the central and southern part of the forest-steppe zone of the Russian plain.....	257

Ecological functions and multiple uses of forests

Vladimirova V.V., Litovchenko D.A. Assessment of the sanitary condition of ash stands in the Veidelevskoe forestry of the Belgorod region.....	264
--	-----

Popov A.V. Corridor method of cultivating long-lasting protective forest plantations of Stone Steppe.....	270
Tsaralunga A.V., Garnaga V.V. Sanitary condition of oak plants under the influence of recreational loads.....	274
Genetics, selection, seed production, introduction, technological aspects of afforestation and forest cultivation	
Komarova O.V., Shipilova V.F. Experience of introducing <i>Cercis canadensis</i> in Voronezh region: its biology, ecology, and prospects of introduction.....	279
Kopylenkova A.A., Zhurikhin A.I. Results of the study of crimean pine, Stankevich pine, and scots pine in the plantations of the state public institution «Sevastopol forestry enterprise».....	285
Kormilitsyn D.V., Voytov D.Y., Kormilitsyna O.V., Bondarenko V.V. Automated complex for estimation of growth conditions, quantity and quality of growing planting material in forest nurseries.....	291
Kuznetsova N.F., Odintsov A.N., Malysheva V.I. Cultivation of seedlings of candidate varieties of scots pine “80th anniversary of Victory” with a closed root system in the greenhouse complex of the Voronezh forest fire center.....	297
Levin S.V., Levin I.S. Analysis of the state of the pseudotsuga Menzies wood-seed plantation in the conditions of the Semiluksky collection and uterine arboretum of the Voronezh region.....	303
Mel’nik P.G., Koroleva A.P., Terekhina M.S. Six-year dynamics of seed mass in european larch under northeastern Moscow region condition.....	310
Popova A.A., Popova V.T., Evlakov P.M., Shestibratov K.A. Limits of variability of physiological and biochemical reactions of offspring of semi-siberian families of black oak trees to drought.....	313
Sivolapov A.I., Blagodarova T.A., Sivolapov V.A. Development of wood plant breeding in Voronezh from the XXth to the early XXIst century.....	317
Strazdauskas S.E., Sungurova N.R. Analysis of artificial reforestation in the conditions of the European North.....	324
Trots V.B., Trots N.M. The use of pine water extract as a biostimulator of spring wheat....	331
Tuvyshkina M.A., Vodolazhskiy A.N. Quantification of reforestation and afforestation on forest fund lands in the forests of the Central forest steppe.....	338
Chekmeneva Yu.V., Kuznetsova I.E., Vinogradova A.A. Seasonal development of select coniferous species in Voronezh during the vegetation period of 2024.....	344
Chugreev M.Yu. The state of the generative sphere of the introduced western yellow pine in the Voronezh region.....	351
Modern problems of the forest industry: applied and innovative solutions	
Veretennikov V.V. Reforestation in the oak forests of the Belgorod region.....	357
Eliseev S.G., Kazitsin S.N. Dynamics of wood biodegradation in dead siberian fir stands...	363
Malyshev E.V., Stonozhenko L.V. Dynamics of wood quality indicators in damaged pine stands of the Vladimir region.....	368
Pankratova N.N. Assessment of the level and dynamics of forest potential in the regions of the Far Eastern federal district.....	374
Revin A.I., Tuvyshkina M.A. Transfer of low-value deciduous stands into valuable ones with prevailability of conifers in Taldom forestry of Moscow region.....	380

ЛЕСОВЕДЕНИЕ, ЛЕСОВОДСТВО, ЛЕСНЫЕ ПОЖАРЫ И БОРЬБА С НИМИ

DOI:10/58168/FECC2025_10-13

УДК 378.1:630

**К 110-ЛЕТИЮ КАФЕДРЫ ЛЕСОВОДСТВА, ЛЕСНОЙ ТАКСАЦИИ
И ЛЕСОУСТРОЙСТВА ВГЛТУ**

М.В. Драпалюк, С.С. Морковина, С.М. Матвеев

Воронежский государственный лесотехнический университет имени Г.Ф. Морозова,
г. Воронеж, Россия, e-mail: md@vglta.vrn.ru

Аннотация. Кафедра лесоводства, лесной таксации и лесоустройства ВГЛТУ 1 мая 2025 года отмечает свой 110-летний юбилей. На кафедре сформирован слаженный, эффективный, инициативный и целеустремленный коллектив, который успешно участвует в решении многих проблем лесного хозяйства. Коллектив кафедры также активно участвует в реализации всех уровней подготовки специалистов лесного хозяйства.

Ключевые слова: кафедра, юбилей, коллектив, лесное хозяйство.

**TO THE 110TH ANNIVERSARY OF THE DEPARTMENT OF FORESTRY,
FOREST INVENTORY AND FOREST MANAGEMENT OF VSUFT**

M.V. Drapaluk, S.S. Morkovina, S.M. Matveev

Voronezh State University of Forestry and Technologies named after G.F. Morozov,
Voronezh, Russia, e-mail: md@vglta.vrn.ru

Abstract. The Department of Forestry, Forest Inventory and Forest Management of VSUFT marks its 110th anniversary on May 1, 2025. The department has formed a well-coordinated, efficient, proactive and goal-oriented team, and it successfully participates in solving many forestry problems. The department team also actively participates in the implementation of all levels of training for forestry specialists.

Keywords: department, anniversary, staff, forestry.

Воронежскому государственному лесотехническому университету им Г.Ф. Морозова в 2025 г. исполняется 95 лет. Однако, кафедра лесоводства, лесной таксации и лесоустройства ВГЛТУ старше ВУЗа и 1 мая 2025 года отмечает 110-летний юбилей.

При организации Воронежского сельскохозяйственного института (ВСХИ, основан в 1912 г.) с самого начала предполагалось иметь в нем две специальности – агрономическую и

лесную. В 1912 и 1913 гг. были созданы общие кафедры, а организация специальных кафедр была отложена на следующие годы. В 1914 г. начало войны с Германией изменило планы организации ВУЗа, решено было ограничиться агрономическим отделением [1].

В 1915 г., в соответствии с учебным планом ВСХИ, был объявлен конкурс на замещение должности заведующего кафедрой энциклопедии лесоводства. По итогам конкурса, **1 мая 1915 г. заведующим кафедрой энциклопедии лесоводства избран лесничий Мариупольского опытного лесничества Николай Петрович Кобранов**. В 1916 г. (15 августа), по конкурсу, старшим ассистентом на кафедру энциклопедии лесоводства был избран помощник лесничего Хреновского опытного лесничества и преподаватель Хреновской лесной школы О.Г. Каппер [2, 3].

Летом 1918 г. совет ВСХИ постановил открыть лесное отделение с 1 октября 1918 г.

В 1919 г. были проведены выборы состава кафедр лесного отделения.

В 1930 г. на базе лесного факультета был учрежден Воронежский лесотехнический институт (с 2015 г. – Воронежский государственный лесотехнический университет им Г.Ф. Морозова).

В 2011 году произошло объединение двух ведущих кафедр лесного факультета – кафедры лесоводства и кафедры лесной таксации и лесоустройства. Объединённая кафедра и название получила объединённое: кафедра лесоводства, лесной таксации и лесоустройства. Объединение двух коллективов не было просто «арифметическим сложением», особенно с учётом не простых тенденций в системе образования этого периода, приведших к значительным снижениям учебной нагрузки на кафедрах и всё возрастающим требованиям к активизации научно-исследовательской работы. Сформировать слаженный, работоспособный, инициативный и целеустремлённый коллектив, способный решать современные, разносторонние научные задачи отрасли – не простая задача. Её решение – дело далеко не одного дня и даже года.

На кафедре лесоводства, лесной таксации и лесоустройства сформировался такой коллектив, и он успешно участвует в решении многих задач лесного хозяйства, стоящих на повестке дня. Министерства и ведомства выделяют ГРАНТы и Государственные задания на решение сложных современных проблем отрасли, на её развитие. Коллектив кафедры и сегодня участник многих научных проектов в сфере развития лесного хозяйства.

В тематике научно-исследовательской работы кафедры определены несколько приоритетных направлений: мониторинг лесных экосистем, лесопожарный мониторинг, рекреационное лесоводство, генетико-селекционные аспекты плантационного лесоводства, лесоправление, оценка комплексной продуктивности лесных насаждений, актуализация лесной таксации и лесоустройства на урбанизированных территориях, ГИС в лесной отрасли. Сохраняется и развивается созданная профессором В.И. Таранковым, научная школа дендрохронологии и дендроклиматологии.

На кафедре подготовлено более 70 кандидатов и докторов наук.

За последние 14 лет (с момента объединения, с 2011 г.) профессорско-преподавательским коллективом кафедры опубликован ряд ценных научных монографий (более 15), учебных пособий и текстов лекций (более 25). В том числе **монографии**:

- «Жара 2010 года в Центральном Черноземье: последствия, причины, прогнозы» (2012) Акимов Л.М., Куролап С.А., Матвеев С.М., Давыдова Н.С., Дмитриева В.А;
- «Интродукция, селекция, и культивирование орехов рода *Juglans* в Центральном Черноземье» (2013) Славский В.А., Николаев Е.А., Калаев В.Н.;
- «Дубравы лесостепи» (2013) Бугаев В.А., Мусиевский А.Л., Царалунга В.В.
- «Лесоводственно-экологические основы лесовосстановления гарей и горельников ЦЧР» (2014) Сиволапов А.И., Матвеев С.М., Титов Е.В. и др.;
- «Почвы и растительность юга Среднерусской возвышенности в условиях меняющегося климата» (2016) Чендев Ю.Г., Лебедева М.Г., Матвеев С.М. и др.
- «Кедр – царь сибирской тайги» (2020), Титов Е.В.;
- «Орехопродуктивные кедровые плантации и лесосады» (2021), Титов Е.В.;
- «Научно-методические основы сокращения выбросов и увеличения поглощения парниковых газов лесами при осуществлении лесохозяйственных мероприятий и проектной деятельности (лесоклиматических проектов) в субъектах Российской Федерации» (2023) Морковина С.С., Матвеев С.М., Яковенко Н.В. и др.;
- «Географические лесные культуры сосны обыкновенной в Центральном Черноземье» (2024) Чернышов М.П., Михайлова М.И.

Учебные пособия:

- «Лесоводство» (2012) Беспаленко О.Н.;
- «Дендрохронология» (2013) Матвеев С.М., Румянцев Д.Е.;
- «Лесоводство, таксация и лесоустройство» (2016) Беспаленко О.Н., Водолажский, А.Н., Горобец А.И., Матвеев С.М., Миленин А.И., Мироненко А.В., Ревин А.И., Сериков М.Т., Славский В.А., Титов Е.В., Чернышов М.П.
- «Основы лесоустройства рекреационных лесов» (2021) Сериков М.Т.;
- «Основы математического моделирования в лесоустройстве (2021) Сериков М.Т.;
- «Эстетика леса» (2022) Беспаленко О.Н.;
- «Лесоводство» (2022) Титов Е.В.;
- Недревесная продукция леса (2023) Горобец А.И., Славский В.А.;
- «Таксация леса» (2023) Мироненко А.В., Ревин А.И., Мусиевский А.Л.;
- «Управление биологическими и технологическими системами в лесном и лесопарковом хозяйстве» (2023) Матвеев С.М., Славский В.А.

В рамках ВГЛТУ, коллектив кафедры занимает передовые позиции в научных рейтингах с 2016 года. Регулярно (в 2016, 2018, 2020, 2022, 2024 гг) коллектив кафедры входил в тройку сильнейших в ВГЛТУ, в 2022 и 2024 гг – занимал первое место в рейтинге.

На трёх факультетах ВГЛТУ (лесном, лесопромышленном, экономическом) ППС кафедры преподают более 40 учебных дисциплин по направлениям подготовки бакалавров и магистров, а также ведут подготовку студентов СПО.

Основой успешной работы коллектива является умение реализовать потенциал каждого специалиста, дать возможность проявить себя каждому члену коллектива, распределить задачи в соответствии со знаниями и умениями каждого, направив их на

решение общей задачи. Важно, что коллектив умеет работать в команде, выстраивать верный алгоритм действий, приводящий к достижению поставленной цели. Все члены коллектива готовы в нужный момент взять на себя ответственность за руководство каким-либо научным направлением зная, что коллеги не подведут, не самоустранятся – поддержат на всех этапах.

Одним из ключевых положений, способствующих успешной работе, является наличие в коллективе разных поколений учёных: зрелых наставников, инициативных опытных специалистов, молодых активных начинающих исследователей. В настоящее время профессорско-преподавательский коллектив кафедры составляют 4 профессора, доктора наук; 7 доцентов, кандидатов наук; 1 старший преподаватель; 2 преподавателя и 1 ассистент. Две сотрудницы обеспечивают работу кафедры в качестве лаборантов, совмещая работу с преподавательской деятельностью.

Безусловно, ни один коллектив не развивается «в вакууме». Все усилия коллектива кафедры остались бы не востребованными, если бы не мощная поддержка руководства, административного корпуса ВГЛТУ. Нам есть на кого равняться: ректор нашего ВУЗа, проректор по науке и инновациям – серьёзные учёные и дальновидные руководители. Им удалось создать в ВУЗе атмосферу приоритета научного творчества, здорового соревнования научных коллективов, всесторонней моральной и финансовой поддержки учёных. Успехи ВУЗа не остаются незамеченными на всех уровнях Российской науки и в этом заслуга тесного сотрудничества руководства и коллективов исполнителей.

Список литературы

1. Бугаков, В. М. К 100-летию кафедры лесоводства, лесной таксации и лесоустройства ВГЛТА / В. М. Бугаков, М. В. Драпалюк, С. М. Матвеев // Лесные экосистемы в условиях меняющегося климата: проблемы и перспективы : материалы международной научно-технической юбилейной конференции 21-22 мая 2015 г. / отв. ред. С.М. Матвеев ; М-во образования и науки РФ, ФГБОУ ВО «ВГЛТУ». – Воронеж, 2015. – С. 10-13.
2. Воронежский лесохозяйственный институт : монография / О. Г. Капер и др. – Воронеж: ЛХИ, 1953. – С. 4-5.
3. Чернобровцев, М. С. История кафедры лесоводства : рукопись / М. С. Чернобровцев. – Воронеж: ЛХИ, 1967. – 10 с.

References

1. Bugakov, V. M. On the 100th anniversary of the Department of Forestry, Forest Inventory and Forest Management of VSAFT / V. M. Bugakov, M. V. Drapalyuk, S. M. Matveev // Forest ecosystems in a changing climate: problems and prospects : materials of the international scientific and technical anniversary conference on May 21-22, 2015 / ed. S.M. Matveev; Ministry of Education and Science of the Russian Federation, FSBEI of HE "VSAFT ". – Voronezh, 2015. – P. 10-13.
2. Voronezh Forestry Institute : monograph / O.G. Kaper et al. – Voronezh: FI, 1953. – P. 4-5.
3. Chernobrovtssev, M. S. History of the Department of Forestry : manuscript / M. S. Chernobrovtssev. – Voronezh: FI, 1967. – 10 p.

ПОКАЗАТЕЛИ НАСАЖДЕНИЙ БЕРЕЗЫ КАК СЫРЬЕВОГО РЕСУРСА ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА ФАНЕРЫ

Е.И. Антонов¹, Э.В. Дорощенко², И.А. Корнев¹, Н.В. Ермолаева¹

¹Филиал ФБУ ВНИИЛМ «Центрально-европейская лесная опытная станция»,
г. Кострома, Россия, ce-los-lh@mail.ru

²Всероссийский научно-исследовательский институт лесоводства и механизации
лесного хозяйства, г. Пушкино, Московская обл., Россия, doroshcenkova@vniilm.ru

Аннотация. Приведены таксационные показатели берёзовых насаждений различного возраста Шуйского лесничества Ивановской области. К возрасту технической спелости планируемый лесоустройством выход фанерного сырья составляет в березняках в среднем 30 м³/га. Повысить товарность возможно проведением целенаправленных уходов в насаждениях 2–3 класса возраста, где на преобладающих площадях имеется высокая численность деревьев.

Ключевые слова: таксационные показатели, состав, продуктивность, береза, древесина, фанера, вырубки, лесоустройство.

INDICATORS OF BIRCH STANDS AS A RAW MATERIAL RESOURCE FOR PLYWOOD PRODUCTION

E.I. Antonov¹, E.V. Doroshchenkova², I.A. Korenev¹, N.V. Ermolaeva¹

¹Branch of the Federal Budgetary Institution of the All-Russian Research Institute of Forest
Management “Central European Forest Experimental Station”,
Kostroma, Russia, ce-los-lh@mail.ru

²All-Russian Research Institute of Forestry and Forestry Mechanization, Pushkino, Moscow
Region, Russia, doroshcenkova@vniilm.ru

Abstract. The article presents taxation indicators of birch stands of different ages in the Shuya forestry district of the Ivanovo region. By the age of technical maturity, the planned yield of plywood raw materials in birch forests is on average 30 m³/ha. Marketability can be increased by targeted maintenance in stands of age classes 2–3, where the predominant areas have a high number of trees.

Keywords: taxation indicators, composition, productivity, birch, wood, plywood, felling, forest management.

Для современного этапа потребления древесины в народном хозяйстве характерен повышенный спрос на фанерные и плитные материалы, что в свою очередь вызвало увеличение числа производств. В первой четверти 21 века, только в Костромской области, было образовано четыре новых предприятий по выпуску фанеры и древесных плит. Наиболее универсальный продукт производств – фанера, которая в нашей стране вырабатывается из березовых кряжей, в основном способом лущения. С 2010 года объем выпуска фанеры вырос с 2,4 млн. м³ до 3,4 млн. м³ и по прогнозам к 2030 г. может повыситься до 6,8 млн. м³. Сырьём для производства фанеры в нашей стране служит береза, древесина которой имеет однородную структуру, и высокие прочностные характеристики. По соотношению вес/прочность фанера из этой породы превосходит сталь в 3 раза [1]. Важнейшим фактором увеличения выпуска изделий из древесины березы, является также широкое распространение этой породы в лесной зоне страны.

С целью оценки современного состояния лесного фонда для заготовки фанерного сырья, проведен анализ имеющихся современных лесоустроительных сведений по ОГКУ Шуйское лесничество. Лесничество расположено в центральной части Ивановской области на территории Шуйского и Савинского муниципальных районов. Лесные массивы здесь отнесены к северной подзоне хвойно-широколиственных лесов европейской части страны. Благоприятные климатические условия, характер почвообразующих пород и рельеф определили в этой зоне разнообразную по видовому составу растительность. Современные лесные насаждения лесничества состоят в основном из мягколиственных пород, занимающих 65% территории лесного фонда. Преобладают березовые насаждения (69%), осинники (25%) и липняки, произрастающие в сложных (63%) и черничных (25%) группах типов леса. Средний класс бонитета насаждений – 2, полнота – 0,7.

Объектами анализа стали насаждения берёзы различного возраста, состава, продуктивности. По трем лесничествам (Васильевское, Тезинское и Шуйское) были выбраны площади, занятые березовыми насаждениями 20, 40 и 60-летнего возраста [2,3,4].

Через 20 лет, после заселения свежих вырубок (на то время), 70% площадей березовых насаждений имели в составе 60% березы (рисунок 1).

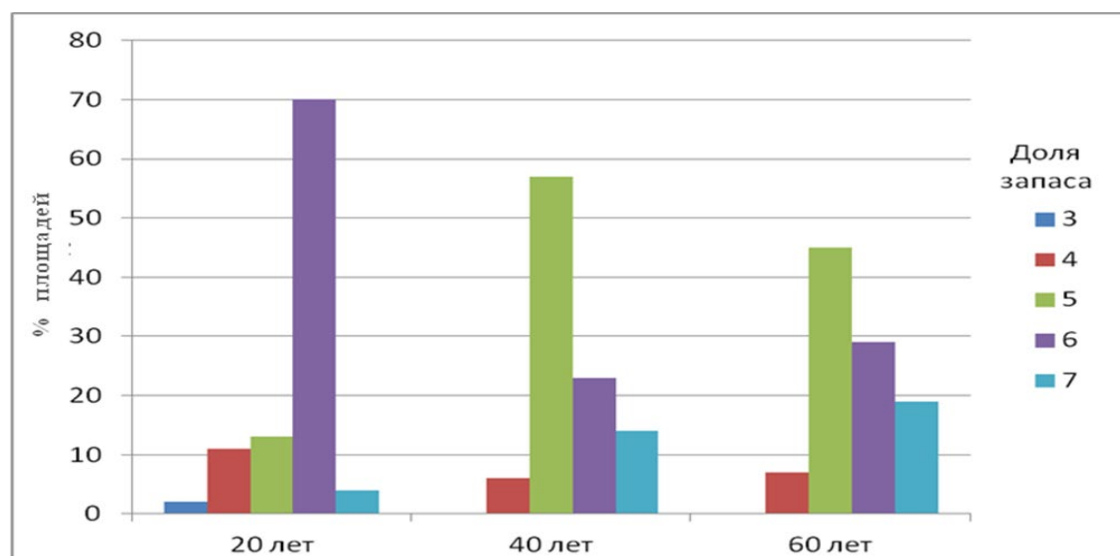


Рисунок 1 – Участие березы в составе насаждений различного возраста

К 40 – летнему возрасту, несколько более половины площадей имели в составе березы 50%, а к времени технической спелости (61 год), участие березы в составе насаждений снизилось до 45%.

Запасы древесины в насаждениях повышаются к более старшему возрасту, составляя в среднем, по 3-м лесничествам в 60 летних березняках 160 м³ (таблица 1).

Таблица 1 – Запасы древесины в насаждениях различного возраста, м³/га

Лесничество	Возраст насаждений, лет		
	20	40	60
Васильевское	41	98	171
Тезинское	38	76	163
Шуйское	48	111	150

Последним лесоустройством проведенным в лесничествах, в спелых березовых насаждениях планируется выход фанерного сырья в размере 35% от запаса. Принимая во внимание, что основная часть (45%) площадей 60-летних березняков имеют в составе 50% березы, то выход фанерного кряжа с этих площадей составит всего лишь 30 м³ на 1 гектар.

Организация ведения хозяйства в лиственных лесах, в целях улучшения товарной структуры может осуществляться комплексом мер, среди которых: выявление ценных по продуктивности и качеству древостоев, разработка и внедрение специальных хозяйственных мероприятий ухода. К ним относятся меры по отбору перспективных деревьев, изреживание насаждений, проведение различных подкормок. На преобладающих площадях 20 – летних насаждений имеется высокая численность берёзы, что является хорошей перспективой проведения в них целенаправленных уходов.

Список литературы

1. Рябинина, О.А. Обзор рынка берёзового фанерного кряжа. Текущее состояние и перспективы развития. – URL: <https://proderevo.net>.
2. Комитет Ивановской области по лесному хозяйству. ОГКУ Шуйское лесничество. Таксационные описания Васильевского участкового лесничества (по состоянию на 01.01.2019 г.) / Лесоустроительное предприятие ООО Костромалеспроект, 2019 г. 1106 с.
3. Комитет Ивановской области по лесному хозяйству. ОГКУ Шуйское лесничество. Таксационные описания Тезинского участкового лесничества (по состоянию на 01.01.2018 г.) / Лесоустроительное предприятие ООО Костромалеспроект, 2018 г. 1166 с.
4. Комитет Ивановской области по лесному хозяйству. ОГКУ Шуйское лесничество. Таксационные описания Шуйского участкового лесничества (по состоянию на 01.01.2019 г.) / Лесоустроительное предприятие ООО Костромалеспроект, 2019 г. 1208 с.

References

1. Ryabinina, O.A. Birch veneer log market review. Current status and development prospects. – URL: <https://proderevo.net>.
2. Ivanovo Region Forestry Committee. OGKU Shuya forestry. Taxation descriptions of the Vasilievsky district forestry (as of 01.01.2019) / Forest management enterprise OOO Kostromalesproekt, 2019. 1106 p.
3. Ivanovo Region Forestry Committee. OGKU Shuya forestry. Taxation descriptions of the Tezinsky district forestry (as of 01.01.2018) / Forest management enterprise OOO Kostromalesproekt, 2018. 1166 p.
4. Ivanovo Region Forestry Committee. OGKU Shuya forestry. Taxation descriptions of the Shuya district forestry (as of 01.01.2019) / Forest management enterprise OOO Kostromalesproekt, 2019, 1208 p.

ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ ТОЛЩИНЫ ЛЕСНОЙ ПОДСТИЛКИ НА ВОЗНИКНОВЕНИЕ ПОЖАРООПАСНОЙ СИТУАЦИИ В СОСНОВЫХ НАСАЖДЕНИЯХ ВОРОНЕЖСКОЙ ОБЛАСТИ

К.Н. Беликова, В.А. Славский

Воронежский государственный лесотехнический университет имени Г.Ф. Морозова
г. Воронеж, Россия, e-mail xsubelikova003@gmail.com

Аннотация. В работе рассматривается динамика накопления древесного опада в зависимости от лесорастительных условий, как один из ключевых факторов влияния на возникновение пожароопасной обстановки в сосновых насаждениях. Проведённые исследования на участках Пригородного лесничества Воронежской области показали, что наибольшая толщина лесной подстилки (среди наиболее горимых участков) отмечена в ТЛУ В2. Полученные данные могут быть использованы для разработки мер по снижению природной пожарной опасности в лесах.

Ключевые слова: охрана лесов, лесная подстилка, лесорастительные условия, пожарная опасность.

ASSESSMENT OF THE INFLUENCE OF FOREST LITTER THICKNESS ON THE OCCURRENCE OF FIRE HAZARD SITUATIONS IN PINE STANDS OF THE VORONEZH REGION

K.N. Belikova, V.A. Slavskiy

Voronezh State University of Forestry and Technologies named after G.F. Morozov
Voronezh, Russia, e-mail: xsubelikova003@gmail.com

Abstract. The paper examines the dynamics of accumulation of wood litter depending on forest growth conditions as one of the key factors influencing the occurrence of fire hazard in pine stands. The studies conducted in the areas of the Prigorodnoye forestry of the Voronezh region showed that the greatest thickness of the forest litter (among the most flammable areas) is noted in TLU B2. The data obtained can be used to develop measures to reduce natural fire hazard in forests.

Keywords: forest protection, forest litter, forest growth conditions, fire hazard.

Ежегодно выделяются колоссальные средства на охрану лесов от пожаров, но на данный момент нет эффективных способов предотвратить возникновение возгораний [1]. Необходима разработка комплекса превентивных мер, позволяющих снизить риски возникновения пожароопасной ситуации в лесах [2], а также совершенствование системы проводимых мероприятий в области охраны лесов [3]. Одним из способов повышения эффективности лесопожарного мониторинга является совершенствование существующей системы учёта лесных горючих материалов [4].

При этом относительно малоизученным фактором риска возникновения пожароопасной ситуации в лесах является наличие древесного опада (лесной подстилки). Динамика накопления лесных горючих материалов (ЛГМ), в частности древесного опада, не учитывается в действующих нормативно-правовых документах при оценке лесопожарных рисков на производстве.

В связи с вышесказанным, целью работы является определение степени влияния толщины лесной подстилки на возникновение пожароопасной ситуации в сосновых насаждениях на территории Воронежской области.

Исследование проводилось на территории Левобережного участкового лесничества Пригородного лесничества Воронежской области. Были отобраны участки с естественными сосновыми древостоями, имеющие возраст от 42 до 55 лет и произрастающие в различных типах лесорастительных условий (ТЛУ) – А1, А2, В2 и В3. Схема расположения объектов исследования приведена на рисунке 1.

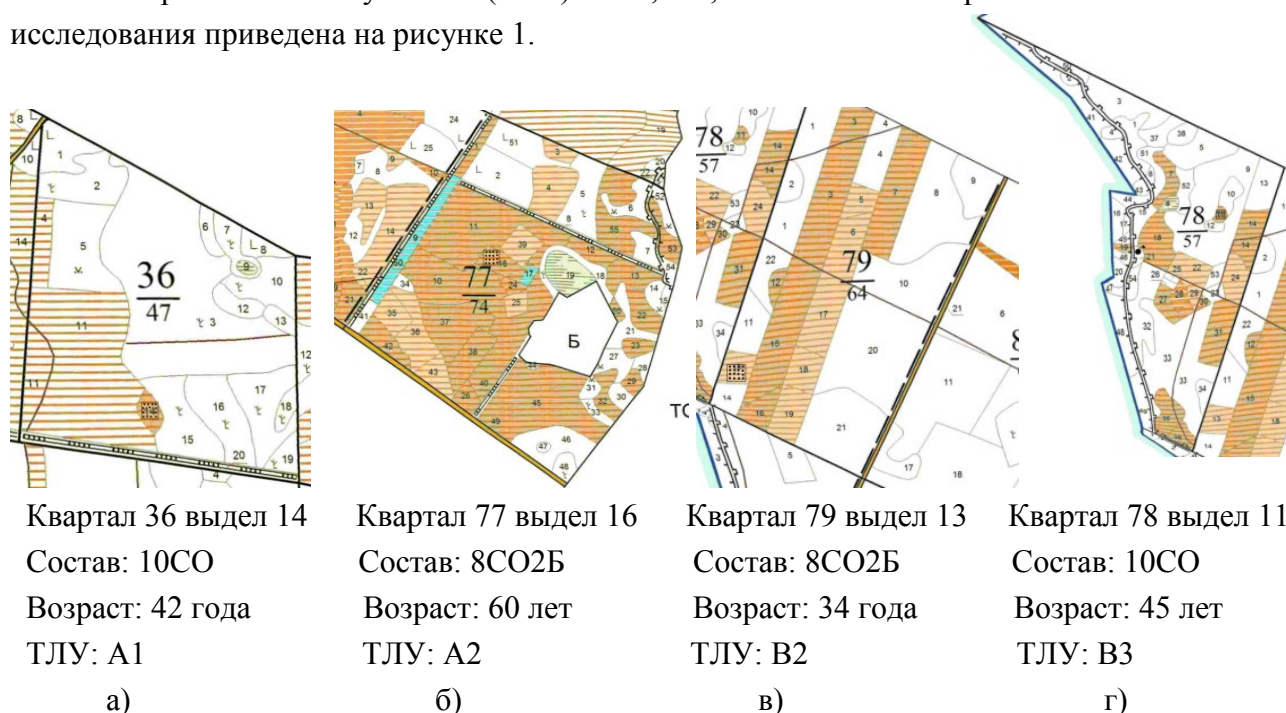


Рисунок 1 (а-г) – Схема расположения объектов исследования, расположенных в различных ТЛУ на территории Пригородного лесничества Воронежской области

В пределах выбранных участков закладывали временные пробные площади (рисунок 2), на которых проводили не менее 50 измерений (через 5 м) толщины лесной подстилки (рисунок 3 а,б). Размер ПП: 0,25 га (50×50 м). После сбора данных с пробных площадей

проводили их статистическую обработку для выявления закономерностей формирования древесного опада и оценки достоверности полученных результатов [5].

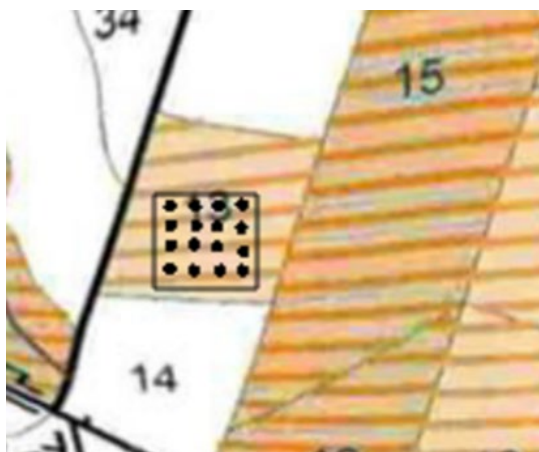


Рисунок 2 – Схема проведения измерений при определении толщины лесной подстилки



а) б)
Рисунок 3 (а,б) – Процесс измерения толщины лесной подстилки

Толщина лесной подстилки играет важную роль при оценке накопления ЛГМ. Чем толще подстилка, тем больше органического материала, который может загораться, увеличивая, таким образом, риск возникновения лесного пожара.

Установлено, что максимального значения в сосновых насаждениях толщина лесной подстилки достигает в ТЛУ В2 (в среднем около 3 см). Наименьшее значение из всех изучаемых лесорастительных условий толщина древесного опада достигает в типе А1 (около 2 см). Выявлена тенденция увеличения толщины лесной подстилки от легких по составу почв к более тяжёлым (рисунок 3).

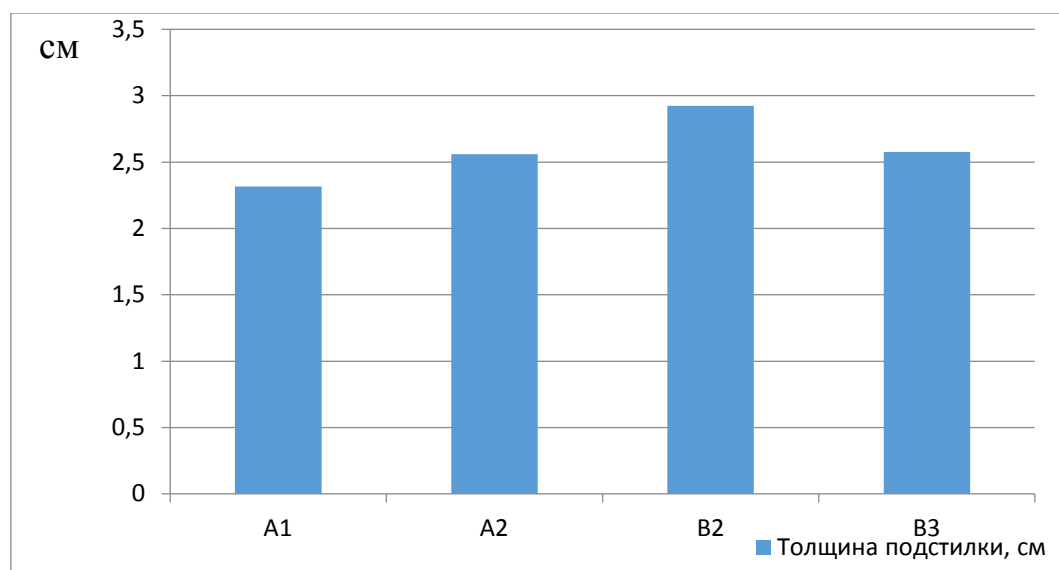


Рисунок 3 – Усредненные значения толщины лесной подстилки в зависимости от ТЛУ

Для подтверждения достоверности результатов исследования были рассчитаны средние статистические показатели толщины лесной подстилки в зависимости от ТЛУ (таблица 1).

Таблица 1 – Средние статистические показатели толщины лесной подстилки в различных лесорастительных условиях

Статистический показатель	Ед. изм.	A1	A2	B2	B3
Среднее значение признака, М	см	2,31	2,56	2,92	2,58
Основное отклонение, δ	см	1,26	0,59	1,13	0,87
Коэффициент изменчивости (варьирования), С	%	43,2	23,3	38,6	33,9
Основная ошибка среднего значения, m_m	см	0,112	0,067	0,126	0,095
Показатель точности исследования, Р	%	4,95	2,08	3,4	3,04

Установлено, что среднее значение признака варьирует в диапазоне от 2,3 до 3 см, при высоком и очень высоком уровнях изменчивости (23...43 %). Относительная допустимая погрешность при проведении статистического анализа не превышает 5 %, что свидетельствует о достижении требуемой достоверности полученных результатов.

При расчете достоверностей различий между средними значениями толщины лесной подстилки (таблица 2) выявлены значимые показатели в ТЛУ В2 – различия достоверно доказаны при уровне значимости 0,95 относительно всех остальных изучаемых условий. Различия между толщиной лесной подстилки, накапливаемыми в остальных ТЛУ являются случайными. Следовательно, в ТЛУ В2 увеличивается риск возникновения пожара в связи с интенсивным накоплением древесного опада, что обуславливает необходимость принятия дополнительных мер по охране лесов.

Таблица 2 – Достоверности различий между средними значениями изучаемого признака (при $t_{st}=1,96$)

	Тип лесорастительных условий			
	A1	A2	B2	B3
A1	–	1,9	3,62*	1,68
A2	1,9	–	2,53*	0,22
B2	3,62*	2,53*	–	2,17*
B3	1,7	0,22	2,17*	–

*достоверные различия на уровне вероятности 0,95

В сосновых насаждениях Воронежской области с увеличением толщины подстилки возрастает риск возникновения и распространения пожаров. Полученные данные могут быть использованы для разработки мер по снижению природной пожарной опасности в лесах.

Оценка влияния толщины лесной подстилки на возникновение пожароопасной ситуации важна для разработки эффективных стратегий предотвращения лесных пожаров и защиты экосистемы.

Рекомендуем при оценке пожароопасной ситуации в лесах учитывать накопление лесных горючих материалов, в частности древесного опада и увеличить периодичность патрулирования на участках с наибольшей толщиной лесной подстилки.

Работа выполнена в рамках реализации государственного задания Министерства науки и высшего образования Российской Федерации (№ ФЗУР-2024-0002) «Разработка технологических решений, направленных на повышение эффективности лесопожарного мониторинга и детализацию оценки последствий лесных пожаров в условиях Центральной лесостепи» (регистрационный номер 1023083100013-2-4.1.2).

Список литературы

1. Каширский, В. Н. Актуальные проблемы права в области охраны лесов от пожаров / В. Н. Каширский // Молодой ученый. – 2022. – № 50 (445). – С. 250–252. <https://moluch.ru/archive/445/97836/>
2. Slavskiy, V.; Litovchenko, D.; Matveev, S.; Sheshnitsan, S.; Larionov, M.V. Assessment of Biological and Environmental Factors Influence on Fire Hazard in Pine Forests: A Case Study in Central Forest-Steppe of the East European Plain. *Land*. – 2023. - 12, 103. <https://doi.org/10.3390/land12010103>
3. Кузнецов, А. В. Лесные пожары: причины, последствия, профилактика. / А. В. Кузнецов // - М.: Колос, 2020. – 186 с.
4. Сметанкина, Г. И. Анализ системы мониторинга лесопожарной обстановки / Г. И. Сметанкина, Н. Г. Никищенко // Вестник Московского Международного Университета. - № 1. - 2024. – стр. 275-282.
5. Доспехов, Б. А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований). - 5-е изд., доп. и перераб. / Б. А. Доспехов. – М.: Агропромиздат, 1985.

References

1. Kashirsky, V.N. Actual problems of law in the field of forest protection from fires/V.N. Kashirsky // Young scientist. – 2022. – № 50 (445). - S. 250-252. <https://moluch.ru/archive/445/97836/>
2. Slavskiy, V.; Litovchenko, D.; Matveev, S.; Sheshnitsan, S.; Larionov, M.V. Assessment of Biological and Environmental Factors Influence on Fire Hazard in Pine Forests: A Case Study in Central Forest-Steppe of the East European Plain. *Land*. – 2023. - 12, 103. <https://doi.org/10.3390/land12010103>
3. Kuznetsov, A. V. Forest fires: causes, consequences, prevention. / A. V. Kuznetsov // - M.: Kolos, 2020. - 186 p.
4. Smetankina, G. I. Analysis of the forest fire situation monitoring system / G. I. Smetankina, N. G. Nikishchenko // Bulletin of the Moscow International University. - No. 1. - 2024. – pp. 275-282.
5. Dospekhov, B. A. Methodology of field experiment (with the basics of statistical processing of research results). - 5th ed., supplemented and revised / B. A. Dospekhov. – M.: Agropromizdat, 1985.

ПРАКТИКА ПРОВЕДЕНИЯ ВЫБОРОЧНЫХ РУБОК В БОРОВСКОМ ЛЕСНИЧЕСТВЕ ЛЕНИНГРАДСКОЙ ОБЛАСТИ

Н.В. Беляева, Т.А. Ищук

Санкт-Петербургский государственный лесотехнический университет
имени С.М. Кирова, г. Санкт-Петербург, Россия, e-mail: rabbit0189@mail.ru

Аннотация. В статье представлены сведения о качестве практики проведения выборочных рубок в Боровском лесничестве в зависимости от состояния подроста и живого напочвенного покрова, и соответствия лесоводственным требованиям.

Ключевые слова: рубки спелых и перестойных лесных насаждений, выборочные рубки, интенсивность рубки, древостой, подрост, живой напочвенный покров технология рубки, подрост, лесовосстановление, живой напочвенный покров.

THE PRACTICE OF SELECTED FOREST CUTTING IN THE BOROVSKY FORESTRY OF THE LENINGRAD REGION

Beliaeva N.V., Ishchuk T.A.

St. Petersburg State Forest Technical University, Russia, e-mail: rabbit0189@mail.ru

Abstract. The article presents information on the quality of the practice of conducting caps of combat cutting in the Borovsky forestry, depending on the state of the pod-rust and lively vessel, and compliance with forestry requirements.

Keywords: sloking ripe and re-strokes of forest stands, selective cutting, intensity of cutting, tree, teenage, lively floral cover of the chopping technology, adolescence, forestry, lively float cover.

Выборочные рубки позволяют вести лесное хозяйство на принципах непрерывного лесопользования, обеспечивая постоянное возобновление, выращивание леса и сохранение его природных функций. Благодаря выборочным рубкам можно использовать спелую древесину, не нанося ущерба молодому подросту и почвенному покрову. Всё это способствует рациональному использованию ресурсов леса и повышению эффективности экономики лесного хозяйства. У выборочных рубок есть определённые экологические преимущества перед другими видами рубок спелых и перестойных насаждений, особенно перед сплошными. Они позволяют снизить риск повреждения древостоев, улучшить процесс естественного

лесовозобновления, сохранить биоразнообразие, улучшить структуру запасов и лесопользования, а также уменьшить расходы на ведение хозяйства. [2]

Объектами исследования были постоянные пробные площади (ПП), заложенные в древостоях, назначенных в выборочную рубку в Боровском лесничестве Ленинградской области. Общая площадь обследования составила 52 га.

Чтобы рассмотреть процесс естественного возобновления леса необходимо использовать показатели, позволяющие оценить успешность лесовозобновления: количество и качество подроста на территории, его высотная структура и равномерность размещения на площади.

Для подсчёта численности подроста закладывали круговые площадки по 10 м², на одинаковом расстоянии друг от друга с использованием рулетки длиной 3 м. Подрост распределяли на три категории (по жизненному состоянию): жизнеспособный, нежизнеспособный, сухой. Возраст подроста распознавали по мутовкам, с точностью до одного года. У подроста мелкой и средней категории крупности, а также, где это было возможно, у крупного подроста, определяли прирост по годам. [1]

Таблица 1 – Характеристика опытных объектов

№ объекта	№ квартала/выдела, делянка	Площадь, га	Соста в	Средние			Класс бонитета / тип леса / ТУМ	Относительная полнота	Запас, м ³		Год и сезон рубки
				Возраст, лет	Высота, м	Диаметр, см			На 1 га	Общий	
1	16/34/2	2,9	5С	110	23	26	3/С.ЧВ/А3	0,9	355	1030	2009, в течение года
			4Е	110	23	26					
			1Б	110	21	16					
2	16/37/1	2,3	10С	110	20	24	4/С.БР/А5	0,8	620	620	2009, в течение года
3	16/39/1	7,5	7Е	130	26	28	2/Е.ЧС/В2	0,8	490	3700	2009, в течение года
			1С	130	26	28					
			2Б	120	26	28					
			+Ос	120	-	-					
			+Е	70	-	-					
4	17/19/1	6,0	6Е	120	26	26	2/Е.ЧС/В2	0,9	907	5440	2009, в течение года
			3Б	120	26	26					
			1Ос	120	28	32					
5	17/31/2	4,9	4Б	120	26	26	2/Б.КС/В2	0,8	329	1610	2009, в течение года
			2Ос	120	27	36					
			4Е	120	27	28					
6	23/1/1	3,2	8Е	110	27	26	2/Е.КС/В2	0,9	475	1520	2009, в течение года
			2Б	110	26	24					
			+Ос	110	-	-					
7	23/2/3	2,8	5Б	90	24	28	2/Б.КС/В2	0,9	914	2560	2009, в течение
			2Ос	100	28	32					

			3Е	110	25	22					года
8	23/3/2	3,0	10С	110	20	24	4/С.Б/А5	0,7	237	710	2009, в течение года
9	23/4/3	6,0	6Б	75	24	18	2/Б.КС/В2	0,9	330	1980	2009, в течение года
			3С	120	25	28					
			1Е	120	25	26					
10	136/17/1	2,7	6С	120	23	24	3/С.ЧС/А2	0,4	152	410	2010, в течение года
			4С	70	21	20					
11	136/18/1	1,3	5Е	110	24	24	2/Е.ЧС/В2	0,7	308	400	2010, в течение года
			3Е	70	21	20					
			2Б	70	24	22					
12	137/12/1	3,5	5Е	120	26	24	2/Е.ЧС/В2	0,6	286	1000	2010, в течение года
			3Е	70	23	22					
			2Б	80	25	24					
13	137/17/1	3,8	4Е	110	25	24	2/Е.ЧС/В2	0,7	316	1200	2010, в течение года
			2Е	70	22	22					
			2С	90	24	24					
			2Б	80	25	24					
14	137/21/2	0,4	5Е	110	24	24	2/Е.ЧС/В2	0,7	300	120	2010, в течение года
			3Е	70	21	20					
			2Б	70	24	22					
15	145/6/1	1,7	7Б	75	26	22	1/Б.КС/В2	0,7	259	440	2010, в течение года
			1Ос	65	25	24					
			1С	70	22	20					
			1Е	70	22	20					

Примечание. Типы леса: КС – кисличный, ЧС – черничный свежий, ЧВ – черничник влажный, БР – брусничный.

По данным таблицы 1 можно сделать вывод, что лесозаготовитель не в полной мере выполнил требования выборочных рубок, так как основной чертой этого вида рубок является разновозрастность, которая присутствует лишь на 8 опытных объектах из 15, хотя рубки наиболее эффективны в разновозрастных древостоях. На всех ПП относительная полнота соответствует правилам отбора в рубку, за исключением участка №10, где полнота составила 0,4. При проведении выборочных рубок полнота должна быть 0,7 и выше - для ельников, а для сосняков 0,6 и выше. Допустимый порог вырубленной древесины по интенсивности - не превышен, выборка деревьев в рубку осуществлялась равномерно по лесосеке, вырубались в первую очередь фаутные, перестойные, спелые деревья.

На всех исследуемых объектах встречается подрост ели разного возраста и высоты. Кроме того, на участках отсутствует подрост, относящийся к категории мелкий. (рис. 1)

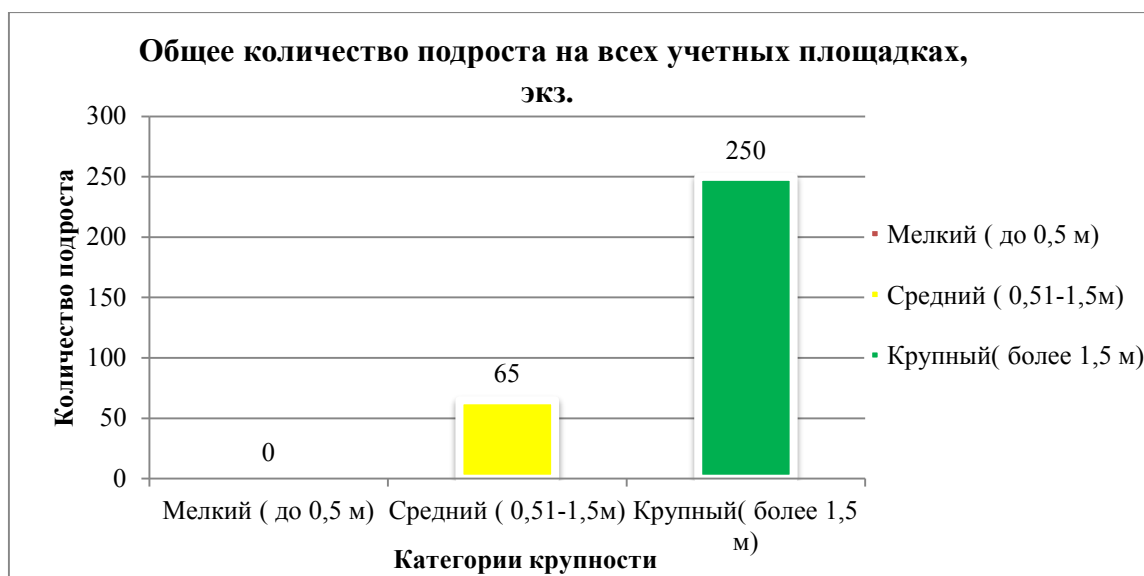


Рисунок 1 – Общее количество подроста на всех учетных площадках, экз.

Так как живой напочвенный покров (ЖНП) это один из основных компонентов леса, благодаря которому можно получить сведения об условиях местопроизрастания леса, его составе, производительности и качестве биологической устойчивости на ПП был выполнен учет проективного покрытия ЖНП и его структура. (табл. 2)

Таблица 2 – Структура живого напочвенного покрова на объектах исследования

Номер пробной площади	Травяно-кустарничковый ярус			мхи, %	итого, %
	кустарнички, %	травы, %	итого, %		
Объект №1	107,6	-	107,6	10,6	118,2
Объект №2	70	25,3	95,3	8,8	104,1
Объект №3	68,8	20,6	89,4	11	100,4
Объект №4	63,1	12	75,1	20,6	95,7
Объект №5	71,7	18,9	90,6	18,6	109,2
Объект №6	86,58	-	86,58	18,02	104,6
Объект №7	76,5	1,8	78,3	28,5	106,8
Объект №8	72,1	-	72,1	35,6	107,7
Объект №9	57	22,8	79,8	28,2	108
Объект №10	84,9	-	84,9	14	98,9
Объект №11	50,6	49,9	100,5	-	100,5
Объект №12	59,6	31	90,6	15,1	105,7
Объект №13	41,5	72,1	113,6	-	113,6
Объект №14	50,2	55	105,2	-	105,2
Объект №15	93,7	11,6	105,3	-	105,3

Разрастание ЖНП влияет на численность подроста на объектах из-за происходящего процесса задержания вырубок, которое в свою очередь затрудняет естественное возобновление. Чем выше проективное покрытие живого напочвенного покрова, тем ниже численность подроста хвойных пород. Практически на всех ПП встречаются все компоненты напочвенного покрова. (табл. 2) [3]

В ходе проведения исследования, было выявлено, что выборочные рубки назначались, с небольшим отклонением от норм, не соблюдая возрастную структуру древостоя. При проведении рубок в первую очередь вырубались фаутные, перестойные и спелые деревья. Интенсивность рубок при проведении работ была правильной (до 40%). Количество поврежденных деревьев не превышает допустимой нормы (до 5%), что свидетельствует о хорошем качестве проведения выборочных рубок.

Результаты исследования, стоит использовать для повышения качества проведения выборочных рубок в будущем, в научных областях лесного хозяйства.

Список литературы

1. Беляева Н.В., Грязькин А.В., Калинин П.М. Точность учетных работ при оценке естественного лесовозобновления // Аграрный научный журнал. – Саратов: Саратовский государственный аграрный университет им.Н.И.Вавилова, 2012. – № 8. – С.7-12.
2. Беляева Н. В. Влияние выборочных рубок на развитие нижних ярусов растительности / Н. В. Беляева, А. В. Грязькин, И. А. Кази // Вестник Московского государственного университета леса. Лесной вестник. – 2012. – №3 (86). – С.34-41.
3. Бурова, Н.В. Изменение флористического разнообразия после выборочных рубок в ельниках черничных / Н.В. Бурова, Д.Н. Торбик, П.А. Феклистов // Вестник Московского государственного университета леса - Лесной вестник. - 2010.- №5. - С. 49-51.

References

1. Beliaeva N.V., Gryazkin A.V., Kalinsky P.M. The accuracy of accounting work in assessing natural forestry // Agrarian Scientific Journal. -Saratov: Saratov State Agrarian University named after N.I. Vavilova,p. - 2012. - No. 8. - pp. 7-12.
2. Beliaeva N.V. The influence of selective felling on the development of the lower tiers of plants / N. V. Belyaeva, A. V. Gryazkin, I. A. Kazi // Bulletin of Moscow State University of Forest. Forest Bulletin. - 2012. - No. 3 (86). - pp. 34-41.
3. Burova, N.V. A change in floristic diversity after selective cutting in the blueberries of blueberries / N.V. Burova, D.N. Torbik, P.A. Feklists // Bulletin of Moscow State University of Forest - Forest Bulletin. - 2010. - No. 5. - pp. 49-51.

О ВЫСОТНОЙ ДИФФЕРЕНЦИАЦИИ ШИРОКОЛИСТВЕННЫХ И ТЕМНОХВОЙНЫХ НАСАЖДЕНИЙ НА ЗАПАДНОМ СКЛОНЕ ЮЖНОГО УРАЛА

Ю.П. Горичев

Южно-Уральский государственный природный заповедник,
Республика Башкортостан, д. Реветь, Россия, e-mail: yura.gorichev.55@mail.ru

Аннотация. На западном склоне Южного Урала, в районе широколиственно-темнохвойных лесов наблюдается высотная дифференциация широколиственных и темнохвойных насаждений. На основании результатов проведённых микроклиматических наблюдений сделан вывод о том, что высотная дифференциация широколиственных и темнохвойных насаждений обусловлена вертикальным градиентом температуры, определяющим термический режим экотопов, а своеобразный высотный спектр лесных формаций обусловлен явлением инверсии температур.

Ключевые слова: высотная дифференциация лесных формаций; мезоклимат; Южный Урал.

ON THE HIGH-ALTITUDE DIFFERENTIATION OF BROAD-LEAVED AND DARK-CONIFEROUS PLANTATIONS ON THE WESTERN SLOPE OF THE SOUTHERN URALS

Y.P. Gorichev

South Ural State Nature Reserve, Republic of Bashkortostan, Revet village, Russia,
e-mail: yura.gorichev.55@mail.ru

Abstract. On the western slope of the Southern Urals, in the area of broadleaf-dark coniferous forests, there is a high-altitude differentiation of broadleaf and dark coniferous plantations. Based on the results of the conducted microclimatic observations, it is concluded that the altitude differentiation of broadleaf and dark coniferous plantations is due to the vertical temperature gradient that determines the thermal regime of ecotopes, and the peculiar altitude spectrum of forest formations is due to the phenomenon of temperature inversion.

Keywords: altitudinal differentiation of forest formations; mesoclimate; Southern Urals.

В районе широколиственно-темнохвойных лесов Южного Урала в лесообразовательном процессе активно участвуют широколиственные (дуб черешчатый, липа

сердцелистная, клён остролистный, ильм шершавый) и темнохвойные (ель сибирская, пихта сибирская) породы. Они образуют как смешанные, так и чисто широколиственные и темнохвойные насаждения. В регионе наблюдается высотная дифференциация широколиственных и темнохвойных насаждений.

На территории Южно-Уральского государственного природного заповедника проведены исследования, целью которых было выявление особенностей высотной дифференциации широколиственных и темнохвойных насаждений и факторов вызывающих высотную дифференциацию.

Район исследований охватывает южную часть хребта Белягуш, хребет М.Ямантау и долину реки Реветь. Максимальная высота хребтов Белягуш и М.Ямантау составляет соответственно 934,9 и 976,3 м над ур. м. Днище долины реки Реветь протекает на высоте 300-450 м над ур. м. В схеме ботанико-географического районирования район исследований относится к Зильмердакскому району широколиственно-темнохвойных лесов [4]. Коренную растительность формируют 3 лесные формации: широколиственных, широколиственно-темнохвойных и темнохвойных лесов [5]. Значительную площадь занимают вторичные сообщества – осинники и березняки, возникшие на месте сплошных рубок, а также сосновые леса пирогенного происхождения на инсолируемых склонах. В районе исследований заложена сеть лесных пробных площадей (ПП) [1].

Высотная дифференциация широколиственных и темнохвойных насаждений выражена на склонах хребтов Белягуш и М.Ямантау. Темнохвойные пихтово-еловые насаждения имеют распространение на 2 высотных уровнях - в долине р. Реветь (нижний уровень) и на вершинах хребтов, на высоте свыше 750 м над ур. м. (верхний уровень). По горным склонам распространены смешанные широколиственно-темнохвойные насаждения. Широколиственные насаждения, занимают вершины и прилегающие к ним верхние участки склонов увалов и невысоких гор в интервале высот от 400 до 550 м над ур. м.

На склонах хребтов Белягуш и М.Ямантау визуально прослеживается следующий высотный спектр, образованный 3 лесными формациями сменяющих друг друга снизу-вверх: темнохвойные (пихтово-еловые) леса - широколиственно-темнохвойные леса – широколиственные леса - широколиственно темнохвойные леса - темнохвойные (пихтово-еловые) леса.

Данный высотный спектр лесных формаций характерен для всего района широколиственно-темнохвойных лесов Южного Урала. Высотная дифференциация и границы высотного распространения темнохвойных и широколиственных насаждений на склонах хребтов прослеживаются визуально, однако вследствие рубок и пожаров и формирования производных насаждений, эти границы затушевываются.

По мнению ряда исследователей Урала, подобные спектры высотной дифференциации формаций широколиственных и темнохвойных насаждений обусловлены температурными инверсиями. Явление инверсии температур на Южном Урале описано метеорологами ещё в начале XX столетия. Как известно в результате температурных инверсий, на определенных высотах и при определенных погодных условиях (антициклонах) наблюдается положительный вертикальный градиент температуры, вследствие чего наиболее теплыми являются экотопы, занимающие верхние части склонов и вершины невысоких гор. С этими

местоположениями связано распространение более теплолюбивых широколиственных пород и образуемых ими насаждений. Установлено, что наибольшая повторяемость температурных инверсий в Сибири и на Дальнем Востоке наблюдается в зимний период.

В 2013-2016 гг. на территории Южно-Уральского государственного природного заповедника проведены микроклиматические наблюдения с использованием цифровых термометров-регистраторов «Термохрон» с целью определить параметры термического режима и теплообеспеченности темнохвойных и широколиственных насаждений, занимающих определенные позиции в высотном спектре [2, 3]. Объектами наблюдений выбраны пихтово-еловое насаждение (ПП-14) в долине р. Реветь (450 м над ур. м.), широколиственно-темнохвойное насаждение (ПП-34) в средней части восточного склона хр. Белягуш (605 м над ур. м.), пихтово-еловое насаждение (ПП-8) на вершине хр. Белягуш (830 м над ур. м.), широколиственное насаждение (ПП-39) на вершине увала - западного отрога хр. Белягуш (515 м над ур. м. Пробные площади № 14, № 34 и № 8 образуют высотный профиль, пролегающий от долины р. Реветь (ПП-14) по восточному склону хр. Белягуш (ПП-34) к его вершине (ПП-8). Подробные сведения о пробных площадях содержатся в монографии [1]. В результате 4-летних наблюдений получены данные о термическом режиме лесных насаждений (табл. 1).

Таблица 1 - Параметры термического режима лесных насаждений в 2013-2016 гг.
(в числителе - крайние значения, в знаменателе - средние значения за период наблюдений)

Показатели	Елово-пихтовое насаждение в долине р.Реветь (ПП-14)	Широколиственное насаждение на вершине увала (ПП-39)	Широколиственно-темнохвойное насаждение на склоне хр.Белягуш (ПП-34)	Елово-пихтовое насаждение на вершине хр.Белягуш (ПП-8)
t_{min}	-13,6...-16,4 -14,9	-11,2...-15,1 -12,9	-11,9...-14,7 -13,2	-12,8...-15,0 -13,8
t_{max}	14,9-18,7 16,7	18,6-24,6 20,7	17,3-21,5 18,7	16,1-21,3 17,8
T	1,3-2,2 1,8	3,6-5,1 4,6	2,4-3,8 3,2	1,6-2,5 2,0
P_{veg}	111-122 115	140-150 143	118-128 125	112-131 121
S	1568-1837 1718	2216-2695 2394	1866-2163 1976	1618-1903 1743
$P_{б/м}$	85-92 90	126-162 147	126-162 145	126-145 136
A_c	9,4-10,4 9,9	8,3-9,4 8,9	7,9-8,5 8,2	5,5-7,3 6,1
A_m	29,2-29,6 29,4	26,6-28,3 27,3	24,7-27,5 25,7	19,8-24,5 22,5

Примечание: t_{min} – среднемесячная температура самого холодного месяца, °С; t_{max} – среднемесячная температура самого теплого месяца, °С; T – средняя годовая температура воздуха, °С; P_{veg} – продолжительность вегетационного периода, дни; S – сумма температур за вегетационный период, °С; $P_{б/м}$ – продолжительность безморозного периода, дни; A_c – суточная амплитуда температур, °С; A_m – месячная амплитуда температур, °С.

Результаты наблюдений показывают: 1) темнохвойное насаждение в долине р.Реветь (ПП-14) характеризуются контрастно-холодным термическим режимом, формируемым под воздействием частых температурных инверсий, с максимальными амплитудами температур, частыми весенними и осенними заморозками, наименьшей продолжительностью вегетационного и безморозного периодов, самыми низкими параметрами теплообеспеченности; 2) темнохвойное насаждение на вершине хр.Беягуш находится в условиях холодного мезоклимата, с более мягким термическим режимом, характеризующимся низкими параметрами теплообеспеченности, укороченным вегетационным периодом, уменьшенными амплитудами температур, по сравнению с долинным темнохвойным насаждением; 3) широколиственное насаждение на вершине увала (ПП-39) характеризуется наиболее термофильным вариантом термического режима, с максимальными показателями теплообеспеченности, наибольшей продолжительностью безморозного и вегетационного периодов; 4) широколиственно-темнохвойное насаждение характеризуется прохладным мезоклиматом, смягченным термическим режимом, средними показателями теплообеспеченности в районе.

Результаты 4-летних наблюдений выявили наличие температурных инверсий. На 3 ПП (№14, №34, №8), образующих высотный профиль, число дней с температурной инверсией в январе варьировало от 14 до 24 дней на нижнем высотном отрезке (470-605 м) и от 7 до 14 дней на верхнем отрезке (605-830 м). В летний период – в июле, также отмечены частые температурные инверсии. Число дней с температурной инверсией в июле варьировало от 17 до 25 дней на нижнем высотном отрезке и от 6 до 22 дней на верхнем отрезке. Таким образом, можно определенно утверждать, что температурные инверсии обычны на западном склоне Южного Урала.

Результаты исследований приводят к следующему выводу: решающим экологическим фактором, определяющим экотопическую и высотную дифференциацию формаций темнохвойных и широколиственных лесов в районе широколиственно-темнохвойных лесов Южного Урала, является термический фактор - недостатка тепла для широколиственных пород. Вследствие температурных инверсий наблюдается локализация широколиственных насаждений в пределах т.н. «тёплого пояса» (400-600 м над ур. м), где термический режим и теплообеспеченность благоприятствуют успешному развитию широколиственных пород и их конкуренции с темнохвойными породами. Ухудшение термических условий вниз и вверх от «тёплого пояса» способствуют усилению лесообразующей роли темнохвойных пород, в результате чего формируются смешанные широколиственно-темнохвойные леса. Дальнейшее понижение терморесурсов, наблюдаемое в горных долинах и на вершинах высоких горных хребтов препятствуют активному участию широколиственных пород в лесообразовательном процессе. В результате температурных инверсий на склонах хребтов коренные лесные формации формируют своеобразный высотный спектр, формации сменяют друг друга с увеличением высот в следующей последовательности: темнохвойные леса – широколиственно-темнохвойные леса – широколиственные леса – широколиственно-темнохвойные леса - темнохвойные леса.

Список литературы

1. Горичев Ю.П., Давыдычев А.Н., Алибаев Ф.Х., Кулагин А.Ю. Широколиственно-темнохвойные леса Южного Урала: пространственная дифференциация, фитоценотические особенности и естественное возобновление. - Уфа: Гилем, 2012. - 176 с.
2. Горичев Ю.П., Давыдычев А.Н., Юсупов И.Р., Кулагин А.Ю. Микроклиматы лесных фитоценозов в районе широколиственно-темнохвойных лесов южного Урала // Естественные и технические науки. - 2020. - № 1. - С. 37–39.
3. Горичев Ю.П. О некоторых параметрах мезоклиматов, определяющих высотную дифференциацию лесных формаций на хребте Белягуш (Южно-Уральский заповедник) // Самарский научный вестник. - 2020. - Т. 9, № 4. - С.49-52.
4. Горчаковский П.Л. Растительность и ботанико-географическое деление Башкирской АССР // Определитель высших растений Башкирской АССР. - М.: Наука, 1988. - С.5-13.
5. Флора и растительность Южно-Уральского государственного природного заповедника / кол. авторов, под ред. Б.М. Миркина. Уфа: Гилем, 2008. - 528 с.

References

1. Gorichev Yu.P., Davydychev A.N., Alibaev F.Kh., Kulagin A.Yu. Broadleaf-dark coniferous forests of the Southern Urals: spatial differentiation, phytocenotic features and natural regeneration. - Ufa: Gilem, 2012. - 176 p.
2. Gorichev Yu.P., Davydychev A.N., Yusupov I.R., Kulagin A.Yu. Microclimates of forest phytocenoses in the area of broad-leaved-dark coniferous forests of the southern Urals // Natural and technical sciences. - 2020. - No. 1. - P. 37–39.
3. Gorichev Yu.P. On some parameters of mesoclimates that determine the altitudinal differentiation of forest formations on the Belyagush ridge (South Ural Nature Reserve) // Samara Scientific Bulletin. - 2020. - Vol. 9, No. 4. - P.49-52.
4. Gorchakovskiy P.L. Vegetation and botanical-geographical division of the Bashkir ASSR // Guide to higher plants of the Bashkir ASSR. - M.: Nauka, 1988. - P.5-13.
5. Flora and vegetation of the South Ural State Nature Reserve / coll. of authors, edited by B.M. Mirkin. Ufa: Gilem, 2008. - 528 p.

ЗАВИСИМОСТЬ КОЛИЧЕСТВА ПОДРОСТА СОСНЫ ОБЫКНОВЕННОЙ ОТ ПЛНОТЫ ДРЕВОСТОЯ

М.Н. Кабанов, М.А. Данченко

НИ Томский государственный университет, г. Томск, Россия, e-mail: matvey_87@list.ru

Аннотация. В статье приведены результаты изучения возникновения и выживания подроста в сосновых древостоях в зависимости от полноты леса. Выявлено, что оптимальные условия для появления и развития подроста характерны для низкой полноты древостоя (0,5 и 0,3), о чем свидетельствуют как общее количество, так и число жизнеспособных растений.

Ключевые слова: сосна обыкновенная, подрост, полнота, всходы, древостой

DEPENDENCE OF THE PINE UNDERGROWTH QUANTITY ON THE STAND DENSITY

M.N. Kabanov, M.A. Danchenko

Tomsk State University, Tomsk, Russia, e-mail: matvey_87@list.ru

Abstract. The article presents the results of studying the emergence and survival of undergrowth in pine stands depending on the forest density. It was revealed that the optimal conditions for the emergence and development of undergrowth are characteristic of low density (0.5 and 0.3), as evidenced by both the total number and the number of viable plants.

Keywords: Scots pine, undergrowth, density, shoots, forest stand

Исследование возникновения и выживания подроста в сосновых лесах имеет ключевое значение для поддержания устойчивости и продуктивности экосистем, социальных и экономических интересов, а также для достижения целей в области охраны окружающей среды. Понимание факторов, способствующих успешному возникновению подроста, помогает разрабатывать стратегии управления лесами. Общеизвестно, что естественное возобновление, растущее под пологом леса, защищено от экстремальных климатических факторов, находясь в более благоприятном микроклимате [4]. На естественное возобновление влияют такие факторы, как пожары [2], вредители и болезни [1], отсутствие рубок леса и рекреация [3].

Целью наших исследований являлось изучение возможности естественного возобновления сосновых лесов Казахского мелкосопочника. Для этого в сосновых древостоях

различной полноты закладывались временные пробные площади размером 2х2 м, на которых проводился подсчет всходов, однолетних сеянцев и подроста с разделением его на жизнеспособные и нежизнеспособные растения. В каждом типе леса было заложено по 10 пробных площадок, расположенных по диагонали.

При планировании лесохозяйственных работ важно принимать во внимание, как густота древостоя влияет на естественное появление молодого поколения леса. Как правило, чем ниже полнота насаждения, тем больше появляется всходов и молодых деревьев на единицу площади. В сосновых лесах Казахского мелкосопочника наблюдается тенденция к снижению общего количества подроста в высокополнотных насаждениях, что связано с возрастающей конкуренцией за ресурсы (свет, вода, питательные вещества) между взрослыми деревьями и молодым поколением (рисунок 1).

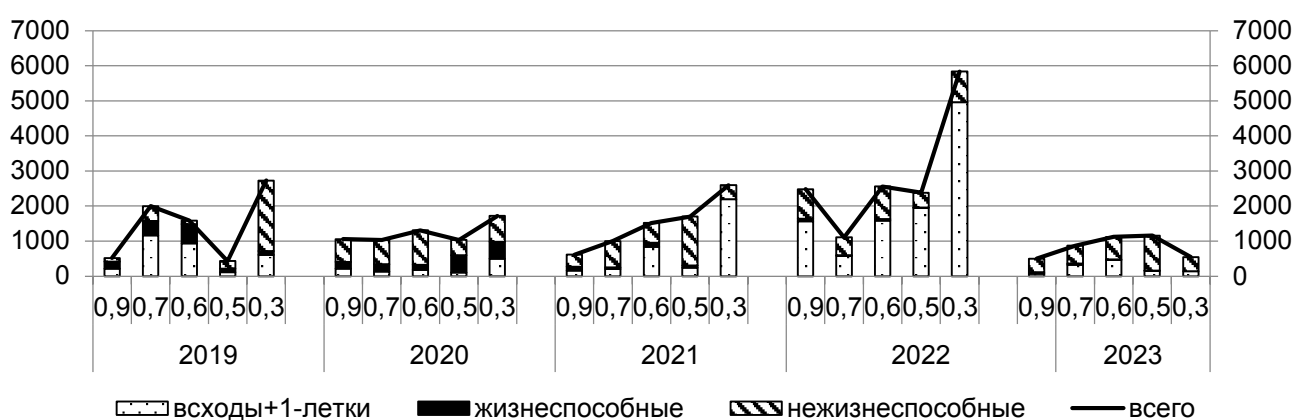


Рисунок 1 – Распределение подроста по годам в зависимости от полноты древостоя

Количество подроста демонстрирует значительную динамику по годам, что, вероятно, связано с флуктуациями в урожайности семян, погодными условиями и другими факторами, влияющими на появление и выживание молодого поколения леса. Видно, что наибольшим числом подроста отличался 2022 год, хотя благоприятными погодными условиями (достаточное количество осадков при высокой среднегодовой температуре воздуха) характеризовался 2023 год, в котором наблюдалось небольшое число всходов и подроста.

Значительную долю подроста по всем годам исследований составляют всходы и однолетние сеянцы, что указывает на активное возобновление леса. Однако в дальнейшем наблюдается большое снижение количества подроста, следовательно, большое число всходов погибает, не достигнув двухлетнего возраста.

Отмечается стабильно высокий уровень нежизнеспособного подроста. На данный факт влияют, в основном, неудовлетворительные условия для сохранения подроста.

На рисунке 2 приведено среднее число всходов и подроста в зависимости от полноты древостоя. В сосновых лесах явно прослеживается тенденция к увеличению общего числа подроста с уменьшением полноты лесного насаждения. Наибольшее количество подроста, особенно всходов и однолетних сеянцев, наблюдается в низкополнотных древостоях. Это подтверждает общепринятый принцип лесоводства о том, что более разреженный древостой

обеспечивает лучшие условия для естественного возобновления (больше света, меньше конкуренции за ресурсы).

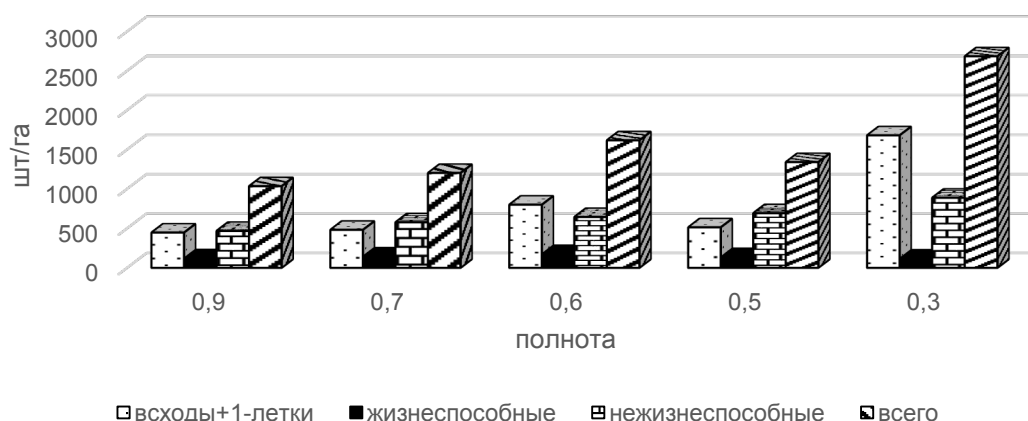


Рисунок 2 – Среднее число подроста в разнopolнотных древостоях

Но следует отметить, что в низкополнотном древостое наблюдается значительное увеличение количества нежизнеспособного подроста. Это может быть связано с избыточным количеством всходов, приводящим к усилению внутривидовой конкуренции на ранних стадиях развития, или с другими факторами, возникающими при сильном изреживании древостоя (например, изменение микроклимата, влияние сорной растительности и пр.).

Влияние загущенности насаждений подтверждается рисунком 3 на котором видно, что при небольшом числе стволов на пробной площади естественное возобновление происходит более интенсивно.

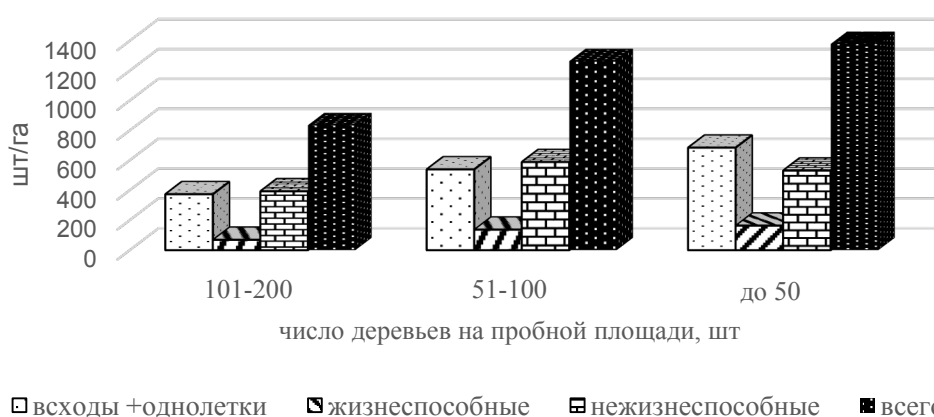


Рисунок 3 – Число подроста на пробных площадях с различным количеством деревьев

Густой древостой (101-200 деревьев на п.п.) характеризуется наименьшим количеством подроста по сравнению с древостоями меньшей густоты. В древостое со средней густотой (51-100 деревьев) наблюдается наибольшее число нежизнеспособного подроста, а число всходов превышает аналогичный показатель в древостое с высокой густотой в 1,5 раза. Древостой с

низкой густотой (до 50 деревьев) характеризуется наибольшим количеством подроста, особенно всходов и однолетних сеянцев. Также число жизнеспособных сеянцев превышает данный показатель в более густых древостоях.

Полученные данные подтверждают общепринятую закономерность в лесоводстве: снижение полноты лесного насаждения способствует увеличению числа подроста. Наиболее благоприятные условия для появления и развития подроста, судя по общему числу и количеству жизнеспособных растений, складываются при низкой полноте (0,5 и 0,3). Однако увеличение нежизнеспособного подроста при очень низкой полноте требует дальнейшего изучения. Важно отметить, что на естественное возобновление влияют не только полнота насаждения, но и другие факторы, такие как условия местопроизрастания, погодные условия, деятельность человека и т.д.

Список литературы

1. Голосова, М.А. Насекомые – вредители леса. Биологическое регулирование популяций: монография. – М.: МГУЛ, 2004 – 189 с.
2. Ермакова М.В. Структура подроста сосны в различных экотопах Среднего Урала / М.В. Ермакова // Известия Санкт-Петербургской лесотехнической академии. – 2021. - № 234. – С. 53-64.
3. Орынбаева А. Количественные и качественные показатели подроста в рекреационных сосновых лесах / А. Орынбаева, А. Орынбаев, М. Елекешева // Ғылым және Білім. - 2022. - Том 2. - № 2 (67). С. 104–112.
4. Seidl R. Patterns of early post-disturbance reorganization in Central European forests / R. Seidl, M. Potterf, J. Müller, W. Rammer // Proc Biol Sci. – 2024. - № 291. – P. 20240625.

References

1. Golosova, M.A. Insects - forest pests. Biological regulation of populations: monograph. - M.: MGUL, 2004 - 189 p.
2. Ermakova M.V. Structure of pine undergrowth in various ecotopes of the Middle Urals / M.V. Ermakova // Bulletin of the St. Petersburg Forest Engineering Academy. - 2021. - No. 234. - P. 53-64.
3. Orynbaeva A. Quantitative and qualitative indicators of undergrowth in recreational pine forests / A. Orynbaeva, A. Orynbaev, M. Elekesheva // Gylym zhane Bilym. - 2022. - Vol. 2. - No. 2 (67). P. 104-112.
4. Seidl R. Patterns of early post-disturbance reorganization in Central European forests / R. Seidl, M. Potterf, J. Müller, W. Rammer // Proc Biol Sci. – 2024. - № 291. – P. 20240625.

**ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ ЛЕСОВОДСТВЕННОГО МЕТОДА БОРЬБЫ
С HETEROBASIDION ANNOSUM (FR.) BREF., ОСНОВАННОГО НА СГРЕБАНИИ
ЛЕСНОЙ ПОДСТИЛКИ В ВАЛИКИ ПО МЕЖДУРЯДЬЯМ В ВОРОНЕЖСКИХ
НАСАЖДЕНИЯХ СОСНЫ ОБЫКНОВЕННОЙ**

И.В. Лыков

Воронежский государственный лесотехнический университет имени Г.Ф. Морозова,
г. Воронеж, Россия, e-mail: likovigorw@yandex.ru

Аннотация. Статья посвящена оценке эффективности метода борьбы с корневой губкой (*Heterobasidion annosum* (Fr.) Bref.) путем сгребания лесной подстилки в валики между рядами сосновых насаждений в очагах заражения. Исследования подтвердили эффективность данного метода – ухудшение общего санитарного состояния происходит менее интенсивно. Однако применение данного метода требует регулярности и трудоемкости исполнения.

Ключевые слова: корневая губка, патоген, методы борьбы с корневой губкой, санитарные рубки, лесная подстилка, категория санитарного состояния, запас древесины.

**EVALUATION OF THE EFFECTIVENESS OF THE FORESTRY METHOD OF
COMBATING HETEROBASIDION ANNOSUM (FR.) BREF., BASED ON RAKING
FOREST LITTER INTO ROLLERS BETWEEN ROWS IN VORONEZH STANDS OF
SCOTS PINE**

I.V. Lykov

Voronezh State University of Forestry and Technologies named after G.F. Morozov,
Voronezh, Russia, e-mail: likovigorw@yandex.ru

Abstract. The article is devoted to evaluating the effectiveness of the method of controlling the root sponge (*Heterobasidion annosum* (Fr.) Bref.) by raking the forest floor into rollers between rows of pine plantations in the foci of infection. Studies have confirmed the effectiveness of this method – the deterioration of the general sanitary condition occurs less intensively. However, the application of this method requires regularity and complexity of execution.

Keywords: root sponge, pathogen, methods of controlling root sponge, sanitary logging, forest litter, category of sanitary condition, wood stock.

Введение

Коревая губка (*Heterobasidion annosum* (fr.) Bref) это широко распространенный возбудитель корневых гнилей многих хвойных пород, являясь одной из главных причин массового усыхания сосняков. Очаги данного патогена особенно опасны в искусственно созданных хвойных лесах. Используемые меры борьбы с корневой губкой, представленные в основном санитарными рубками, имеют низкую эффективность, о чем свидетельствует постоянное увеличение площади распространения заражения. Поэтому крайне необходимо найти действительно эффективные лесоводственные методы борьбы с распространением и развитием патогена. Один из таких методов – метод сгребания лесной подстилки, основанный на опытах С.А. Казадаева [1-3, 5].

Цель исследования – оценка эффективности практического применения разработанного Казадаевым метода сгребания лесной подстилки с формированием валиков в междурядьях с целью предотвращения распространения и снижения вредоносности корневой губки.

Литературный обзор

Проблема корневой губки привлекла внимание лесоводов ещё в 30-х годах XX века, а активные исследования начались в 50-х годах. Для локализации очагов немецкий учёный Гартиг предложил окапывать их канавами. Эффективность данного метода проверена и подтверждена отечественными специалистами Бирнбаумом, Беляевым и Анкудиновым. На основе многолетних наблюдений Беляева Казадаев установил, что дополнительное полное удаление деревьев с корнями заметно снижает уровень заражения и замедляет распространение болезни. Но эта мера оказалась чрезвычайно трудоемкой и не получила повсеместного применения, поскольку возбудитель может сохранять жизнеспособность в почве долгие годы [1, 2, 5].

По рекомендации Шемякина Казадаев провел эксперименты по сгребанию и ворошению лесной подстилки. Целью было нарушить среду обитания патогена и уменьшить его активность. Итоги показали противоположные результаты: ворошение подстилки привело к усилению тяжести заражения, а сгребание подстилки с формированием валиков в междурядьях дало положительный эффект – снизилась скорость роста существующих очагов и уменьшилось число случаев образования новых [1].

Химические методы борьбы с корневой губкой, предложенные Ришбетом в 1975 г., оказались малоэффективными и дорогими. Современная зарубежная практика предусматривает обработку пней химикатами и биологическими препаратами, но эти меры оказались ограниченными экологическими и экономическими факторами. Профилактическая мера – внедрение лиственных пород – имеет смысл только на стадии формирования насаждений, так как в зрелых лесах она практически не оказывает должного эффекта. Применяемые в настоящее время меры борьбы с патогеном – санитарные рубки – временно облегчают ситуацию, но не устраняют патоген, который продолжает обитать в почве, со временем повышая свою активность [2, 5].

В настоящее время исследования в области биологии корневой губки продолжают как отечественными, так и зарубежными учеными. Экспериментально исследовано множество подходов к обнаружению патогена и борьбе с ним (включая опыты по селекции устойчивых к заражению деревьев), однако, на текущий момент, эффективные лесоводственные методы борьбы с корневой губкой отсутствуют [2, 5].

Характеристика объектов и методика исследования

Объект исследований представлен зараженным корневой губкой сосновым насаждением, расположенным в Воронежской области, Пригородном лесничестве (УОЛ ВГЛТУ), Левобережном участковом лесничестве, в квартале 79, выделе 17. На объекте исследований заложена постоянная пробная площадь, размером 110х50 м (0,55 га.). Пробная площадь разбита на две секции (секция А и секция Б), размерами 50х50 м. (0,25 га.). Между секциями расположена буферная зона размером 10х50 м. и площадью 0,05 га.

По каждой секции пробной площади проведена таксация древостоя по стандартным методикам (ОСТ 56-69 – 83) (таблица 1) и для каждого дерева определена категория санитарного состояния (шкала определения санитарного состояния деревьев 2021 года) [3, 4].

На опытной секции А проведен эксперимент по сгребанию лесной подстилки с образованием валиков, располагая их в междурядьях. Предполагается, что сгребание лесной подстилки вызывает изменения в условиях освещения и температурного режима, что, в свою очередь, нарушает среду обитания корневой губки.

Таблица 1 – Характеристики исследуемых секций в переводе на 1 га. до проведения опыта

№ кв. / выд.	№ секции	Состав	Возраст	Ср. диаметр	Ср. высота	Кол-во живых деревьев	Кол-во деревьев всего, шт.	Запас живых деревьев, м ³	Общий запас, м ³
79/17	А	10СО	48	20	19,9	1144	1220	341	352
	Б					1024	1136	254	270

Через три года после начала эксперимента проведены повторная таксация и сравнительный анализ изменений, выявленных как в контрольной, так и в опытной секциях, до и после опыта. Проведена оценка изменения санитарного состояния по запасу древесины и по количеству деревьев (в штуках).

Результаты исследования и их обсуждение

Сравнивая процентное соотношение количества деревьев по категориям состояния на опытной секции А до проведения опыта и после него, можно отметить, что санитарное состояние насаждения постепенно ухудшается (рисунок 1).

Отмечено уменьшение количества деревьев первой категории (без признаков ослабления) (с 6,9% до 5,9%) и деревьев, находящихся в состоянии усыхания (категория 4) (с 20,3% до 19,02%). Одновременно с этим наблюдается с увеличением числа ослабленных (категория 2) (с 32,5% до 32,79%), сильноослабленных (категория 3) (с 32,8% до 33,44%) и погибших деревьев (категория 5) (с 7,5% до 8,58%). По всей видимости, причиной такого перераспределения является переход ранее усыхавших деревьев в разряд погибших (категория 5), а здоровых (1 категория) в категории ослабленных и сильноослабленных.

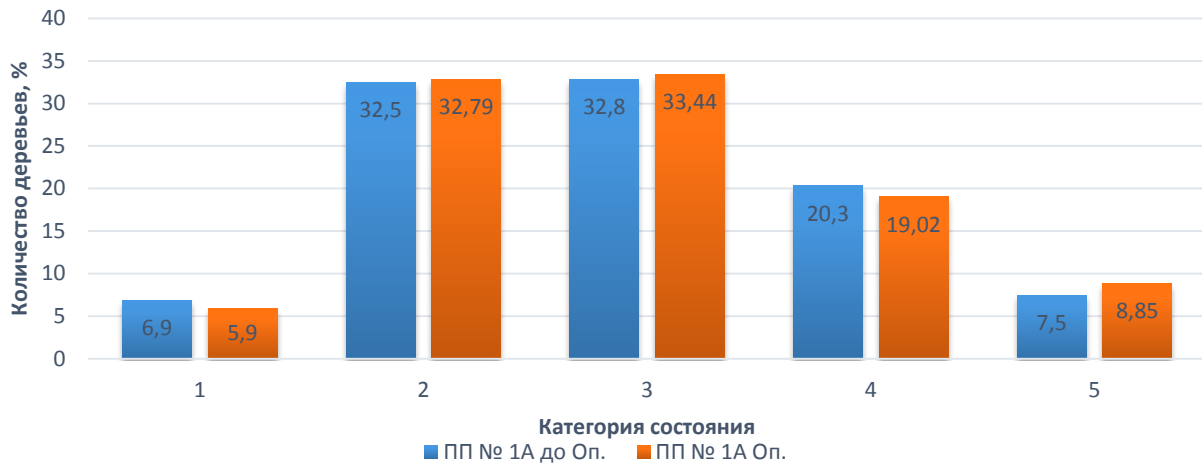


Рисунок 1 – Процентное соотношение категорий состояния по количеству деревьев в секции А, на первый год (ПП №1А до Оп.) и на третий год после проведенного опыта (ПП №1А Оп.)

По количеству деревьев средневзвешенная категория состояния изменилась с 2,89 на 2,92, что указывает на незначительное ухудшение общего санитарного состояния насаждения.

Контрольная секция также демонстрирует колебания санитарного состояния, выраженные в изменении числа деревьев. Вместе с тем, скорость роста доли погибших деревьев (5 категории) за трехлетний период на экспериментальной площадке оказалась вдвое меньше, чем на контрольной: прирост составил +1,35% в секции А против +2,78% в секции Б (рисунки 1 и 2).

Также в секции Б зафиксировано сокращение численности здоровых деревьев первой категории на 1,42%, тогда как количество деревьев второй и третьей категорий увеличилось незначительно – на 0,37% и 0,6% соответственно. Соотношение между деревьями, находящимися в стадиях усыхания и гибели, изменилось: доля деревьев четвертой категории снизилась, а число погибших возросло практически на 2,78%. Показатель средней категории состояния деревьев изменился с 2,80 до 2,86, свидетельствуя о небольшом ухудшении санитарного состояния леса, аналогично происходящему на опытной секции (рисунок 2).



Рисунок 2 – Процентное соотношение категорий состояния по количеству деревьев на контрольной секции Б на первый год (ПП №1Б до Оп.) и на третий год (ПП №1А Оп.)

При анализе по запасу также наблюдаются изменение санитарного состояния как в контрольной, так и в опытной секциях (рисунки 3 и 4).

В секции А (опытная) зафиксировано уменьшение запаса здоровых деревьев на 1,19%. Одновременно увеличилась доля ослабленных (2-я категория) и сильноослабленных (3-я категория) деревьев – на 0,9% и 1,05% соответственно (рисунок 3).



Рисунок 3 – Соотношение здоровых, поврежденных и погибших деревьев по запасу на секции А на первый год (ПП №1А до Оп.) и на третий год после проведенного опыта (ПП №1А Оп.)

Часть запаса деревьев, находившихся ранее в состоянии усыхания, перешла в разряд погибших (5-я категория). Это привело к снижению доли общего запаса усыхающих деревьев на 1,79% и увеличению доли запаса 5-й категории (погибшие) с 3,5% до 5,03%. При этом часть запаса сильноослабленных деревьев перешла в группу усыхающих. Общий показатель среднего санитарного состояния лесов по запасу ухудшился, опустившись с 2,66 до 2,69.

На контрольном участке (секция Б) также фиксируется сокращение запаса здоровых деревьев (рисунок 4). По сравнению с началом наблюдений, количество деревьев первой категории (без признаков ослабления) уменьшилось на 1,63%, тогда как доля запаса деревьев второй категории (ослабленные) увеличилась на 0,7%. Отмечается снижение запаса сильноослабленных (категория 3) и усыхающих (категория 4) деревьев — на 0,79% и 1,09% соответственно. Запас погибших деревьев увеличился с 6,09% до 8,9%. Средний показатель санитарного состояния леса по запасу упал с 2,62 до 2,69.

Через два года после первого сгребания подстилки процедуру необходимо повторить, так как за это время успевает сформироваться новый слой лесной подстилки. За трехлетний период наблюдения установлено, что ухудшение санитарного состояния насаждения на экспериментальном участке протекает медленнее, нежели на контрольном, как по числу деревьев, так и по объему древесины. Дополнительно отмечается, что процесс перехода усыхающих деревьев в стадию погибших протекает интенсивнее на контрольном участке — показатели контроля практически вдвое превышают значения опытной секции: снижение запаса пятой категории санитарного состояния составило 2,81% в контроле против 1,53% в опыте.



Рисунок 4 – Соотношение здоровых, поврежденных и погибших деревьев по запасу на контрольной секции Б на первый год (ПП №1Б до Оп.) и на третий год после проведенного опыта (ПП №1Б Оп.)

Заключение

Проведенные исследования подтвердили эффективность приема сгребания лесной подстилки с формированием валиков между рядами деревьев в насаждениях, пораженных корневой губкой. Уменьшение объема живой древесины в секции, где проводился опыт сгребания, происходило почти в два раза медленнее, чем в контроле. По сравнению с контролем в опытной секции наблюдается менее интенсивное снижение санитарного состояния. К недостаткам данного метода относятся относительно высокая трудоёмкость и потребность в периодическом обновлении валиков, что может создать дополнительные неудобства при реализации на больших площадях. Тем не менее, систематическое применение данного метода в течение длительного периода обеспечит повышение устойчивости деревьев к воздействию корневой губки, благотворно сказываясь на общем состоянии насаждений.

Список литературы

1. Казадаев С.А. Зараженность сосняков Воронежского заповедника корневой губкой и опытные работы по защите их от усыхания / С.А. Казадаев // Труды Воронежского заповедника, 1957. вып.7, – С.133-146.
2. Лыков, И.В. Обзор современного состояния и эффективности мероприятий по защите сосновых насаждений от корневой губки (*Heterobasidion annosum* (Fr.) Bref.) / И.В. Лыков, П.А. Максимчук // Лесотехнический журнал. – 2021. – Т. 11, № 3(43). – С. 63-73.
3. Площади пробные лесоустроительные. Метод закладки. ОСТ 56- 69-83 / М., 1984. - 60 с.
4. Правила санитарной безопасности в лесах Российской Федерации. – М., 2021 – URL: <http://base.garant.ru/75037636/#ixzz6pmaMdBPx/>
5. Харченко, Н. А. Корневая губка и ее связь со структурой и развитием корневых систем сосны обыкновенной в условиях Центрального Черноземья / Н. А. Харченко, Н. Н. Харченко, И. В. Кузнецов // Воронеж, 2010. -126 с.

References

1. Kazadaev S.A. Zarazhennost' sosnjaikov Voronezhskogo zapovednika kornevoj gubkoj i opytnye raboty po zashchite ih ot usyhanija. Trudy Voronezhskogo zapovednika, 1957, vol. 7, pp. 133–146. (In Russian).
2. Lykov I.V., Maksimchuk P.A. Obzor sovremennogo sostoiania i effektivnosti meropriatii po zashchite sosnovykh nasazhdenii ot kornevoj gubki (*Heterobasidion annosum* (Fr.) Bref.). Lesotekhnicheskii zhurnal, 2021, vol. 11, no. 3(43), pp. 63–73. (In Russian).
3. Ploshchadi probnye lesoustroitel'nye. Metod zakladki. OST 56-69-83. Moscow, 1984, 60 p. (In Russian).
4. Pravila sanitarnoj bezopasnosti v lesakh Rossijskoj Federacii. Moscow, 2021. Available at: URL: <http://base.garant.ru/75037636/#ixzz6pmaMdBPx/> (In Russian).
5. Kharchenko N.A., Kharchenko N.N., Kuznetsov I.V. Kornevaya gubka i ee sviaz' so strukturoy i razvitiem korneyevykh sistem sosny obyknovennoy v usloviyakh Tsentral'nogo Chernozem'ya. Voronezh, 2010, 126 p. (In Russian).

ПИРОГЕННАЯ УСТОЙЧИВОСТЬ ЛЕСНЫХ ЭКОСИСТЕМ В ВОРОНЕЖСКОЙ ОБЛАСТИ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ГУСТОТЫ ПОДЛЕСКА

Т.С. Наконечная, В.А. Славский

Воронежский государственный лесотехнический университет имени Г.Ф. Морозова
г. Воронеж, Россия, e-mail: ryadnova.1997@mail.ru

Аннотация. В работе рассматривается влияние густоты лещины обыкновенной (как подлесочной породы) на возникновение пожароопасной ситуации в лесах и связь данного фактора с количеством возгораний. Выявлено, что густота лещины обыкновенной играет важную роль при оценке риска возникновения лесного пожара. Следовательно, при определении степени пожароопасной ситуации в лесах рекомендуется учитывать данный фактор и рассматривать его как дополнительный индикатор при установлении класса природной пожарной опасности.

Ключевые слова: охрана лесов, лещина обыкновенная, лесорастительные условия, пожарная опасность.

PYROGENIC STABILITY OF FOREST ECOSYSTEMS IN THE VORONEZH REGION DEPENDING ON THE DENSITY OF UNDERGROWTH

T.S. Nakonechnaya, V.A. Slavskiy

Voronezh State University of Forestry and Technologies named after G.F. Morozov
Voronezh, Russia, e-mail: ryadnova.1997@mail.ru

Abstract. The paper examines the influence of the density of common hazel (as an undergrowth species) on the occurrence of a fire hazard situation in forests and the relationship of this factor with the number of fires. It was found that the density of common hazel plays an important role in assessing the risk of a forest fire. Therefore, when determining the degree of fire hazard in forests, it is recommended to take this factor into account and consider it as an additional indicator when establishing the class of natural fire hazard.

Keywords: forest protection, common hazel, forest growing conditions, fire hazard.

В России ежегодно регистрируется несколько тысяч лесных пожаров, которые охватывают огромные площади, достигающие нескольких миллионов гектаров [1]. Постоянно проводимая профилактическая работа, лесопожарный мониторинг и осуществление

комплекса мероприятий по противопожарному обустройству лесов не могут гарантировать полное обеспечение пожарной безопасности [2]. Всё это обуславливает первостепенную значимость проблемы охраны лесов – как на территории России, так и во всем мире.

Для сокращения количества пожаров необходимо оптимизировать систему превентивного управления, эффективно объединяющую статические и динамические факторы риска возникновения пожарной опасности и позволяющую достоверно установить степень пожарной опасности в лесах [1]. Одним из дополнительных способов снижения риска возникновения пожароопасной ситуации, является создание пирогенно устойчивых насаждений, которые могут быть сформированы как за счет сбалансированного породного состава древостоя, так и при введении подлесочных пород.

Следует отметить, что вводимые подлесочные породы должны соответствовать целям многоцелевого использования лесов – помимо снижения пожарной опасности в лесах, выполнять почвоулучшающие и средообразующие функции, а также обеспечивать биоразнообразие экосистем, что крайне важно при реализации положений концепции рационального природопользования. Одной из таких пород, сочетающей в себе все перечисленные свойства, является лещина обыкновенная. Важно отметить, что лещина может успешно произрастать в сосновых насаждениях, которые представляют наибольшую пожарную опасность [3].

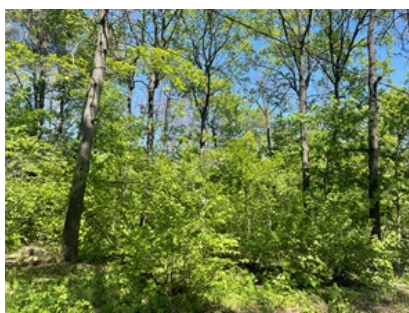
Первостепенное внимание сосредоточено на оценке густоты подлеска (прежде всего лещины обыкновенной) (рисунок 1) и его влиянии на возникновение пожаров. В связи с этим, целью работы является оценка влияния густоты лещины обыкновенной на возникновение пожароопасной ситуации в лесах на территории Воронежской области.

Исследование проводилось на всей территории лесного фонда Воронежской области. Были проанализированы лесоводственно-таксационные характеристики насаждений в местах возникновения пожаров за 2019-2024 гг.

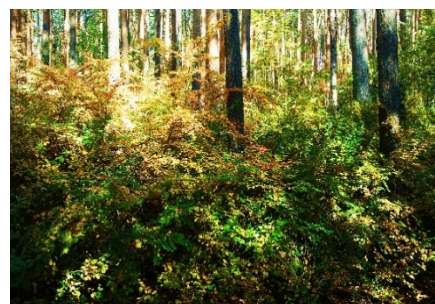
Анализируемые материалы сформированы на основе статистической информации, предоставленной Министерством лесного хозяйства Воронежской области. Используемые данные обработаны с применением методов математической статистики [4], а также с использованием специализированного программного обеспечения, разработанного сотрудниками ВГЛТУ [5].



а)



б)



в)

Рисунок 1 – Распространение лещины обыкновенной на территории объектов исследования:

а) подлесок редкой густоты; б) подлесок средней густоты; в) густой подлесок.

Для решения первоначальной задачи были проанализированы статистические сведения о зарегистрированных пожарах на территории Воронежской области (рисунок 2).

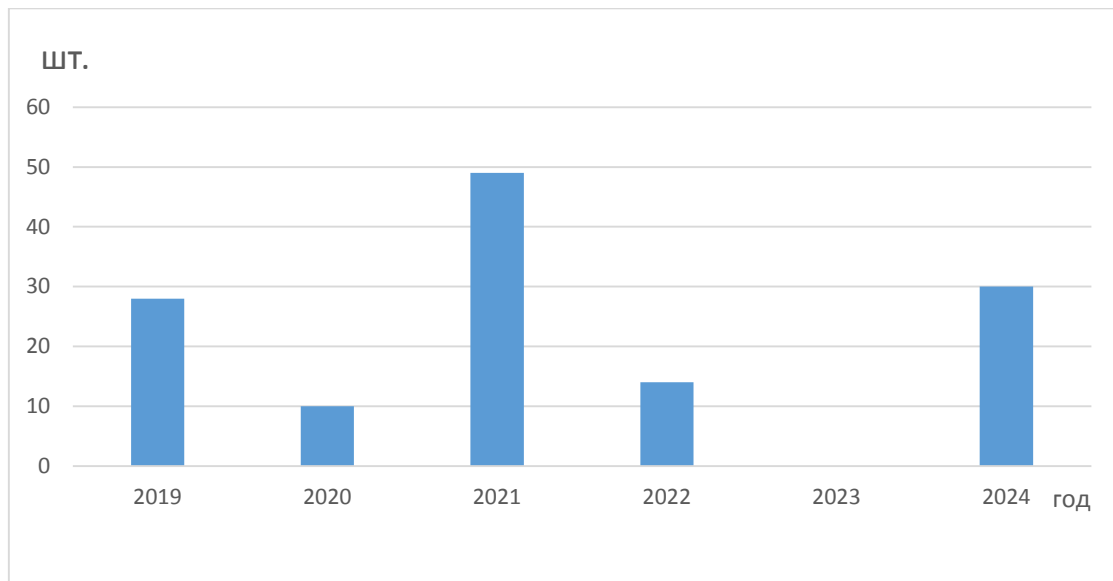


Рисунок 2 – Статистика количества лесных пожаров на территории Воронежской области за 2019-2024 гг.

Исходя из данных, приведенных на рисунке 2, можно сделать вывод о том, что максимальное количество возникших лесных пожаров за последние 5 лет было в 2021 году и составило – 49 шт., в 2019 и 2024 годах – 28 и 30 штук соответственно. Следует отметить, что на территории Воронежской области в 2023 году не было официально зафиксировано ни одного лесного пожара.

Решая вторую группу задач выполнена оценка лесоводственно-таксационных характеристик насаждения и установлена их связь с возникновением пожаров (рисунок 3).

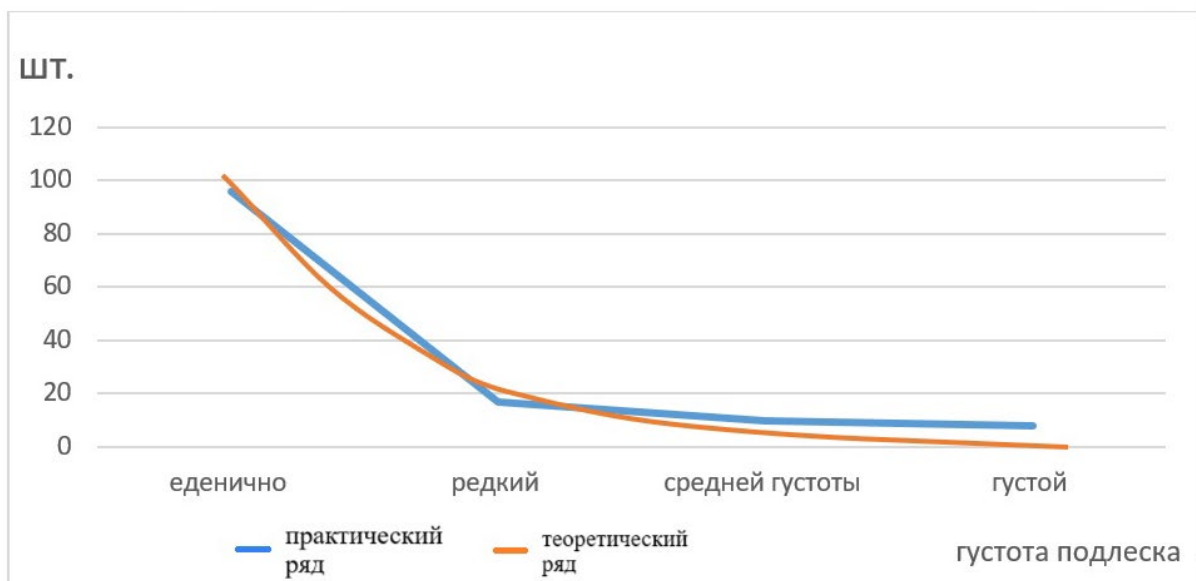


Рисунок 3 – Взаимосвязь густоты лещины обыкновенной, произрастающей в лесных насаждениях с количеством возгораний на территории Воронежской области

В насаждениях Воронежской области с увеличением густоты лещины обыкновенной существенно снижается риск возникновения и распространения пожаров. Более того, в сосновых насаждениях, имеющих густой подлесок, за 2019-2024 гг. не было зафиксировано ни одного пожара. 90% лесных пожаров отмечено в насаждениях с единично встречающимися растениями лещины или с редким по густоте подлеском. Полученные данные могут быть использованы для разработки мер по снижению природной пожарной опасности в лесах.

Оценка влияния густоты и жизнеспособности подлеска на возникновение пожароопасной ситуации важна для разработки эффективных стратегий предотвращения лесных пожаров и защиты экосистемы. Выявлено, что густота лещины обыкновенной играет важную роль при оценке риска возникновения лесного пожара. Следовательно, при определении степени пожароопасной ситуации в лесах рекомендуется учитывать данный фактор и рассматривать его как дополнительный индикатор при установлении класса природной пожарной опасности.

Работа выполнена в рамках реализации государственного задания Министерства науки и высшего образования Российской Федерации (№ ФЗУР-2024-0002) «Разработка технологических решений, направленных на повышение эффективности лесопожарного мониторинга и детализацию оценки последствий лесных пожаров в условиях Центральной лесостепи» (регистрационный номер 1023083100013-2-4.1.2).

Список литературы

1. Славский В.А., Матвеев С.М., Мироненко А.В., Литовченко Д.А. Совершенствование методологии дистанционного мониторинга пожарной опасности в лесах / Труды Санкт-Петербургского научно-исследовательского института лесного хозяйства № 3 – 2024. – стр. 113-131. DOI: 10.21178/2079-6080.2024.3.1132.
2. Кузнецов А. В. Лесные пожары: причины, последствия, профилактика. / А. В. Кузнецов // М.: Колос, 2020. – 186 с.
3. Славский В. А., Наконечная Т. С., Титов Е. В., Говедар З. Изучение биоразнообразия и оценка состояния лещины обыкновенной в Воронежской области // Лесотехнический журнал. – 2022. – Т. 12. – № 3 (47). – С. 51–61. – DOI: <https://doi.org/10.34220/issn.2222-7962/2022.3/5>.
4. Доспехов Б. А. «Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований)» - 5-е изд., доп. и перераб. / Б. А. Доспехов // М.: Агропромиздат, 1985.
5. Программа для актуализации характеристик лесного фонда лесничеств на основе обработки сведений о проведенных лесохозяйственных мероприятиях / Мироненко А.В., Матвеев С. М., Славский В.А., Водолажский А. Н. // Номер свидетельства: 2022681571 от 15.11.2022. eLIBRARY ID: 49780865

References

1. Slavskiy V.A., Matveev S.M., Mironenko A.V., Litovchenko D.A. Improving the methodology of remote monitoring of fire hazard in forests / Proceedings of the St. Petersburg Research Institute of Forestry No. 3 - 2024. - pp. 113-131. DOI: 10.21178/2079-6080.2024.3.1132.

2. Kuznetsov A.V. Forest fires: causes, consequences, prevention. / A.V Kuznetsov // M .: Kolos, 2020. - 186 p.
3. Slavskiy V.A., Nakonechnaya T.S., Titov E.V., Govedar Z. Study of biodiversity and assessment of the state of common hazel in the Voronezh region // Forestry journal. – 2022. – V. 12. – No. 3 (47). – P. 51–61. – DOI: <https://doi.org/10.34220/issn.2222-7962/2022.3/5>.
4. Dospekhov B. A. “Methodology of field experiment (with the basics of statistical processing of research results)” - 5th ed., suppl. and revised. / B. A. Dospekhov // M.: Agropromizdat, 1985.
5. Program for updating the characteristics of the forest fund of forestries based on the processing of information on the carried out forestry measures / Mironenko A.V., Matveev S. M., Slavskiy V.A., Vodolazhskiy A.N. // Certificate number: 2022681571 dated 11/15/2022. eLIBRARY ID: 49780865

DOI:10/58168/FECC2025_49-54

УДК:630*635:006.354

ТЕРМИНОЛОГИЯ В СФЕРЕ ОХРАНЫ ЛЕСОВ ОТ ПОЖАРОВ И ЕЁ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ

А.А. Подоксёнова, М.П. Чернышов

Воронежский государственный лесотехнический университет имени Г.Ф. Морозова,
г. Воронеж, Россия, e-mail: lestaks53@mail.ru

Аннотация: Терминология в обширной сфере охраны лесов от пожаров постоянно меняется и совершенствуется, в том числе в результате принятия и введения в действие новых нормативных правовых актов, относящихся к регулированию лесных отношений в разных сферах деятельности по использованию лесов, предусмотренных в действующем Лесном кодексе Российской Федерации. Одновременно существуют устаревшие терминологические ОСТы и ГОСТы, в которых целый ряд терминов и их определений не соответствуют их современному смысловому пониманию и трактованию.

Ключевые слова: Лесной пожар, охрана лесов от пожаров, лесная минерализованная полоса.

TERMINOLOGY IN THE FIELD OF FOREST FIRE PROTECTION AND ITS IMPROVEMENT

A.A. Podoksenova, M.P. Chernyshov

Voronezh State University of Forestry and Technologies named after G.F. Morozov,
Voronezh, Russia, e-mail: lestaks53@mail.ru

Abstract. Terminology in the vast field of forest fire protection is constantly being updated and improved, including as a result of the adoption and enactment of new regulatory legal acts related to the regulation of forest relations in various areas of forest management provided for in the current Forest Code of the Russian Federation. At the same time, there are outdated terminological standards and GOST standards, in which a number of terms and their definitions do not correspond to their modern semantic understanding and interpretation.

Keywords: Forest fire, protection of forests from fires, forest mineralized soil.

«При использовании неправильных слов,
 понимаемых людьми по-разному,
 невозможно создать что-либо общепользное».
 Конфуций, китайский мудрец.

Введение. Ежегодно в России и за рубежом из-за масштабных лесных пожаров погибают и повреждаются леса на значительной площади. Развитие современной науки о лесных пожарах требует непрерывной переоценки и переосмысления применяемой в этой сфере терминологии, её основополагающих понятий и терминов, а также их определений и интерпретации.

Ведь отдельные из них имеют многовековую историю, а другие появились лишь после введения в действие нового Лесного кодекса Российской Федерации [1]. Проведенный детальный анализ содержания и трактования смысла применяемых в сфере лесных пожаров терминов, их определений и понятий показал, что многие из них нуждаются в совершенствовании.

Цель исследования. Провести детальный анализ применяемых в сфере охраны лесов от пожаров понятий, терминов и их определений и на основе его результатов предложить научно-обоснованные и усовершенствованные формулировки, отвечающие современным условиям и основам лесной науки «Пирология».

Характеристика объектов и методы исследования. В качестве объектов исследований служили применяемые понятия, термины и их определения в сфере охраны лесов от пожаров. В ходе исследований в качестве основных служили обзорно-аналитические методы отраслевой статистической отчетности, экономические и экспертно-сравнительные методы, а также методы лингвистического моделирования содержания определений терминов.

Результаты исследования и их обсуждение. Краткие общие сведения о количестве и площади лесных пожаров и их динамике в лесах Воронежской области по календарным годам, в том числе и на основе информации ФБУ «Авиалесоохрана», представлена в таблице 1.

Таблица 1 – Сведения о количестве и площади лесных пожаров за последние 10 лет по годам в лесничествах Воронежской области

Календарные годы	Количество лесных пожаров за год, шт.	Площадь лесных пожаров, га	Средняя площадь одного лесного пожара, га
2017	14	1555,5	11,11
2018	65	902,0	13,57
2019	28	60,7	2,17
2020	110	1574,6	14,31
2021	41	607,7	14,82
2022	4	60,0	7,50
2023	-	-	-
2024	24	167,0	6,9

Заимствованные из разных открытых отраслевых источников официальные статистические сведения, приведенные в таблице 1, свидетельствуют о том, что количество и площадь лесных пожаров в Воронежской области распределяются по календарным годам не равномерно, от полного их отсутствия в 2023 г. до 110 штук в 2020 г. Средняя за 8 лет площадь лесного пожара варьирует от 2,17 до 14,82 га.

Последствия лесных пожаров слабой и средней интенсивности в лесных культурах сосны обыкновенной приведены на рисунках 1 и 2.



Рисунок 1 – Лесные культуры сосны обыкновенной, поврежденные низовым лесным пожаром слабой интенсивности



Рисунок 2 – Лесные культуры сосны обыкновенной, поврежденные низовым лесным пожаром средней интенсивности

Лесным пожарам и борьбе с ними посвящено небольшое количество нормативных правовых актов, ГОСТов и ОСТов [1-5]. Вместе с тем до настоящего времени в этой сфере существуют разногласия и разночтения в применяемой терминологии, либо ставится знак равенства между разными по смысловой сути и содержанию терминами. Так, в ГОСТе «Лесоводство. Термины и определения» [3] термин «лесной пожар» вообще отсутствует, а ГОСТ 17.6.1.01-83 [5] включает более десятка терминов, относящихся к сфере охраны лесов от пожаров, а именно: «виды лесных пожаров», «ландшафтный лесной пожар», «лесной пожар», «валежный пожар», «верховой пожар», «гарь», «горельник», «горимость лесов» и др.

Ниже приводятся анализ только лишь двух основных терминов и их определений, предусмотренные действующими нормативными правовыми актами [1-5], либо встречающиеся в учебниках и учебных пособиях лесных вузов, а после их анализа предлагаемые нами соответствующие их уточнения и смысловое толкование.

Охрана лесов, произрастающих на землях лесного фонда, землях обороны и безопасности, землях особо охраняемых природных территорий, от пожаров осуществляется в соответствии с

нормами Лесного кодекса РФ [1], федеральных законов «О пожарной безопасности» [2], «О защите населения и территорий от чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера» [3] и постановлением Правительства РФ «Об утверждении Правил пожарной безопасности в лесах» [4].

Согласно статье 1 Федерального закона «О пожарной безопасности» [2] термин «пожар» означает «неконтролируемое горение, причиняющее материальный ущерб, вред жизни и здоровью граждан, интересам общества и государства». В других источниках к понятию «**лесной пожар**» применяют несколько иных определений или их различающихся между собой интерпретаций:

- а) разновидность ландшафтного (природного) пожара, распространяющегося по лесу [2];
- б) стихийное (неуправляемое) распространение горения в лесу или на территории лесного фонда [5];
- в) пожар, распространяющийся по лесной площади»;
- г) неконтролируемое горение растительности и стихийное распространение огня по площади леса;
- д) стихийное, неуправляемое распространение огня в лесу или на землях лесного фонда [8];
- е) стихийное, неуправляемое распространение огня в лесах.

Рассмотрим определения этого двухсловного термина, заимствованное из разных источников [2-5], по их основополагающим составным частям более подробно.

Во-первых, лесной пожар далеко не всегда бывает природным. Сегодня до 95 % случаев лесных пожаров возникает по вине человека, то есть по происхождению их можно назвать «антропогенными», но никак не «природными».

Во-вторых, Лесным кодексом РФ [1] понятие «лесная площадь» не предусмотрено. В нем имеются три близких понятия «лесные земли», «нелесные земли» и «земли лесного фонда». Фактически лесной пожар может возникнуть на всех этих трех категориях земель.

В-третьих, пожар бывает «распространяющимся» только на начальной стадии возгорания, когда очаг пожара увеличивается сообразно скорости ветра, запасам горючего материала и наличию естественных или искусственных преград. Он также может быть «локализованным», «затухающим», «потушенным», «повторным», «продолжительным» и т.д.

В-четвертых, лесной пожар может быть «управляемым», если его вызывают искусственно (встречный пал, профилактическое выжигание, отжиг и т.д.).

В-пятых, по характеру горения и своему виду лесные пожары могут быть верховыми, низовыми и подземными (торфяными, почвенными), а по скорости распространения и интенсивности горения горючих материалов – беглыми, слабыми, средними и сильными.

Предлагаемое нами определение термина: «**Лесной пожар** – стихийное, как правило, неуправляемое распространение огня, возникающего в лесу и на землях лесного фонда по разным причинам, распространяющееся с разной скоростью горения и приносящее вред окружающей среде, растительному и животному миру».

В приведенном выше оптимизированном определении понятия «лесной пожар» содержится характеристика всех его ключевых составных частей и специфических признаков.

Доказано, что возникновение лесного пожара возможно лишь при сочетании трех условий: 1) наличие запаса горючих материалов; 2) сухая погода, способствующая возгоранию горючих материалов; 3) источник огня. Комплекс трех данных условий называется триадой возгорания. При отсутствии одного из названных условий пожар невозможен.

Рассмотрим следующие широко распространенные понятия «**Минерализованная полоса лесной площади**» и просто «**минерализованная полоса**». Они также имеют несколько различающихся между собой определений и их толкований, а именно:

а) искусственный противопожарный барьер лесного пожара, созданный путем обнажения минерального грунта лесной площади»;

б) полоса поверхности земли определенной ширины, очищенная от лесных горючих материалов или обработанная почвообрабатывающими орудиями либо иным способом до сплошного минерального слоя почвы;

в) искусственно созданная на почве полоса, очищенная от лесных горючих материалов до обнажения минерального слоя почвы;

г) линейные участки территории, очищенные от горючих растительных материалов до минерального слоя почвы или обработанные почвообрабатывающими орудиями или иным способом.

А теперь рассмотрим приведенные смысловые определения этого четырехсловного понятия, заимствованные из разных источников, по его составным частям более подробно.

Во-первых, в Лесном кодексе РФ [1] понятие «лесная площадь» отсутствует.

Во-вторых, каждый линейный объект, в том числе минерализованная полоса, имеет свои физико-технические параметры (месторасположение, сроки создания и подновления, ширина, протяженность и др.). Ширина противопожарных минерализованных полос может составлять от 0,3 до 9 м в зависимости от способа их создания и степени пожарной опасности лесного участка.

В-третьих, допустимая длина необработанных участков поверхности почвы должна быть не более 3 % на каждые 100 м длины полосы. Степень заделки растительных остатков на минерализованной полосе должна быть не менее 90 % в зависимости от степени природной пожарной опасности участка.

В-четвертых, в связи с большими объемами создания и подновления необходимых для противопожарной профилактики минерализованных противопожарных полос их содержание в должном состоянии требует применения в течение вегетационного периода разных почвообрабатывающих машин и орудий,

В-пятых, минерализованные полосы в лесу могут быть сплошными и прерывистыми, а при высокой пожарной опасности на отдельных лесных участках – сдвоенными или шириной до 9 м. На минерализованных полосах не допускается наличие горючих материалов, в том числе древесного хлама, валежника, мусора, порубочных остатков, сухой травяной растительности, пожароопасного хвойного подроста, подлеска и кустарника.

Предлагаемое определение: **Минерализованная полоса** – искусственно созданная механизированным путём или иным способом полоса почвы, очищенная от растительных горючих материалов до минерального слоя, нормируемой ширины в зависимости от степени пожарной опасности, и препятствующая распространению огня.

Выводы. Проведенный углубленный анализ содержания двух рассмотренных выше определений основных терминов в сфере охраны лесов от пожаров показал, что в настоящее время имеются разночтения и разные трактовки в применяемой терминологии. В связи с этим применяемая терминология в сфере охраны лесов от пожаров нуждается в совершенствовании и упорядочении смысловых определений терминов и понятий.

Для устранения смысловой неопределенности в применяемой терминологии необходимо в ближайшее время разработать специализированный ОСТ «Лесные пожары и борьба с ними. Термины и определения».

Список литературы

1. Федеральный закон «Лесной кодекс Российской Федерации» от 4 декабря 2006 г. № 200-ФЗ (с изменениями и дополнениями за 2008-2024 гг.). – Режим доступа: URL: <http://www.rosleshoz.gov.ru>.
2. Федеральный закон «О пожарной безопасности» от 21 декабря 1994 г. №69-ФЗ (в редакции от 22 декабря 2020 г. № 454-ФЗ). Режим доступа: – URL: <http://pravo.gov.ru>.
3. Федеральный закон «О защите населения и территорий от чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера» от 21 декабря 1994 г. № 68-ФЗ. Режим доступа: – URL: <http://pravo.gov.ru>.
4. Постановление Правительства РФ «Об утверждении Правил пожарной безопасности в лесах» от 7 октября 2020 г. №1614. Режим доступа: – URL: <http://pravo.gov.ru>.
5. Большая советская энциклопедия : в 30 томах. / гл. ред. А.М. Прохоров. - М. : Сов. энцикл., 1970-1981.

References

1. Federal Law "Forest Code of the Russian Federation" dated December 4, 2006 No. 200-FZ (with amendments and additions for 2008-2024). – Access mode: URL: <http://www.rosleshoz.gov.ru>.
2. Federal Law No. 69-FZ "On Fire Safety" dated December 21, 1994 (as amended on December 22, 2020 No. 454-FZ). Access mode: – URL: <http://pravo.gov.ru>.
3. Federal Law No. 68-FZ of December 21, 1994 on the Protection of the Population and Territories from Natural and Man-made Emergencies. Access mode: – URL: <http://pravo.gov.ru>.
4. Decree of the Government of the Russian Federation "On Approval of Fire Safety Rules in Forests" dated October 7, 2020 No. 1614. Access mode: – URL: <http://pravo.gov.ru>.
5. The Great Soviet Encyclopedia : in 30 volumes / Editor-in-chief A.M. Prokhorov, Moscow : Soviet Encyclopedia, 1970-1981.

СПОСОБЫ ЛЕСОВОССТАНОВЛЕНИЯ, ПРИМЕНЯЕМЫЕ В ПРИАРКТИЧЕСКОЙ ЗОНЕ ЕВРОПЕЙСКОГО СЕВЕРА

О.Н. Тюкавина^{1,2}, М.А. Хантали́на¹, Е.А. Сурина²

¹ФГАОУ ВО «Северный (Арктический) федеральный университет им. М.В. Ломоносова»

²ФБУ «Северный научно-исследовательский институт лесного хозяйства», г. Архангельск,
Россия, o.tukavina@narfu.ru

Аннотация. Исследование посвящено оценке встречаемости способов лесовосстановления и выявлению факторов, влияющих на них в приарктической зоне Европейского Севера. Основным способом лесовосстановления является содействие естественному лесовосстановлению. На выбор способа лесовосстановления влияют гидрологические условия вырубок, степень их захламленности, степень задержания, количество пней на гектаре и тип леса.

Ключевые слова: Способ лесовосстановления, вырубки, степень захламливания, вырубки, степень задержания, гидрологические условия, тип леса.

REFORESTATION METHODS USED IN THE ARCTIC ZONE OF THE EUROPEAN NORTH

O.N. Tyukavina^{1,2}, M.A. Khantalina¹, E.A. Surina²

¹ Northern (Arctic) Federal University named after M.V. Lomonosov

²Northern Scientific Research Institute of Forestry, Arkhangelsk, Russia,
o.tukavina@narfu.ru

Abstract. The study is devoted to the assessment of the occurrence of reforestation methods and the identification of factors influencing them in the Arctic zone of the European North. The main method of reforestation is to promote natural reforestation. The choice of the reforestation method is influenced by the hydrological conditions of deforestation, the degree of their clutter, the degree of blackening, the number of stumps per hectare and the type of forest.

Keywords: The method of reforestation, deforestation, the degree of cluttering of deforestation, the degree of blackening, hydrological conditions, type of forest.

Обеспечение эффективного лесовосстановления после лесозаготовок на Севере остается одной из многих проблем ведения лесного хозяйства. Лесовозобновление - это звено

общего лесопользования, обеспечивающее его непрерывность и равномерность [4]. Согласно Правилам лесовосстановления от 4.12.2020 г. выбор способов лесовосстановления (естественное, искусственное, комбинированное) определяется количеством жизнеспособного подроста и молодняка. На это влияет большой перечень факторов [5]. Так, пониженное плодородие и избыток влаги не способствуют разрастанию трав и подлеска, в результате количество подроста хвойных возрастает [2]. В сосняках брусничных и ельников черничных происходит задернение, в ельниках кисличных – разрастание травы [3], при которых процесс естественного лесовозобновления становится невозможен. Искусственное и комбинированное лесовосстановление вынужденная процедура. Искусственное лесовосстановление в системе промышленной эксплуатации в таежных условиях не обосновано ни экономически, ни в лесоводственном отношении, ни экологически [4]. При искусственном лесовосстановлении монокультуры теряют устойчивость к вредителям и болезням, тогда как при естественном лесовозобновлении подрост более устойчив и конкурентоспособен [1]. Выявление и оценка факторов, влияющих в дальнейшем на способ лесовосстановления, определяющих эффективность лесопользования, остается весьма актуальной.

Цель исследования – оценка встречаемости способов лесовосстановления и факторов, влияющих на них.

Объектами исследования являлись способы лесовосстановления в северотаежном лесном районе в Мурманской области, Республике Карелия, Архангельской области и Республике Коми. Проводили анализ Проектов лесовосстановления с учетом таких показателей как гидрологические условия, количество пней, степень задернения, захламленность, способ лесовосстановления.

Согласно докладом Состояние и охрана окружающей среды в рассматриваемых субъектах Российской Федерации за 2023 год среди способов лесовосстановления доминирует содействие естественному восстановлению (табл.1).

Таблица 1 - Соотношение видов лесовосстановительных работ в 2023 году по площади, %

Субъект РФ	Способы лесовосстановления			Способы искусственного лесовосстановления		
	СЕВ*	Комбини- рованный	Искус- ственный	Посадка сеянцев с ОКС**	Посадка сеянцев с ЗКС***	Посев
Мурманская область	86,0	0	14,0	40,8	43,4	15,8
Архангельская область	95,5	0,7	3,8	13,8	77,8	8,4
Республика Коми	59,9	34,2	5,9	14,3	85,7	0

* СЕВ – содействие естественному лесовосстановлению; **ОКС – открытая корневая система;

***ЗКС – закрытая корневая система.

Искусственное лесовосстановление проводится с доминированием посадки семян с закрытой корневой системой. Во всех рассматриваемых субъектах РФ уже на 2023 год перевыполнены требования Правил лесовосстановления, вводимые с 2025 г, по которым не менее 30 % площадей искусственного и комбинированного лесовосстановления выполняется посадкой семян или саженцев с закрытой корневой системой.

На примере северо таяжного леорастительного района Мурманской области рассмотрим влияние гидрологических условий на встречаемость способов лесовосстановления (рис. 1). Содействие естественному лесовосстановлению проводится при близком залегании грунтовых вод от поверхности почвы и в большинстве случаев (71 %) при среднем уровне залегания грунтовых вод. В крайних и умеренно средних гидрологических условиях доминирует искусственное лесовосстановление.

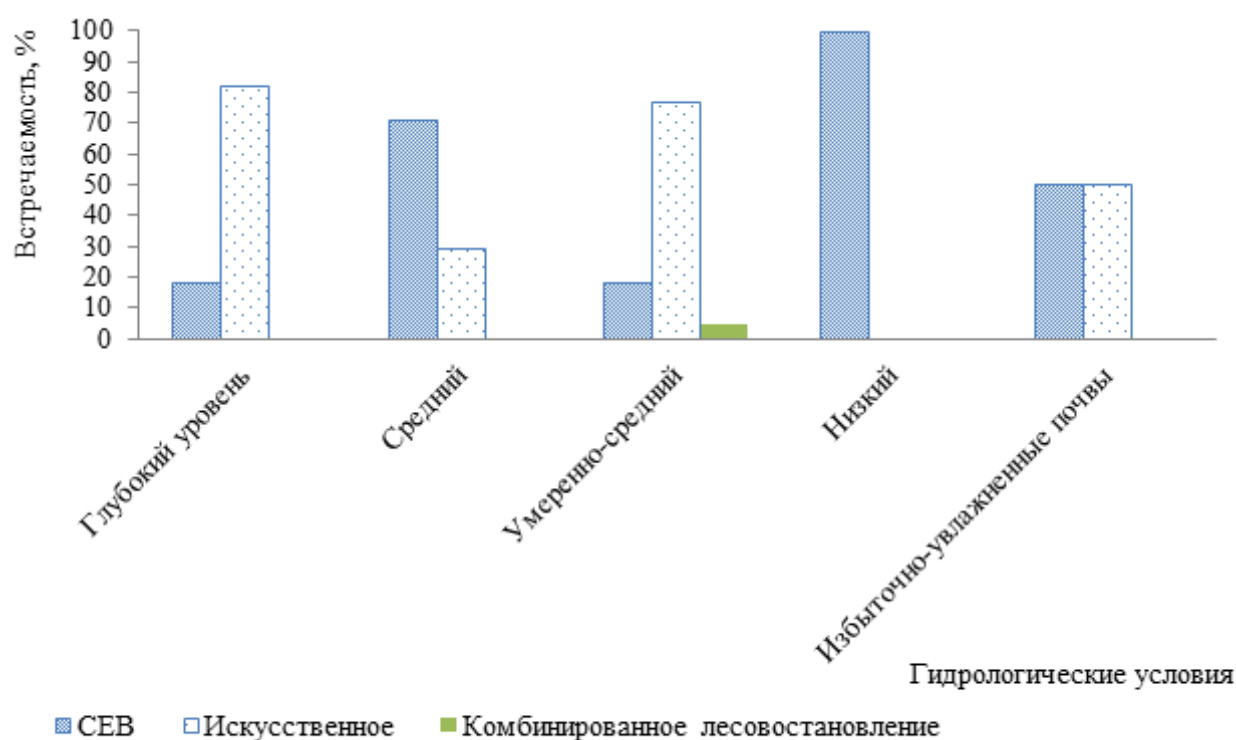


Рисунок 1 - Встречаемость способов лесовосстановления по гидрологическим условиям

Захламленность вырубок препятствует естественному лесовозобновлению (рис. 2). В большинстве случаев (85 %) содействие естественному лесовосстановлению наблюдалось при отсутствии захламленности вырубок. При слабой и средней степени захламленности вырубок искусственное лесовосстановление отмечается 83 - 93 % проектов лесовосстановления.

При этом стоит учитывать степень задержания и количество пней на гектаре. Содействие естественному лесовосстановлению возможно при отсутствии захламленности, слабой и средней степени задержания при количестве пней менее 400 шт./га. При увеличении количества пней на гектаре или увеличении степени задержания, несмотря на отсутствие захламленности проводится искусственное лесовосстановление.

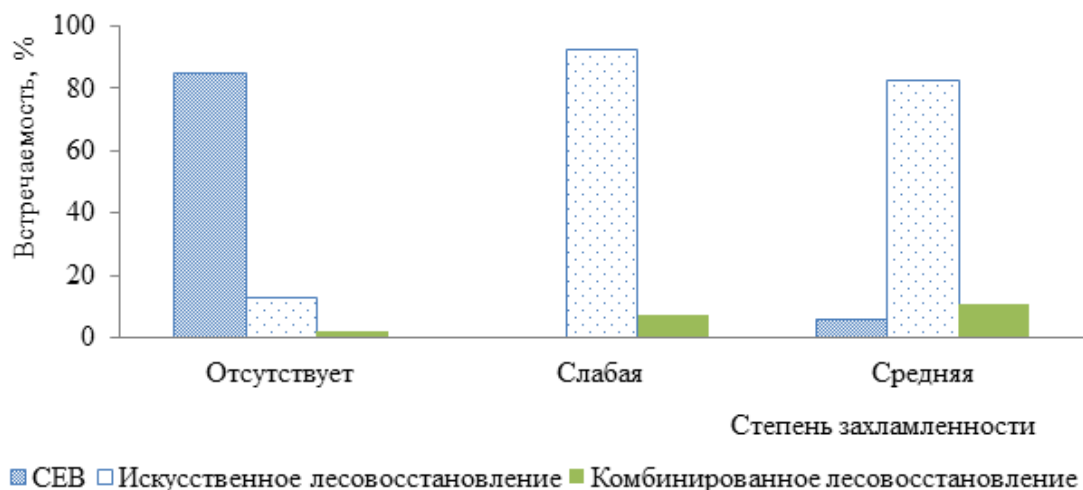


Рисунок 2 - Встречаемость способа лесовосстановления по степени захламленности вырубок

В Республике Коми и в Республике Карелия во всех проектах лесовосстановления прописано искусственное лесовосстановление при количестве пней на вырубке более 400 шт./га, степень задернения от слабой до средней, степень захламления может отсутствовать и достигать до средней.

В Архангельской области проекты лесовосстановления составлены для искусственного и комбинированного лесовосстановления. При этом количество пней более 400 шт./га, степень захламленности может отсутствовать или слабая, степень задернения от слабой до средней. Комбинированное лесовосстановление характерно для свежих черничников со слабой степенью захламленности и слабой степенью задернения, для влажных черничников со слабой степенью захламленности и средней степенью задернения.

Теснота связи между способом лесовосстановления и степенью захламленности вырубки высокая, с гидрологическими условиями – значительная (табл. 2).

Таблица 2 - Дисперсионный однофакторный анализ влияния степени захламленности вырубки и гидрологических условий на способ лесовосстановления

Фактор	Общая дисперсия	Степень свободы	Показатель силы влияния ($\eta^2 \pm m$)	F	Fst
Степень захламленности вырубки	44,8	50	0,69±0,01	53,4	4,5
Гидрологические условия	60,5	59	0,39±0,04	8,6	4,1

На примере северо таежного лесного района Архангельской области наибольшее количество проектов искусственного лесовосстановления наблюдается в ельниках кисличных свежих и в ельниках черничных свежих (рис.3).

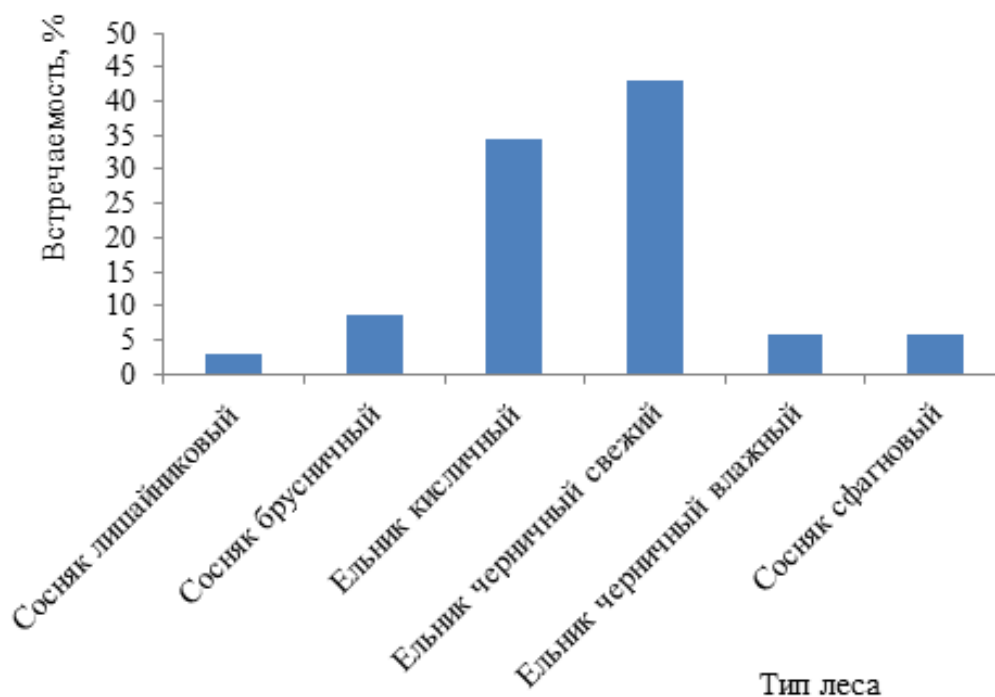


Рисунок 3 - Встречаемость проектов искусственного лесовосстановления по типам леса

Одно из важнейших влияний на лесовозобновление на вырубках оказывает тип леса с его особенностями эффективного плодородия почвы и ее увлажнения (Смирнов и др., 2018). В черничных типах леса после вырубki может происходить задержание, а в кисличных – заглушение травой.

При создании лесных культур наиболее часто встречается полосной метод подготовки почвы и экскаватором.

Полосная расчистка проводится: экскаватором KOMATSU PC200-7; бульдозером KOMATSU D65-E12 с глубиной обработки почвы 15-20см. Трехлетние сеянцы хвойных пород с открытой корневой системой садятся под меч Колесова в брусничных и лишайниковых типах леса в дно полос, в черничных, долгомошных типах леса – по краям полос. Одно- двухлетние сеянцы сосны или ели с закрытой корневой системой высаживаются с помощью посадочной трубы.

Может проводиться рыхление отдельных участков для посадки сеянцев форвардером с дисковым рыхлителем BRACKET 26A.

Метод не рядового дискретного создания микроповышений Экскаватором VOLVO. В микроповышения проводится ручная посадка одно- двухлетних сеянцы сосны или ели с закрытой корневой системой с помощью лесопосадочной трубы.

Таким образом, основным способом лесовосстановления является содействие естественному лесовосстановлению. На выбор способа лесовосстановления влияют гидрологические условия вырубok, степень их захламленности, степень задержания, количество пней на гектаре и тип леса.

Работа проведена по результатам исследований, выполненных в рамках государственного задания ФБУ «СевНИИЛХ» на проведение прикладных научных исследований. Регистрационный номер темы: 123032700030-9.

Список литературы

1. Видякин А.И. Естественное возобновление сосны при проведении постепенных рубок в подзоне хвойно-широколиственных лесов Вятско-камского междуречья / А.И. Видякин // Аграрный вестник Урала. - 2012. - № 11 (103). - С. 56–57.
2. Смирнов А.П. Продуктивность хвойных древостоев и естественное возобновление на вырубках в связи с плодородием лесной почвы / А.П. Смирнов, А.А. Смирнов, Б.А. Монгуш // Известия Санкт-Петербургской лесотехнической академии. – 2018. – Вып. 223. – С. 28-46.
3. Фетисов А.А. Оценка естественного возобновления хвойных пород на сплошных вырубках в условиях Рощинского лесничества / А.А. Фетисов, А.В. Грязькин, Н.В. Ковалев, М. Гуталь // Известия высших учебных заведений. Лесной журнал. - 2013. - №6 (336). – С. 9 – 18.
4. Цветков В.Ф. Лесовозобновление: природа, закономерности, оценка, прогноз: монография / В.Ф. Цветков. – Архангельск: АГТУ, 2008. – 212 с.
5. Shimamoto C.Y. Restoration of ecosystem services in tropical forests: A global meta-analysis / C.Y. Shimamoto, A.A. Padial, C.M. da Rosa, MCM Marques // PLoS ONE. – 2018. - 13(12): e0208523.

References

1. Vidyakin A.I. Natural renewal of pine trees during gradual logging in the subzone of coniferous-deciduous forests of the Vyatka-Kama interfluve / A.I. Vidyakin // Agrarian Bulletin of the Urals. - 2012. - № 11 (103). - Pp. 56-57.
2. Smirnov A.P., Smirnov A.A., Mongush B.Aj-D. Productivity of conifer forests and especially natural forest regeneration on the felling with regard to forest soil fertility / A.P. Smirnov, A.A. Smirnov, B.Aj-D. Mongush // Izvestia Sankt-Peterburgskoj Lesotehnicheskoj Akademii. – 2018. - Is. 223. - Pp. 28–46
3. Fetisov A.A., Gryazkin A.V., Kolev N.V., Gutal M. Assessment of natural conifer regeneration in the clear cutting area of the Roshchino forestry// *Lesnoy Zhurnal*=Russian Forestry Journal. - 2013. - №6 (336). – Pp. 9-18.
4. Tsvetkov V.F. Reforestation: nature, patterns, assessment, forecast: monograph / V.F. Tsvetkov. Arkhangelsk: AGTU, 2008. 212 p.
5. Shimamoto C.Y. Restoration of ecosystem services in tropical forests: A global meta-analysis / C.Y. Shimamoto, A.A. Padial, C.M. da Rosa, MCM Marques // PLoS ONE. – 2018. - 13(12): e0208523.

DOI:10/58168/FECC2025_61-67

УДК 630*114.442.1+631.433.53(470.324)

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ АВТОТРОФНОЙ И ГЕТЕРОТРОФНОЙ СОСТАВЛЯЮЩЕЙ ЭМИССИИ УГЛЕКИСЛОГО ГАЗА ИЗ ПОЧВ В ВОРОНЕЖСКОЙ НАГОРНОЙ ДУБРАВЕ И УСМАНСКОМ БОРУ

Т.Л. Шешнищан, С.С. Шешнищан

Воронежский государственный лесотехнический университет имени Г.Ф. Морозова,
г. Воронеж, Россия, e-mail: tatianasheshnitsan@gmail.com

Аннотация. В статье представлены результаты сравнительного анализа эмиссии CO₂ из почв лиственного (Нагорная дубрава) и хвойного (Усманский бор) лесов Воронежской области. С использованием метода субстрат-индуцированного дыхания количественно оценены вклады автотрофного и гетеротрофного компонентов в общий поток углекислого газа. Установлено, что в дубраве преобладает корневое дыхание, а в сосняке – микробное. Различия обусловлены структурой фитомассы, влажностью и запасами углерода в почвах.

Ключевые слова. Почвенное дыхание, эмиссия CO₂, субстрат-индуцированное дыхание, микробное дыхание, корневое дыхание, углеродный баланс.

COMPARATIVE ANALYSIS OF AUTOTROPHIC AND HETEROTROPHIC COMPONENTS OF CARBON DIOXIDE EMISSIONS FROM SOILS IN THE VORONEZH UPLAND OAK FOREST AND USMANSKY PINE FOREST

T.L. Sheshnitsan, S.S. Sheshnitsan

Voronezh State University of Forestry and Technologies named after G.F. Morozov,
Voronezh, Russia, e-mail: tatianasheshnitsan@gmail.com

Abstract. The article presents the results of a comparative analysis of CO₂ emissions from the soils of deciduous (Upland Oak forest) and coniferous (Usman Pine forest) forests in the Voronezh region. Using the substrate-induced respiration method, the contributions of autotrophic and heterotrophic components to the total carbon dioxide flux were quantitatively assessed. It was found that root respiration predominates in oak forests, while microbial respiration predominates in pine forests. The differences are due to the structure of the phytomass, moisture content, and carbon reserves in the soils.

Keywords: Soil respiration, CO₂ emission, substrate-induced respiration, microbial respiration, root respiration, carbon balance.

Введение

Влияние глобального потепления на компоненты почвенного дыхания в наземных экосистемах является сложным и долгосрочным экологическим процессом [8]. Согласно шестому оценочному докладу МГЭИК, к концу XXI века прогнозируется повышение средней глобальной температуры поверхности Земли на 3,3-5,7 °C [5]. Потепление климата окажет непосредственное влияние на структуру и функционирование наземных экосистем, тем самым изменяя различные процессы углеродного цикла экосистемы, в том числе почвенное дыхание [6]. В пользу данной гипотезы говорят, многочисленные исследования, которые показали, что повышение температуры усиливает интенсивность почвенного дыхания [4].

Однако дыхание почвы является достаточно сложным и динамичным процессом, объединяющим два компонента: гетеротрофный (корневой) и автотрофный (микробный). При чем вклад автотрофного компонента оценивается от 10 до 90 % в зависимости от вида древесных растений, типа лесорастительных условий, а также метода разделения микробного и корневого дыхания [3]. Несмотря на то, что почвенное дыхание является основным потоком углерода из наземных экосистем в атмосферу, оценки его величины, а также пространственная и временная изменчивость остаются весьма неопределенными, что затрудняет сравнение между разными типами леса или стадиями развития древостоев [7].

Целью исследования являлась оценка вклада микроорганизмов и корней в общий эмиссионный поток CO₂ из почв под хвойными и лиственными фитоценозами воронежской нагорной дубравы и Усманского бора.

Дыхание почвы можно назвать индикатором экосистемного метаболизма и запасов углерода в экосистеме. Поскольку интенсивность дыхания, как и любой химической реакции, зависит от доступности субстрата, она тесно связана с растительным метаболизмом, фотосинтезом и наличием растительной подстилки.

Материалы и методы исследования

Интенсивность эмиссии углекислого газа из почв измеряли на участках лесных экосистем подекадно с третьей декады апреля по ноябрь 2024 года, в осенние месяцы – один – два раза в месяц, методом закрытых камер с использованием портативной системы измерения почвенного газообмена LI-870SC (CO₂/H₂O) на основе инфракрасного газоанализатора (LI-COR Biosciences Inc.)

Постоянная пробная площадь (ПП № 6-1) располагалась в квартале № 60 (выдел 11) Левобережного участкового лесничества на серогумусовых иллювиально-ожелезненных бескарбонатных почвах на аллювиальных песчано-супесчаных отложениях. Тип леса – сосняк травяной с дубом (С_{срт}), тип лесорастительных условий В₂ (свежая суборь) является одним из самых распространенных для Усманского бора. Возраст насаждения 110 лет. Постоянная пробная площадь (ПП № 3-1) расположена в квартале 47 (выдел 3) Правобережного участкового лесничества Пригородного лесничества Воронежской области на серогумусовых глееватых бескарбонатных маломощных супесчаных почвах. Тип леса – дубняк осокошнытьевый (Досн), тип лесорастительных условий С₂D (судубрава свежая дубовая). Возраст насаждения 100 лет.

Размещение оснований в лесных насаждениях осуществлялось на каждой отдельной площадке наблюдений в пределах одной-двух основных биогеоценотических парцелл за неделю до начала первых мониторинговых измерений. Оценку вклада микробного и автотрофного дыхания в общий эмиссионный поток из почв проводили методом субстрат-индуцированного дыхания (СИД) однократно во второй половине августа, при этом использовали раствор глюкозы, а количество оснований для измерения эмиссии составляло по 6 штук для каждого варианта мониторинга (без варианта с заменой верхних 20 см почвы песком) [1, 2].

Обработку данных полевых измерений эмиссии CO₂ проводили в специализированном программном обеспечении SoilFluxPro v5.3.1 (LI-COR Biosciences Inc., 2024).

Результаты исследования и их обсуждение

Полученные результаты исследования за вегетационный период свидетельствуют о существенных различиях в эмиссии диоксида углерода в двух разных типах леса. Так, анализ динамики эмиссии углекислого газа показал, что серогумусовые глееватые почвы под листовым насаждением характеризуются более высоким уровнем эмиссии CO₂ от $1,97 \pm 0,05$ до $5,80 \pm 0,33$ мкмоль CO₂ м⁻² с⁻¹. Серогумусовые иллювиально-ожелезненные почвы под хвойным насаждением отличаются более низкой интенсивностью высвобождения углекислого газа в пределах от $0,93 \pm 0,03$ до $4,10 \pm 0,14$ мкмоль CO₂ м⁻² с⁻¹. Учитывая супесчаный гранулометрический состав верхнего серогумусового горизонта почв под исследуемыми типами леса, различия в эмиссии прежде всего обусловлены характером растительности и микроклиматическими условиями. Необходимо отметить, что эмиссия углекислого газа – это отражение величины запасов углерода в почвах лесной экосистемы. Так, содержание общего углерода в почве (0-30 см) нагорной дубравы (1,83%) в среднем два раза выше, чем в хвойном насаждении (0,95%), а его запасы выше в 3,4 раза (115 и 34 тС/га соответственно), что, несомненно, повлияло на скорость эмиссии в двух контрастных типах леса.

Среди факторов окружающей среды гидротермические условия признаны наиболее значимыми, контролирующими скорость обмена углекислого газа с поверхности почвы. Если по температурному режиму почвы двух насаждений существенно не отличаются, то влажность почв оказалась более динамичным показателем. Так, поверхностные минеральные горизонты почвы листового насаждения характеризуются признаками гидроморфизма, соответственно показатель влажности изменяется от $4,15 \pm 0,41\%$ до $46,0 \pm 1,97\%$. Таким образом, процесс оглеения говорит о достаточном переувлажнении почвенного покрова и медленному иссушению верхней части профиля почвы, влияя на продуктивность насаждения в нагорной дубраве и скорость разложения органического вещества. Напротив, в сосновом бору уровень влажности почвы в два раза ниже и составляет от $2,6 \pm 0,26$ до $21,9 \pm 0,93\%$. В данных условиях активность корней и микроорганизмов более низкая, чем в листовом насаждении, что способствует изменению интенсивности выделения CO₂ с поверхности почвы.

Нами была проведена оценка вкладов автотрофного (корневого) и гетеротрофного (микробного) дыхания почвы в общий эмиссионный поток CO₂ в двух разных типах лесных

экосистем методом СИД. На рисунке 1 показаны результаты измерения эмиссии CO_2 в полевом эксперименте.

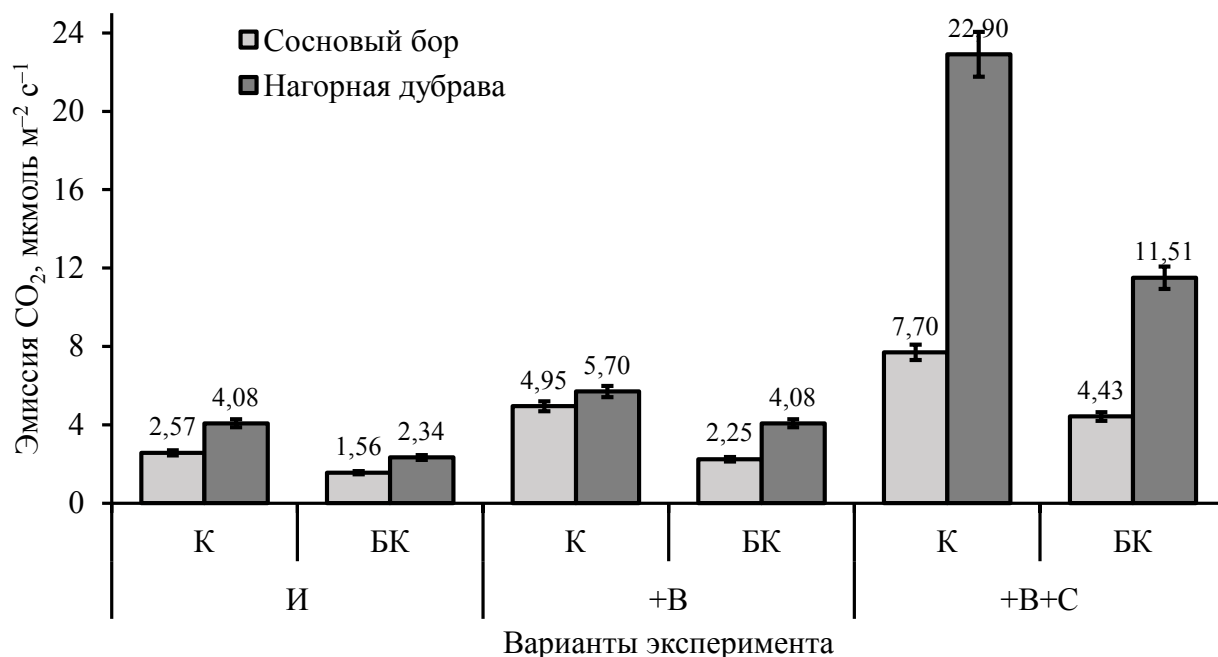


Рисунок 1 – Сравнение эмиссии диоксида углерода из лесных почв в разных вариантах эксперимента. Варианты эксперимента: К – с корнями, БК – без корней; И – исходная почва (контроль), +В – почва с добавлением дистиллированной воды, +В+С – почва с добавлением раствора глюкозы в дистиллированной воде.

Величины эмиссии CO_2 в вариантах с добавлением воды (+В) и особенно с добавлением раствора глюкозы (+В+С) существенно превышали значения, полученные в исходных (контрольных) измерениях эмиссии (рисунок). Так, в варианте с добавлением глюкозы (вариант +В+С) максимальные значения эмиссии наблюдались в нагорной дубраве и составили $22,9 \text{ мкмоль м}^{-2} \text{ с}^{-1}$ для оснований с корнями и $11,5 \text{ мкмоль м}^{-2} \text{ с}^{-1}$ для оснований без корней. Эти значения существенно выше таковых в контроле ($4,08$ и $2,34 \text{ мкмоль м}^{-2} \text{ с}^{-1}$, соответственно).

В сосновом бору увеличение дыхания под действием глюкозы было менее выраженным: в основаниях с корнями эмиссия возросла с $2,57$ до $7,70 \text{ мкмоль м}^{-2} \text{ с}^{-1}$ (в 3 раза), а в основания с удаленными корнями – с $1,56$ до $4,43 \text{ мкмоль м}^{-2} \text{ с}^{-1}$. Таким образом, более высокая метаболическая активность микробного сообщества и больший пул активной биомассы в дубраве может быть одной из причин выявленных различий.

Различия в степени отклика на внесение доступного субстрата (глюкозы) могут быть обусловлены как абиотическими, так и биотическими факторами: первоначальной обеспеченностью почв органическим веществом, численностью и активностью микробных сообществ, различиями в составе ризосферных экссудатов, а также гидрофизическими свойствами субстрата (влажностью, аэрацией и др.).

Коэффициент микробного усиления, рассчитанный как отношение эмиссии CO_2 в вариантах с добавлением субстрата к эмиссии в контроле без добавок, достигал наибольших значений в нагорной дубраве, где составил 2,82. Это указывает на высокую чувствительность микробного сообщества почвы в дубраве к доступному углероду, связанной с мобилизацией микробной биомассы при поступлении легкоусвояемых субстратов.

Результаты, представленные на рисунке 2, позволяют оценить не только абсолютные значения эмиссии CO_2 с поверхности почвы, но и относительный вклад корневого и микробного дыхания в общей структуре потока углекислого газа.



Рисунок 2 – Относительный вклад (%) микробного и корневого дыхания в общий эмиссионный поток CO_2 из лесных почв

Вклад микробного дыхания в суммарную эмиссию CO_2 с поверхности почвы был ниже в нагорной дубраве (49,1%) по сравнению с сосновым бором (83,3%). Это, вероятно, обусловлено большей плотностью и дыхательной активностью корневых систем в дубраве, продуцирующей более половины общего потока CO_2 , что отражает хорошо развитую подземную фитомассу древостоя, подлеска и трав живого напочвенного покрова. В сосновом бору, напротив, меньшая плотность корней, относительно разреженный травяной покров и наличие мощной подстилки способствуют преобладанию микробного дыхания, реализуемого в основном сапротрофами, разлагающими органическое вещество подстилки.

Заключение

Результаты настоящего исследования подтвердили наличие существенных различий в интенсивности и структурной организации почвенного дыхания между хвойными и лиственными лесными экосистемами Воронежской области. Установлено, что в нагорной дубраве общая эмиссия CO_2 с поверхности почвы была выше, чем в сосновом бору, что связано с более высоким содержанием и запасами органического углерода, а также с более развитой корневой системой. Метод субстрат-индуцированного дыхания позволил количественно оценить вклад автотрофного и гетеротрофного компонентов эмиссионного потока и показать, что микробное дыхание преобладало в сосновом бору (83,3%), тогда как в дубраве вклад микробного и корневого компонента был практически равнозначным. Различия в коэффициентах микробного усиления, наиболее выраженные в дубраве, также указывают на

высокую чувствительность микробных сообществ к поступлению доступного углерода в почвах лиственных лесов. Полученные данные подчёркивают необходимость раздельного учёта компонентов почвенного дыхания при оценке углеродного баланса лесных экосистем.

Работа выполнена в рамках государственного задания Министерства науки и высшего образования Российской Федерации № 1023013000012-7 «Биогеохимический мониторинг цикла углерода в природных и антропогенных экосистемах Воронежской области в условиях глобального изменения климата (FZUR-2023-0001)»

Список литературы

1. Евдокимов И. В., Ларионова А. А., Шмитт М. и др. Определение вклада дыхания корней растений в эмиссию CO₂ из почвы методом субстрат-индуцированного дыхания // Почвоведение. – 2010. – № 3. – С. 349–355.
2. Карелин Д. В., Замолодчиков Д. Г., Каганов В. В. и др. Микробная и корневая составляющие дыхания дерново-подзолистых почв южной тайги // Лесоведение. – 2017. – № 3. – С. 183–195.
3. Bonan G. B. Forests and climate change: forcings, feedbacks, and the climate benefits of forests // Science. – 2008. – Vol. 320. – P. 1444–1449.
4. Bond-Lamberty B., Bailey V. L., Chen M., Gough C. M., Vargas R. Globally rising soil heterotrophic respiration over recent decades // Nature. – 2018. – Vol. 560. – P. 80–83.
5. IPCC. Summary for policymakers // In: Climate Change 2023: Synthesis Report. A Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Contribution of Working Groups I, II and III to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change / Eds. H. Lee, J. Romero. – Geneva : IPCC, 2023.
6. Lastra M., López J., Troncoso J. S., Sampedro L. Warming and wrack supply will accelerate CO₂ emission and nutrients release on Antarctic sedimentary shores: a case study on a volcanic island // Ecosystems. – 2020. – Vol. 24. – P. 855–874.
7. Niinistö S. Soil CO₂ efflux in boreal pine forests in the current climate and under CO₂ enrichment and air warming. – Dissertationes Forestales, 194. – 2015. – 69 p. – URL: <http://dx.doi.org/10.14214/df.194> (дата обращения: 10.03.2025).
8. Yu H. Y., Liu X. D., Ma Q. H., Yin Z. T., Wang Y. H., Xu Z. Z., Zhou G. S. Climatic warming enhances soil respiration resilience in an arid ecosystem // Science of the Total Environment. – 2021. – Vol. 756. – Article 144005.

References

1. Evdokimov, I. V., Larionova, A. A., Schmitt, M. et al. Determining the contribution of root respiration to CO₂ emission from soil using the substrate-induced respiration method // Pochvovedenie (Soil Science). – 2010. – No. 3. – P. 349–355.
2. Karelin, D. V., Zamolodchikov, D. G., Kaganov, V. V. et al. Microbial and root components of respiration in sod-podzolic soils of the southern taiga // Lesovedenie (Forest Science). – 2017. – No. 3. – P. 183–195.
3. Bonan, G. B. Forests and climate change: forcings, feedbacks, and the climate benefits of forests // Science. – 2008. – Vol. 320. – P. 1444–1449.

4. Bond-Lamberty, B., Bailey, V. L., Chen, M., Gough, C. M., Vargas, R. Globally rising soil heterotrophic respiration over recent decades // *Nature*. – 2018. – Vol. 560. – P. 80–83.
5. IPCC. Summary for policymakers // In: *Climate Change 2023: Synthesis Report. A Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Contribution of Working Groups I, II and III to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* / Eds. H. Lee, J. Romero. – Geneva: IPCC, 2023.
6. Lastra, M., López, J., Troncoso, J. S., Sampedro, L. Warming and wrack supply will accelerate CO₂ emission and nutrients release on Antarctic sedimentary shores: a case study on a volcanic island // *Ecosystems*. – 2020. – Vol. 24. – P. 855–874.
7. Niinistö, S. Soil CO₂ efflux in boreal pine forests in the current climate and under CO₂ enrichment and air warming. – *Dissertationes Forestales*, 194. – 2015. – 69 p. – URL: <http://dx.doi.org/10.14214/df.194> (accessed: 10.03.2025).
8. Yu, H. Y., Liu, X. D., Ma, Q. H., Yin, Z. T., Wang, Y. H., Xu, Z. Z., Zhou, G. S. Climatic warming enhances soil respiration resilience in an arid ecosystem // *Science of the Total Environment*. – 2021. – Vol. 756. – Article 144005.

ЛЕСОУСТРОЙСТВО, ЛЕСОУПРАВЛЕНИЕ, ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ И ГИС В ЛЕСНОЙ ОТРАСЛИ

DOI:10/58168/FECC2025_68-74

UDC 630(510):004.8:519.7

ANALYSIS OF KEY CHALLENGES IN DEVELOPING ARTIFICIAL INTELLIGENCE - DRIVEN SOFTWARE SOLUTIONS FOR FOREST MANAGEMENT IN CHINA

D.V. Koleda

Faculty of Computational Mathematics and Cybernetics, Shenzhen MSU-BIT University,
Shenzhen, China; Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education Lomonosov
Moscow State University, Moscow, Russia; dk.china@yandex.ru.

Abstract: This study explores the main challenges in developing artificial intelligence (AI)-driven software solutions for forest management in China, focusing on two ecologically and economically distinct provinces: Heilongjiang and Fujian. Findings show that limited data, environmental complexity, and regional differences in climate and forest types hinder AI implementation. Comparing the provinces shows how local factors affect AI performance and design.

Keywords: forest management; Heilongjiang Province; Fujian Province; artificial intelligence (AI); climate and environmental challenges; wildfire detection; biodiversity monitoring.

АНАЛИЗ ОСНОВНЫХ ПРОБЛЕМ ВОЗНИКАЮЩИХ ПРИ РАЗРАБОТКЕ ПРОГРАММНЫХ РЕШЕНИЙ НА БАЗЕ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА ДЛЯ УПРАВЛЕНИЯ ЛЕСНЫМИ РЕСУРСАМИ В КИТАЕ

Д. В. Коледа

Факультет вычислительной математики и кибернетики, Университет МГУ-ППИ в
Шэньчжэне, Шэньчжэнь, Китай; Федеральное государственное бюджетное образовательное
учреждение высшего образования «Московский государственный университет имени
М.В.Ломоносова», Москва, Россия; dk.china@yandex.ru

Аннотация: В данном исследовании рассматриваются основные проблемы, возникающие при разработке программных решений на базе искусственного интеллекта (ИИ) для управления лесными ресурсами в Китае с акцентом на два экологически и экономически различных региона — провинции Хэйлунцзян и Фуцзянь. Результаты показывают, что ограниченность данных, сложность окружающей среды и региональные различия в климате и типах лесов затрудняют внедрение ИИ. Сравнение провинций по этим показателям демонстрирует, как местные факторы влияют на эффективность и проектирование ИИ-систем.

Ключевые слова: управление лесными ресурсами; провинция Хэйлунцзян; провинция Фуцзянь; искусственный интеллект (ИИ); климатические и экологические вызовы; обнаружение лесных пожаров; мониторинг биоразнообразия.

1. Introduction:

In 1978, China started the ‘Great Green Wall’ project—also known as the Three-North Shelterbelt Forest Program [1]. The country has been putting considerable effort into forest management to increase the forest coverage of the country from 16.7% (~157.1 Mha) to roughly 23.8% (~223.7 Mha) in 2022 [2]. Most recently, in 2025, it has been estimated that China has 142.6 billion trees, roughly 100 trees per person. This project increased the country’s wood production throughout the years and significantly increased carbon sequestration. With the rapid developments in the field of AI, forest management has become an easier task, as AI can help in tree species identification, forest inventory analysis, wildlife monitoring, biomass estimation, carbon sequestration, etc. However, with these benefits also come challenges such as limited data, environment complexity, and canopy layering interference.

2. Characteristics of objects:

This article will focus on two provinces, one from the north and one from the south of China, comparing AI technologies used, how they work, and what challenges they face. The two provinces chosen are Heilongjiang (North) and Fujian (South).

Heilongjiang Province is in the northeast region of China, bordering Russia. The province’s cities face cold winters, averaging at a low of around -23 degrees Celsius in January, and rainy but warm summers, with an average of 28 degrees Celsius in July [3, 4]. The highest average precipitation occurs in July, with a 120mm average throughout the province. In Heilongjiang Province, the mountainous regions are densely covered with forests, primarily consisting of conifers or a combination of coniferous and broad-leaved trees. Typical species include red and white pines, Manchurian ash, cork trees, and catalpas [5]. In Heilongjiang, AI applications directly support the province’s forest management priorities—such as wildfire detection, carbon emission monitoring, and optimizing timber logistics in harsh climates.

Fujian Province is positioned right across Taiwan island and is southeast of China. Since the province is located just above the Tropic of Cancer, it has a subtropical climate, meaning mildly cold winters, with an average low of 8 degrees Celsius in January, and hot summers, with average highs of 33 degrees Celsius in July [6, 7]. The rainfalls are at an average of 195mm. In Fujian Province, most forests are subtropical and laurel-leaved, with deciduous trees, conifers, and flowering shrubs like rhododendrons being trees found higher up on mountains [8]. In this province, the main aims of forestry are bamboo and fast-growing plantations, biodiversity conservation, and carbon sequestration. In Fujian, AI helps monitor biodiversity, enhance carbon sequestration, and improve efficiency in bamboo and fast-growth plantations.

3. Methods:

To examine the main challenges in developing AI-driven software solutions for forest management in China, this study analyzes the use of neural network-based machine learning techniques, particularly deep learning models such as convolutional neural networks (CNNs). These

models are commonly optimized via gradient-based learning methods to minimize error across training datasets composed of remote sensing imagery, forest inventory data, and environmental metrics. CNNs are particularly suited for analyzing spatial patterns from satellite data, such as Sentinel-1 SAR time series, which are widely used for tasks like forest harvesting detection and land cover classification [9]. Feature preprocessing methods, including normalization and dimensionality reduction, are also commonly applied to enhance model performance and generalization in these applications.

4. Results/Observations:

4.1. Heilongjiang Province:

4.1.1. Wildfire Detection and Predictions:

In the province of Heilongjiang, where winters are long and harsh, the spring and summer seasons tend to increase the risk of wildfires, some due to lightning strikes, others from agricultural fires, and many others - most of these fires happening in April [10]. Through the years, AI technologies such as convolutional neural networks (CNNs) models trained by satellite data, such as Sentinel-2 and Gaofen series imagery, have been incorporated into predicting and detecting wildfires. Over the years, these models have become significantly more effective in detecting changes in vegetation indices and thermal anomalies to identify the early stages of wildfires. Such visual fire-detecting systems as YOLOv5 and EfficientNet, which are based on deep learning, have proven to have accuracy levels between 85% and 96% in benchmark evaluations [11]. These are helpful during the season of high wildfire risks. Furthermore, AI-driven probability models have been developed to predict wildfire risks that integrate the following factors: forest dryness indices, human activity layers, and historical fire records. They have achieved high predictive performance across seasonal datasets [12].

The main challenge related to detecting and predicting wildfires is the lack of sufficient data. Publicly available wildfire datasets are limited, and this hinders the ability to train and validate high-performing AI models. Due to this deficiency in information/data, it has become common for researchers to either construct their own datasets or use small-scale ones that are available [11].

Another difficulty lies in detecting early or small fires. Since wildfires typically ignite at the forest floor and progress upward, initial flame activity often remains obscured beneath the canopy, making them hard to detect. Moreover, because these fires create minimal smoke and have a low thermal signature, these fires have a huge visual complexity. With such conditions, AI technologies would have a hard time differentiating the wildfires from other phenomena of the forest.

One more critical challenge in identifying and predicting wildfires is the harsh weather conditions. If the wildfire were to occur during the end of winter or early spring, the snow, cloud layers, or low solar angles could be a disturbance to the satellite in capturing images/videos of smoke and fire. Additionally, in mountainous areas the wind could be unpredictable, making it hard for AI-driven predicting modules to estimate where the fire is going to go based on past datasets.

4.1.2. Carbon Emissions Monitoring and Prediction:

Beyond wildfire detection, AI technologies have also been applied in Heilongjiang for carbon emissions monitoring and prediction, particularly in line with China's "Dual-Carbon" strategy [13]. Machine learning models have been used to analyze the temporal and spatial evolution of carbon

emissions across the province's major sectors, including forestry, agriculture, industry, and energy. To simulate future carbon emission scenarios and predict peak emission timelines, land use classifications, economic activity layers, and forest carbon stock estimates are being used. AI tools have proven especially valuable in detecting regional disparities in emissions and identifying potential pathways to accelerate carbon reduction.

However, several challenges persist. One limitation arises from variations in data detail and the absence of uniform standards across different regions of Heilongjiang, especially in rural or heavily forested areas. Additionally, dynamic economic and environmental factors, such as fluctuations in timber harvesting or industrial development, make it difficult to make stable long-term predictions. It is also becoming increasingly important to integrate real-time forest carbon sequestration data, which is often challenging to acquire consistently due to seasonal weather conditions and limitations in current remote sensing infrastructure. Nonetheless, AI-assisted carbon forecasting models will continue to help shape provincial policies and assist Heilongjiang in making their province more sustainable.

4.2. Fujian Province:

4.2.1. Monitoring Biodiversity:

In Fujian Province, AI is increasingly being adopted to enhance biodiversity monitoring within forest ecosystems, particularly in protected mountainous regions. Projects such as the PRISM AI-powered biodiversity monitoring initiative leverage machine learning algorithms in combination with sensor data, satellite imagery, and acoustic monitoring to detect the presence of various species and track ecosystem changes over time [14]. These systems can automatically identify animal calls, detect changes in canopy cover, and flag anomalies in species distribution that might indicate ecological disruption.

While this technology dramatically increases the spatial and temporal resolution of biodiversity assessments, challenges remain. Implementation gaps—such as inconsistent field data collection, limited AI literacy among forest rangers, and administrative fragmentation—undermine the full effectiveness of these systems in Fujian [15]. In many protected areas, conservation plans are not always enforced as intended, resulting in discrepancies between AI-detected trends and actual on-the-ground outcomes. Additionally, dense subtropical forests and complex mountainous terrain in Fujian introduce environmental noise that can reduce the accuracy of AI classification models, especially when using acoustic or visual sensors.

4.2.2. Improving Efficiency in Bamboo and Fast-growth Plantations:

AI is also being progressively utilized to enhance the efficiency of bamboo and fast-growing plantations in Fujian, which aligns with the goals of sustainable forestry. One notable example of this is ZHUART, a bamboo enterprise based in Jianyang, which has integrated AI and automation into its production processes. ZHUART has developed intelligent robotic systems for bamboo strand processing, bundling, and transportation, collaborating with Fuzhou University and Nanjing Forestry University. These innovations have significantly improved production efficiency by reducing labor requirements and energy use while also emphasizing eco-friendly practices and the production of biodegradable bamboo goods [16].

AI is also used in mapping and monitoring Moso bamboo forests through methods like hyperspectral imaging and satellite time series, which help track forest health and productivity for better management planning [17, 18].

Despite these advancements, challenges remain. Implementing AI systems requires considerable investment and technical expertise, which may be limited in rural or under-resourced areas. Furthermore, the effectiveness of AI applications depends heavily on high-quality, consistent data, which is often difficult to collect due to environmental conditions and resource constraints.

5. Discussion:

As observed, the two provinces of Heilongjiang and Fujian employ distinct AI models tailored to their unique forest management needs. Heilongjiang primarily focuses on wildfire detection and carbon emission monitoring, while Fujian's AI applications center around biodiversity tracking and enhancing the efficiency of bamboo plantations. Given the differences in their objectives, the AI tools deployed in these provinces are vastly different, making direct comparisons of performance challenging. This disparity highlights a key issue in the development of AI-driven solutions for forest management: the difficulty of creating a universal AI tool that works effectively across diverse regions. Factors such as climatic conditions, forest composition, and economic priorities play a significant role in shaping the design and application of AI technologies. As a result, AI models must be specifically tailored to regional contexts to optimize their effectiveness. Additionally, the case studies from both provinces reveal that one of the most persistent challenges AI models face is data inconsistency or insufficiency. While this issue is expected to diminish over time as more data becomes available, overcoming it will require continued investment in data collection infrastructure and increased efforts in training personnel and securing funding to ensure proper implementation and long-term sustainability of AI systems.

5.1. How do regional factors influence AI implementation?

5.1.1. Climate:

Cold climates and harsh winters, like in Heilongjiang Province, pose challenges to real-time sensing and image clarity. As a result, AI models should be built and adapted to seasonal variations.

On the other hand, the humid subtropical climates of Fujian Province also create difficulties for AI models. Due to high rainfall, dense vegetation layers must be processed, and frequent cloud cover in satellite imagery must be dealt with.

5.1.2. Forest type:

In northern coniferous or mixed forests, AI is needed to, for example, detect and predict wildfires and timber logistics. Whereas in southern subtropical forests and bamboo plantations, such problems don't exist, they are more concerned with biodiversity monitoring, species classification, etc.

5.1.3. Economic focus:

Heilongjiang's focus is on timber production, forest conservation, as well as wildfire prevention. Hence, AI is invested in surveillance systems, early warning, and sustainable harvesting. In contrast, Fujian has an economic reliance on its bamboo products, biodiversity-rich reserves, and

tourism, making the province more interested in resource efficiency, biodiversity tracking, and AI-enhanced conservation policies.

6. Conclusion:

This study has shown that AI technologies, such as Convolutional Neural Networks (CNNs) for wildfire detection and ZHUART for biodiversity monitoring, are being integrated into forest management in provinces like Heilongjiang and Fujian, respectively. As AI continues to advance globally, it has become an essential tool in many different fields, including forestry. AI-driven solutions are crucial in helping China achieve its goals of improving sustainability and carbon sequestration in the rapidly growing forest industry.

However, as demonstrated in Heilongjiang and Fujian, it is important to consider many different factors such as climate, forest composition, and economic priorities when developing these AI tools. Despite the promising results, challenges such as limited datasets, environmental complexities, and the need to make a universal model remain significant barriers.

For future improvements, efforts should be put into collecting more data and improving the AI model interpretability for decision-making and policy adoption.

With the rapid growth and development of AI technologies, the future of China's forestry looks promising, offering new opportunities for more efficient and sustainable environmental stewardship.

References

1. Chinese scientists use laser drones to count the country's trees — all 142.6 billion of them // Live Science. – URL: <https://www.livescience.com/planet-earth/plants/chinese-scientists-use-laser-drones-to-count-the-countrys-trees-all-142-6-billion-of-them> (accessed: 31.05.2025).
2. China – Forest Monitoring Dashboard // Global Forest Watch. – URL: <https://www.globalforestwatch.org/dashboards/country/CHN/> (accessed: 31.05.2025).
3. Weather in Heilongjiang // ChinaDiscover.net. – URL: <http://www.chinadiscover.net/heilongjiang-tourism/heilongjiang-weather.htm> (accessed: 31.05.2025).
4. Climate of Harbin, China // Weather Atlas. – URL: <https://www.weather-atlas.com/en/china/harbin-climate> (accessed: 31.05.2025).
5. Heilongjiang // Encyclopaedia Britannica. – URL: <https://www.britannica.com/place/Heilongjiang> (accessed: 31.05.2025).
6. Average Weather in Fuzhou, China – Year Round // WeatherSpark. – URL: <https://weatherspark.com/y/133373/Average-Weather-in-Fuzhou-China-Year-Round> (accessed: 31.05.2025).
7. Average Weather in Longyan, China – Year Round // WeatherSpark. – URL: <https://weatherspark.com/y/131370/Average-Weather-in-Longyan-China-Year-Round> (accessed: 31.05.2025).
8. Fujian // Encyclopaedia Britannica. – URL: <https://www.britannica.com/place/Fujian> (accessed: 31.05.2025).

9. Ting Y., Li J., Ma L., Zhou J., Wang R., Eichhorn M. P., Zhang H. Status, advancements and prospects of deep learning methods applied in forest studies // *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation*. – 2024. – Vol. 131. – Article 103938. – URL: <https://doi.org/10.1016/j.jag.2024.103938> (accessed: 31.05.2025).
10. Jiao Q., Fan M., Tao J., Wang W., Liu D., Wang P. Forest fire patterns and lightning-caused forest fire detection in Heilongjiang Province of China using satellite data // *Fire*. – 2023. – Vol. 6. – Article 166. – URL: <https://doi.org/10.3390/fire6040166> (accessed: 31.05.2025).
11. Cheng G., Chen X., Wang C., Li X., Xian B., Yu H. Visual fire detection using deep learning: A survey // *Neurocomputing*. – 2024. – Vol. 596. – Article 127975. – URL: <https://doi.org/10.1016/j.neucom.2024.127975> (accessed: 31.05.2025).
12. Wu Z., Li M., Wang B., Quan Y., Liu J. Using Artificial Intelligence to Estimate the Probability of Forest Fires in Heilongjiang, Northeast China // *Remote Sensing*. – 2021. – Vol. 13, Article 1813. – URL: <https://doi.org/10.3390/rs13091813> (accessed: 31.05.2025).
13. Yu Z., Zhang M., Zhan Y., Guo Y., Zhang Y., Liang X., Wang C., Fan Y., Shan M., Guo H., Zhou W. Analysis of Temporal and Spatial Evolution Characteristics and Peak Prediction of Carbon Emissions in China Under the Dual-Carbon Target: A Case Study of Heilongjiang Province // *Agriculture*. – 2025. – Vol. 15, Article 1126. – URL: <https://doi.org/10.3390/agriculture15111126> (accessed: 31.05.2025).
14. AI-powered biodiversity monitoring in forest ecosystems // *PRISM – Sustainability Directory*. – URL: <https://prism.sustainability-directory.com/scenario/ai-powered-biodiversity-monitoring-in-forest-ecosystems/> (accessed: 31.05.2025).
15. Wang W., Zhai D., Huang B. Implementation gaps affecting the quality of biodiversity conservation management: An ethnographic study of protected areas in Fujian Province, China // *Forest Policy and Economics*. – 2023. – Vol. 152. – Article 102933. – URL: <https://doi.org/10.1016/j.forpol.2023.102933> (accessed: 31.05.2025).
16. ZHUART: Pioneering Innovation to Drive Bamboo Industry Growth // *ZhuArt Bamboo*. – URL: <https://zhuartbamboo.com/zhuart-pioneering-innovation-to-drive-bamboo-industry-growth/> (accessed: 31.05.2025).
17. Qi S., Song B., Liu C., Gong P., Luo J., Zhang M., Xiong T. Bamboo Forest Mapping in China Using the Dense Landsat 8 Image Archive and Google Earth Engine // *Remote Sensing*. – 2022. – Vol. 14, Article 762. – URL: <https://doi.org/10.3390/rs14030762> (accessed: 31.05.2025).
18. He A., Xu Z., Li Y., Li B., Huang X., Zhang H., Guo X., Li Z. Monitoring Moso bamboo (*Phyllostachys pubescens*) forests damage caused by *Pantana phyllostachysae* Chao considering phenological differences between on-year and off-year using UAV hyperspectral images // *Geospatial Information Science*. – 2025. – Published online: 04.02.2025. – URL: <https://doi.org/10.1080/10095020.2025.2454521> (accessed: 31.05.2025).

COMPARISON OF THE COST AND ACCURACY OF A FOREST INVENTORY USING ALS AUXILIAR DATA WITH A TRADITIONAL FIELD DATA INVENTORY

C. Pascual¹, A. Hernando- Gallego¹, J.D. Araya^{1,2}, A. Rodríguez-Vivancos^{1,3},
A. García- Abril¹

¹Research Group for Sustainable Environmental Management, College of Forestry and
Natural Environment (E.T.S de Ingeniería de Montes Forestal y del Medio Natural), *Universidad
Politécnica de Madrid*, Calle de José Antonio Novais, 10, 28040-Madrid, Spain. E-mail:
antonio.garcia.abril@upm.es

²Universidad de Costa Rica, Sede del Sur. 60701- Golfito (Costa Rica)

³Grupo Sylvestris, Paseo de la Ermita del Santo 5, 28011 – Madrid

Abstract. This paper synthesizes the conclusions of the research group on the applicability and improvement of forest inventory results, using auxiliary data from ALS technology, compared to a traditional inventory with field data obtained by sampling with plots.

ALS data are a great advance for the improvement of knowledge about forests and forest variables, this improvement of knowledge does not mean that the field work and therefore the costs of a forest inventory are decreased. When the smaller units are considered, ALS methods appear as more advantageous alternatives than those based on classical inventory.

True progress in forest management involves maintaining sampling efforts, in some cases reaching the intensity of a traditional inventory, to obtain acceptable estimates of the aggregate variables (V, B, G, Dg, Ho, N) in the AOI (Areas Of Interest), into which the forest can be divided for management.

On the other hand, this also allows improving the estimates of the diameter distribution in the total forest and subpopulations (forest or management units) of the area where the sampling was designed.

Keywords: Forest inventory, ALS, sampling inventory, comparative costs.

СРАВНЕНИЕ СТОИМОСТИ И ТОЧНОСТИ ИНВЕНТАРИЗАЦИИ ЛЕСОВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ВСПОМОГАТЕЛЬНЫХ ДАННЫХ ALS С ТРАДИЦИОННОЙ ИНВЕНТАРИЗАЦИЕЙ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ПОЛЕВЫХ ДАННЫХ

C. Pascual¹, A. Hernando-Gallego¹, J.D. Araya^{1,2}, A. Rodríguez-Vivancos^{1,3}, A. García-
Abril¹

¹Research Group for Sustainable Environmental Management, College of Forestry and
Natural Environment (E.T.S de Ingeniería de Montes Forestal y del Medio Natural), *Universidad*

Politécnica de Madrid, Calle de José Antonio Novais, 10, 28040-Madrid, Spain. E-mail:
antonio.garcia.abril@upm.es

²Universidad de Costa Rica, Sede del Sur. 60701- Golfito (Costa Rica)

³Grupo Sylvestris, Paseo de la Ermita del Santo 5, 28011 – Madrid

Аннотация. В данной статье обобщены выводы исследовательской группы о применимости и улучшении результатов лесоустройства с использованием вспомогательных данных, полученных с помощью технологии ALS, по сравнению с традиционной инвентаризацией с использованием полевых данных, полученных путем отбора проб на делянках.

Данные ALS являются большим прогрессом для улучшения знаний о лесах и лесных переменных, но это улучшение знаний не означает, что полевые работы и, следовательно, затраты на лесоустройство уменьшаются. Когда рассматриваются более мелкие единицы, методы ALS оказываются более выгодными альтернативами, чем методы, основанные на классической инвентаризации

Истинный прогресс в управлении лесами предполагает сохранение усилий по отбору проб, в некоторых случаях достигающих интенсивности традиционной инвентаризации, для получения приемлемых оценок переменных агрегированных лесов (V, B, G, Dg, Ho, N) в зонах интересов (AOI), на которые можно разделить лес для его управления. С другой стороны, это также позволяет улучшить оценки распределения диаметров в общем лесу и субпопуляциях (лесных или хозяйственных единицах) на территории, где проводился отбор проб.

Ключевые слова. Инвентаризация лесов, ALS, выборочная инвентаризация, сравнительные затраты.

Light Detection And Ranging (LIDAR) sensors implemented in Airborne Laser Scanning (ALS) have been used for a variety of forestry applications. The high correlation shown by different LIDAR metrics with different stand variables makes them a primary source of auxiliary information for the estimation of forest variables.

Estimates obtained for aggregated variables such as volume (V), basal area (G), biomass (N), dominant height (Ho), Quadratic Mean Diameter (Dg) and stem density (N), can be better than those obtained from classic inventories based on random plots and basic stratification.

In Pascual et al. (2019) are summarized different analyses and conclusions on estimation of forest variables assisted with discrete pulse ALS data, in pine forests in the mountain systems of central Spain. The methodology was the area-based approach (ABA).

Table 1 refers to a Central Spain Forests zone, Cercedilla, occupied by *Pinus sylvestris* with average G greater than 30 m² ha⁻¹. The study area covered 147.5 ha, with 140 plots, the LIDAR density was 11.6 pulses m⁻². The inventory with ALS allows to reduce number of plots for the same relative error for the variables g, Ho, B, V, and N. For Dg there is no improvement with ALS except for 5% error. Several groups of variables with the same behavior can be distinguished. Tree height requires low sampling intensities with both classical and ALS sampling. Variables with significant improvements when including ALS data and with average or low sampling intensity requirements

are G, B and V. Variables without significant improvement with ALS are Dg and N.

Table 1. Number of plots needed to reach 5%, 10%, and 15% relative errors in study area Cercedilla (Madrid). Decrease in percentage of sampling intensity when including ALS data. Sampling intensity is calculated as the number of hectares corresponding to a plot, IScl: Sampling intensity for field only inventory. ISals: sampling intensity for ALS inventory (Pascual et al. 2019).

	Basal Area (G)					Dominant Height (Ho)				
relative Error %	Classic Inventory	ABA	% decrease	IScl	ISals	Classic Inventory	ABA	% decrease	IScl	ISals
15	15.57	9.03	42.00	9.48	16.33	3<	...	...	...	
10	32.02	16.66	47.97	4.61	8.85	6.13	4.74	22.68	24.06	31.12
5	106.92	46.67	56.35	1.38	3.16	35.87	14.67	59.09	4.11	10.05
	Biomass (B)					Volume (V)				
relative Error %	Classic Inventory	ABA	% decrease	IScl	ISals	Classic Inventory	ABA	% decrease	IScl	ISals
15	16.59	3<	...	8.89	...	17.60	12.39	29.58	8.38	11.90
10	34.14	7.00	79.50	4.32	53.90	36.42	17.60	51.69	4.05	8.38
5	114.81	53.06	53.79	1.29	36.46	>140	55.19	...	...	2.67
	Quadratic Mean Diameter (Dg)					Stem Density (N)				
relative Error %	Classic Inventory	ABA	% decrease	IScl	ISals	Classic Inventory	ABA	% decrease	IScl	ISals
15	11.53	15.21	-32.00	12.80	9.69	42.60	34.43	19.17	3.46	4.28
10	22.52	24.10	-7.04	6.55	6.12	90.41	71.28	21.16	1.63	2.07
5	78.54	72.84	7.25	1.88	2.03	>140	>140	...	...	...

Forest managers typically need estimates for areas of interest (AOIs) such as stands, management units (MUs) or groups of MUs that are spatial sub-divisions of an entire forest or study area.

Small-area estimation (SAE), techniques can be applied under the ABA framework and allow obtaining unbiased estimates for AOIs that imply a high level of spatial disaggregation.

Mauro et al. (2016) results showed that estimates for subpopulations using ALS are better than those obtained using only field plots using the same number of plots. The improvement was errors 2 to 6 times smaller depending on the variable. In addition, in this case the estimation of diameter distributions using the same number plots as a classic inventory was also more advantageous with ALS data. The average area of these AOIs was 25.4 hectares and the average number of plots per AOI was 3.74 plots. Between 3.5 and 4 plots may be sufficient for small areas.

The cost-benefit ratio of incorporating ALS data to the inventory must always be studied and depends on the accuracy level that is required for the estimates.

A cost study was carried out comparing a traditional inventory and another with ALS auxiliary information. The costs included the installation of plots, the LIDAR flight and the processing costs (Ortuño et al. 2013).

Table 2 refers to study area (Valsain, Segovia), a 300 ha natural *Pinus sylvestris* forest with average G above 40 m² ha⁻¹, treated by shelterwood system. Simple random sampling was performed in this area using 37 plots of 20 m radius. LIDAR density was 2 pulses m⁻² (Ortuño et al. 2013).

Table 2. Cost comparison of classic sampling inventory with freely accessible LIDAR inventory (Ortuño et al. 2013).

Variables	Relative error 5%		Relative error 5%		Relative error 15%	
	Classic Inventory	ABA	Classic Inventory	ABA	Classic Inventory	ABA
V	136.29	26.01	37.72	21.77	19.68	19.65
G	62.71	24.59	19.68	20.36	11.35	19.65
N	269.89		71.26		34.47	27.37
Ho	26.03	29.69	19.35	23.68	11.68	22.48
Dg	64.56	27.42	20.14	22.48	11.81	20.36
B	73.36	26.01	21.99	21.77	12.73	19.65

The cost of obtaining ALS data has been greatly reduced and freely ALS data are available in many places.

The inventory costs with free access to LIDAR auxiliary variables for 15% sampling error are still higher than those of the traditional inventory for most variables except for N, and are equal for V. For 10% error, the cost difference between both types of inventories is reduced, the costs free LIDAR data are lower for V and similar for B and Dg. The costs is significantly lower for the inventory with free LIDAR data for all variables when the maximum allowable error is 5%. In addition, it must be borne in mind that diameter distribution can be estimated better with traditional inventory because it uses a greater number of plots.

The previous results show that many inventories carried out with ALS are economically inappropriate to estimates forest means and totals, since a simpler classic inventory would have sufficed in forest with good accessibility. This reasoning changes when we start to consider AOIs.

For the case of a 300 ha forest with 9 subunits (33.3 ha on average), we can calculate the number of plots needed using the data in Table 2, to obtain consistent estimates for the 9 subunits and the total forest. In the case of volume, for a relative error of 15%, 35.8 plots would be necessary for a classical inventory by sampling and 25.2 in the case of using ALS, for the total forest.

If we take as a reference the existence of at least 4 plots per subunit to apply the SAE techniques, we would need 36 plots for the inventory, 10 more than those calculated for the total forest using ALS and the same as with the classic inventory. Using the 36 plots would bring us closer to the relative volume error of 10% for the forest as a whole, a value that would be reached if the 36 plots of the classical inventory were maintained.

Conclusions: Cost-benefit studies should not only evaluate the decrease in the number of plots to obtain estimates at the forest level but also the sampling efforts required to estimate at a stand scale (or similar AOI). When this smaller units are considered ALS data appear as more advantageous

alternatives than those based only in a classical inventory. Therefore, it is necessary to increase the sampling intensity with ALS, in some cases reaching the intensity of a traditional inventory, but this also allows to improve the estimates of the diameter distribution in the total forest and subpopulations (forest or management units) of the area where the sampling was designed.

The real advantage of this technology to describe and characterize the forest structure derives from the supplement of precision and information that it can provide to classical methodologies, maintaining its sampling effort and not decreasing the field data collection.

This added knowledge represents an advance for the improvement of forests and land management.

References

1. Mauro F, Molina I, García-Abril A, Valbuena R and Ayuga-Téllez E 2016 Remote sensing estimates and measures of uncertainty for forest variables at different aggregation levels *Environmetrics-2016*. No. 27. - pp. 225-238.
2. Ortuño S, Núñez M V, Mauro F, Gamazo M V, Martín Fernández S and García-Abril A 2013 Estimación de los costes de inventario forestal con y sin información LIDAR Actas del 6º Congreso Forestal Español: Montes: servicios y desarrollo rural (Vitoria (Spain), june 10-14, 2013) 6CFE01-598 p 10.
3. Pascual, C.; Mauro, F.; Garcia-Abril, A.; Manzanera, 2019. Applications of ALS (Airborne Laser Scanning) data to Forest Inventory. Experiences with pine stands from mountainous environments in Spain. In: IOP Conference Series-Earth and Environmental Science. 226, 01/01/2019. ISSN 1755-1307, DOI: 10.1088/1755-1315/226/1/012001. International Jubilee Scientific and Practical Conference on Innovative Directions of Development of the Forestry Complex (FORESTRY).

**ОЦЕНКА ТОЧНОСТИ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ОСНОВНЫХ ТАКСАЦИОННЫХ
ПОКАЗАТЕЛЕЙ ДЕРЕВЬЕВ МОБИЛЬНЫМ ЛАЗЕРНЫМ
3D СКАНЕРОМ Л-СКАН НАНО**

К.Б. Абишев, И.В. Шевелина, А.В. Демидова, З.Я. Нагимов, Т.С. Воробьева
Уральский государственный лесотехнический университет,
г. Екатеринбург, Россия, email: shevelinaiv@m.usfeu.ru

Аннотация. В статье приведены результаты оценки точности определения основных объемообразующих показателей деревьев (диаметра на высоте груди и высоты) мобильным 3D сканером Л-СКАН НАНО при таксации лесных участков. Установлено, что общие ошибки определения и диаметра и высоты деревьев не выходят за пределы $\pm 2\%$.

Ключевые слова: облако точек, лазерное сканирование, таксация деревьев, высота, диаметр, мобильный комплекс.

**ASSESSMENT OF THE ACCURACY OF DETERMINING THE MAIN TAX
INDICATORS OF TREES MOBILE 3D LASER SCANNER L-SCAN NANO**

K.B. Abishev, I.V. Shevelina, A.V. Demidova, Z.Ya. Nagimov, T.S. Vorobyova

Ural State Forestry Engineering University,
Yekaterinburg, Russia, email: shevelinaiv@m.usfeu.ru

Annotation. The article presents the results of evaluating the accuracy of determining the main volume-forming parameters of trees (diameter at chest height and height) with the mobile 3D scanner L-SCAN NANO when taxing forest areas. It was found that the general errors in determining both the diameter and height of trees do not exceed $\pm 2\%$.

Keywords: point cloud, laser scanning, tree taxation, height, diameter, mobile complex.

Получение достоверных и актуальных данных о лесных ресурсах является одной из основных задач лесной таксации. Перечислительные и измерительные способы таксации, обеспечивающие нормативную точность определения таксационных показателей, являются достаточно трудоемкими. Внедрение в лесотаксационную практику технологий дистанционного зондирования (получение снимков высокого разрешения с космических

спутников и беспилотных летательных аппаратов, лазерное сканирование) делает процессы сбора необходимой информации менее трудозатратными и более эффективными.

Использование лидара при исследовании лесных экосистем позволяет проводить лазерное сканирование местности и создавать её трехмерную модель из «облака точек» с пространственными координатами (Данилин и др., 2005; Watt et al., 2007; 2019; Wang et al., 2019; Толкач, Шульга, 2024; и др.). Воздушное лазерное сканирование применяют при работе на больших площадях (Толкач, Шульга, 2024; и др.), наземное и мобильное – на небольших по площади объектах (Wang et al., 2019; и др.). Технология лазерного сканирования предусматривает наличие сигнала глобальных навигационных систем (GNSS), а при отсутствии спутникового сигнала PPK/RTK данная технология становится бесполезной. Для использования лазерного сканирования в производственной таксации необходимо оценить точность определения лидаром основных таксационных показателей (диаметр на высоте груди и высота деревьев) и разработать технологии их оценки (Watt et al., 2007; Wang et al., 2019; Гришин и др., 2022; Толкач, Шульга, 2024; и др.).

Целью нашего исследования явилась оценка точности определения таксационных характеристик деревьев, получаемых при помощи лидарной технологии. При выполнении работ использовали ручной мобильный лазерный 3D сканер Л-Скан Нано (<https://geomatics.ru/>). Устройство позволяет проводить съёмку в условиях полного отсутствия сигнала глобальной навигационной спутниковой системы (GNSS). Лазерная головка имеет сверхширокоугольную камеру, позволяющую увеличить поле обзора по вертикали до 59°. Длина волны сканера 905 нм, скорость сканирования 200000 точек/сек, дальность сканирования до 70 метров.

Для достижения поставленной цели было подобрано два участка, на которых проведены измерения деревьев методами традиционной таксации и наземного лазерного сканирования ручным мобильным лазерным 3D сканером Л-Скан Нано.

Участок №1 представляет собой смешанное насаждение. Здесь произрастают пять древесных видов: лиственница сибирская, ель сибирская, береза повислая, липа мелколистная, ива древовидная. Участок №2 – это лесные культуры лиственницы сибирской. Характеристики участков представлены в табл. 1.

Таблица 1 – Основные характеристики участков

№ п/п участка	Возраст, лет	Количество деревьев, шт.	Количество видов, шт.	Диаметр, см		Высота, м	
				минимальное	максимальное	минимальное	максимальное
1	45	49	5	11	45	13	26
2	40	22	1	29	52	17	21

Как видно из данных табл. 1, общее количество обмеренных деревьев на первом участке составило 49, а на втором – 22 шт. Исследуемые деревья характеризуются достаточно широким диапазоном варьирования диаметра и высоты стволов. Диаметры деревьев на участке №1 изменяются в пределах от 11 до 45 см, на участке №2 – от 29 см до 52 см. Диапазон изменения высоты деревьев на этих участках варьирует от 13 до 26 м и от 17 до 21 м, соответственно.

На первом этапе работы на указанных участках у всех деревьев были определены диаметры на высоте груди в двух направлениях мерной вилкой с точностью до 0,1 см с выводом среднего значения и высоты – лазерным высотомером Tru Pulse 360B с точностью 0,1 м. На втором этапе было проведено лазерное сканирование выбранных участков ручным мобильным лазерным 3D сканером Л-Скан Нано. При сканировании применялся челночный ход движения оператора с прибором по территории участков.

Камеральная обработка 3D облака точек проводилась в специализированной программе Cloud Compare с использованием программного модуля 3DFin: Forest Inventory. Базовый алгоритм использует самые современные методы для точного обнаружения и определения местоположения деревьев в наземных облаках точек лесных участков, а также для расчета основных параметров деревьев: шумоподавление, нормализация высоты облака точек, извлечение ствола, измерение его высоты и диаметра на нужных высотах (Laino et al., 2024). При обработке данных с использованием алгоритмов программы, были установлены местоположение всех деревьев на участках, их диаметры на высоте груди и высоты.

Для установления точности определения таксационных показателей деревьев мобильным лазерным 3D сканером были рассчитаны ошибки (систематическая, среднеквадратическая, общая) по алгоритму, используемому в лесной таксации. Все расчеты производились в пакете МО Excel. Диаметры и высоты деревьев, определенные традиционными способами (мерной вилкой и высотомером, соответственно), принимались за условно точные. Результаты расчетов ошибок по диаметру представлены в табл. 2.

Таблица 2 – Ошибки определения диаметра на высоте груди деревьев мобильным лазерным 3D сканером

№ участка	Ошибка, %		
	систематическая	среднеквадратическая	общая
1	+0,72	±9,85	±1,41
2	-1,33	±5,27	±1,12

Представленные в табл. 2 материалы позволяют отметить следующее. Лазерный сканер при определении диаметра стволов обеспечивает сравнительно низкие систематические ошибки: +0,72 % на первом участке и -1,33%, – на втором участке. Среднеквадратическая ошибка (ошибка отдельных наблюдений) при определении диаметра стволов сканером на первом участке составляет ±9,85%, а на втором ±5,27%. Общая ошибка по всем деревьям на обоих участках не выходит за пределы ±2%. Она значительно ниже допустимых случайных ошибок при глазомерной (±12%) и глазомерно-измерительной (±10%) таксации.

В табл. 3 представлены результаты расчета ошибок определения высоты деревьев мобильным лазерным 3D сканером.

Таблица 3 – Ошибки определения высоты деревьев мобильным лазерным 3D сканером

№ участка	Объем выборки, шт.	Ошибки, %		
		систематическая	среднеквадратическая	общая
1	49	-5,00	±9,74	±1,45
2	22	+1,43	±3,38	±0,72

Из данных табл. 3 видно, что лазерный сканер при определении высоты деревьев дает более высокие систематические отклонения, особенно на первом участке (-5,00%). Величины среднеквадратических ошибок ($\pm 9,74\%$ и $\pm 3,38\%$) при определении высоты стволов находятся на уровне ошибок определения диаметра стволов. Общие ошибки определения высоты по всем деревьям на исследуемых участках составляют: на первом участке $\pm 1,45\%$, на втором – $\pm 0,72\%$. Они, как и в случае с диаметром стволов, значительно ниже допустимых случайных ошибок при производственной таксации. Известно, что при глазомерной таксации допустимая ошибка определения средней высоты составляет $\pm 10\%$, а при глазомерно-измерительной – $\pm 8\%$.

В целом, в ходе проведенного исследования установлено, что мобильный 3D сканер в совокупности с программным обеспечением обработки облаков точек (3D Fin) позволяет определить с достаточной точностью основные объемообразующие показатели – диаметр и высоту деревьев. Общие ошибки определения и диаметра и высоты деревьев не выходят за пределы $\pm 2\%$. Они значительно ниже допустимых случайных ошибок определения этих показателей при глазомерной и глазомерно-измерительной таксации. Использование технологии лазерного сканирования, на наш взгляд, наиболее перспективно при таксации городских насаждений и редкостойных древостоев, в частности, в переходной зоны между лесными и безлесными территориями в высокогорьях.

Работа выполнена в рамках исполнения госбюджетной темы FEUG-2023-0002.

Список литературы

1. Данилин, И. М. Лазерная локация земли и леса : учебное пособие / И. М. Данилин, Е. М. Медведев, С. Р. Мельников – Красноярск : Издательство института леса им. В.Н. Сукачева СО РАН, 2007. – 230 с. – ISBN 5-903055-09-5. – Текст : непосредственный.
2. Watt P. J. Measuring Forest structure with terrestrial laser scanning / P.J. Watt, D.N. Donoghue. - DOI:10.1080/01431160512331337961. – Текст : непосредственный // International Journal of Remote Sensing. – 2005. – No. 26(7). – pp. 1437–1446.
3. Wang P. Analysis of Parameters for the Accurate and Fast Estimation of Tree Diameter at Breast Height Based on Simulated Point Cloud / P. Wang, X. Gan, Q. Zhang, G. Bu, L. Li, X. Xu, Y. Li, Z. Liu, X. Xiao. - DOI:10.3390/rs11222707. – Текст : электронный // Remote Sens. – 2019. – No. 11. – 19 p. – URL: <https://www.mdpi.com/2072-4292/11/22/2707> (дата обращения: 03.05.2025).
4. Толкач, И. В. Определение высот и диаметров крон деревьев по данным лидарной съемки / И.В. Толкач, Е.А. Шульга. - DOI: 10.52065/2519-402X-2024-276-2. – Текст : электронный // Труды БГТУ. Серия 1: Лесное хозяйство, природопользование и переработка возобновляемых ресурсов. - 2024. – №1. – С. 15-21. – URL: <https://elib.belstu.by/bitstream/123456789/62750/1/2.%20%a2%d0%be%d0%bb%d0%ba%d0%b0%d1%87.pdf> (дата обращения: 11.05.2025).
5. Laino D. 3DFin: a software for automated 3D forest inventories from terrestrial point clouds / D. Laino, C. Cabo, C. Prendes, R. Janvier, C. Ordonez, T. Nikonovas, S. Doer, C. Santin. -

DOI.org/10.1093/forestry/cpae020. – Текст : непосредственный // Forestry: An International Journal of Forest Research. – 2024. – V. 97. - No. 4. – pp. 479–496.

References

1. Danilin I. M. Laser location of the earth and forests: a textbook / I. M. Danilin, E. M. Medvedev, S. R. Melnikov. – Krasnoyarsk : Publishing House of the V.N. Sukachev Institute of Forest SB RAS, 2007. – 230 p. ISBN 5-903055-09-5. – Text : direct.
2. Watt P. J. Measuring Forest structure with terrestrial laser scanning / P.J. Watt, D.N. Donoghue. - DOI:10.1080/01431160512331337961. – Text : direct // International Journal of Remote Sensing. – 2005. – No. 26(7). – pp. 1437–1446.
3. Wang P. Analysis of Parameters for the Accurate and Fast Estimation of Tree Diameter at Breast Height Based on Simulated Point Cloud / P. Wang, X. Gan, Q. Zhang, G. Bu, L. Li, X. Xu, Y. Li, Z. Liu, X. Xiao. - DOI:10.3390/rs11222707. – Text : electronic // Remote Sens. – 2019. – No. 11. – 19 p. – URL: <https://www.mdpi.com/2072-4292/11/22/2707> (date of access: 03.05.2025).
4. Tolkach I. V. Determination of heights and diameters of tree crowns according to lidar survey data / I.V. Tolkach, E.A. Shulga. - DOI: 10.52065/2519-402X-2024-276-2. – Text : electronic // Proceedings of BSTU. Issue 1 : Forestry. Nature management. Processing of renewable resources. - 2024. – No. 1. – pp. 15–21.
5. Laino D. 3DFin: a software for automated 3D forest inventories from terrestrial point clouds / D. Laino, C. Cabo, C. Prendes, R. Janvier, C. Ordonez, T. Nikonovas, S. Doer, C. Santin. - DOI.org/10.1093/forestry/cpae020. – Text : direct // Forestry: An International Journal of Forest Research. – 2024. – V. 97. - No. 4. – pp. 479–496.

DOI:10/58168/FECC2025_85-91

УДК 630*57

АНАЛИЗ ДИНАМИКИ ЛЕСОВ АРКТИЧЕСКОГО РЕГИОНА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МОДЕЛИ RANDOM FOREST

Алабдуллахалхасно Хасан¹, С.В. Коптев^{1,2}

¹Северный (Арктический) федеральный университет им. М.В. Ломоносова, наб. Северной Двины, д. 17, г. Архангельск, Россия, 163002; s.koptev@narfu.ru, 199213000hfa@gmail.com

²Северный научно-исследовательский институт лесного хозяйства, ул. Никитова, д. 13, г. Архангельск, Россия, 163062; s.koptev@narfu.ru

Аннотация. Проведено исследование динамики лесных площадей в арктической зоне Архангельской области с использованием спутниковых данных Sentinel-2 и алгоритма «случайный лес» (Random Forest). Особое внимание уделено лесам, отличающимся высоким биоразнообразием, в структуре которых доминируют еловые и сосновые насаждения. Результаты показали увеличение площади лесов в период с 2016 по 2023 годы.

Ключевые слова: динамика лесов, леса арктического региона, дистанционное зондирование, Random Forest, Совполье.

ANALYSIS OF FOREST DYNAMICS IN THE ARCTIC REGION USING THE RANDOM FOREST MODEL

Abdullahalhasno Hasan¹, S.V. Koptev^{1,2}

¹Northern (Arctic) Federal University named after M.V. Lomonosov, Severnaya Dvina emb., 17, Arkhangelsk, Russia, 163002; s.koptev@narfu.ru, 199213000hfa@gmail.com

²Northern Forestry Research Institute, Nikitova str., 13, Arkhangelsk, Russia, 163062; s.koptev@narfu.ru

Abstract. An assessment of forest area dynamics in the Arctic zone of the Arkhangelsk region was carried out using Sentinel-2 satellite data and the Random Forest algorithm. Special attention was given to the forests, which are characterized by high biodiversity, with spruce and pine stands forming the backbone of this ecosystem. The results revealed an increase in forest area in the study region during the period from 2016 to 2023.

Keywords: forest dynamics, Arctic forests, remote sensing, Random Forest, Совполье.

Леса арктической зоны являются одним из ключевых компонентов экологической системы как на глобальном, так и на региональном уровнях. Они играют важную роль в

регулировании климата, выполняя функцию естественного барьера, защищающего сушу от воздействия северных ветров, а также выступают в качестве углеродных резервуаров, снижающих выбросы парниковых газов. Кроме того, данные леса представляют собой источник биологического разнообразия, обеспечивая естественные местообитания для большого числа видов. Всё это делает их уникальной экосистемой мирового значения и неотъемлемой частью природной среды России. [1].

Обеспечение доступа к достоверным и регулярно обновляемым данным о динамике лесного покрова имеет ключевое значение для разработки и реализации стратегий устойчивого управления лесными экосистемами. Такая информация позволяет своевременно выявлять тенденции изменений, оценивать эффективность природоохранных мероприятий и формировать научно обоснованные рекомендации для лесного хозяйства [2, 3, 4].

Методы дистанционного зондирования являются одним из наиболее результативных подходов для изучения динамики лесных экосистем на региональном и глобальном уровнях, позволяя выявлять пространственно-временные тенденции изменений и оценивать их влияние на устойчивость природных систем [5].

Таким образом, учет динамики лесных экосистем становится важным элементом при разработке адаптационных стратегий и выборе соответствующих лесохозяйственных мероприятий. Следует отметить, что современные технологии дистанционного зондирования существенно трансформировали представления о процессах сбора данных по различным компонентам леса, предоставляя возможность более детально анализировать сложные пространственно-временные изменения и тем самым повышать обоснованность управленческих решений в области устойчивого лесопользования [6].

Оценка изменений в лесах с применением методов дистанционного зондирования может осуществляться с использованием целого ряда методических подходов. Среди них – сопоставление изображений, полученных в разные временные периоды, применение регрессионных моделей для анализа взаимосвязей между снимками, а также исследование направлений пространственных трансформаций. Дополнительно широко используются сравнение показателей растительного покрова и различных вегетационных индексов. Особое место занимает метод «сравнения после классификации», при котором данные, относящиеся к разным датам, проходят процедуру классификации (как в контролируемом, так и в неконтролируемом режиме), после чего сопоставляются результаты для выявления доли изменений в структуре изображений [7].

Точность и надежность результатов классификации спутниковых изображений во многом определяются рядом факторов, среди которых ключевое значение имеет выбор оптимального алгоритма [8]. Управляемая классификация рассматривается как один из наиболее распространённых подходов, реализуемый посредством различных методов, включая метод опорных векторов (SVM), нейронные сети, а также алгоритм «случайный лес» (Random Forest), продемонстрировавший высокую эффективность в решении задач анализа растительного покрова и других природных объектов [9].

В данном исследовании для оценки состояния и динамики лесов сухопутной части Арктической зоны Архангельской области использовался алгоритм «случайный лес» (Random

Forest) на основе данных спутника Sentinel-2. Объектом исследования стали леса Мезенского лесничества, расположенного в пределах Архангельской области (рис. 1).



Рисунок 1 –Район исследований в Архангельской области

Обработка данных исследуемой территории выполнялась с использованием программного комплекса SNAP (Sentinel Application Platform), применённого для реализации этапов первичной предобработки, включая геометрическую коррекцию и подготовку изображений к дальнейшему анализу. На последующем этапе для проведения пространственных аналитических процедур и выявления изменений лесного покрова был задействован пакет ArcGIS 10.3. С целью обеспечения единой пространственной привязки и повышения точности сопоставлений все данные были спроецированы в систему координат UTM Zone 38N (модифицированная проекция Меркатора), после чего преобразованы в глобальную географическую систему координат WGS-1984. Дополнительно изображения были переклассифицированы по всем спектральным диапазонам с использованием инструмента повторной выборки (Resampling), что необходимо для корректной работы алгоритма «случайный лес» в SNAP, требующего гомогенных спектральных характеристик для последующей обработки и анализа.

В данном исследовании для анализа и классификации космических снимков была применена методика контролируемой классификации с использованием алгоритма «случайный лес» (Random Forest). Эта модель машинного обучения показала более высокую эффективность и устойчивость результатов по сравнению с рядом других распространённых алгоритмов, таких как CART, SVM, kNN и MLC, что подтверждается результатами многих современных исследований. Алгоритм «случайный лес» относится к непараметрическим методам классификации и основан на построении множества деревьев решений, каждое из которых независимо определяет принадлежность пикселя к определённому классу. Совокупность решений отдельных деревьев позволяет повысить надёжность и точность итоговой классификации [10, 11].

В рамках данного исследования территория была условно разделена на две основные категории: участки, покрытые лесной растительностью, и земли, не имеющие лесного покрова, включая нелесные и иные типы угодий. На основе собранных в ходе полевых работ экспериментальных данных нами была сформирована обширная выборка полигонов,

отражающих как разнообразие лесных насаждений, так и характеристики нелесных территорий. Эта информация использовалась для обучения алгоритма классификации спутниковых изображений.

После завершения процедуры классификации был проведён сравнительный анализ изображений за 2016 и 2023 годы. На первом этапе определялись площади лесных и нелесных категорий для каждого из исследуемых лет, что позволило установить величину и направление изменений — положительное либо отрицательное. Далее, в целях более детальной локализации преобразований, применялся метод разности изображений (Image Differencing), при котором значения каждого пикселя вычитались из соответствующих значений на снимке другого года. Такой подход дал возможность выявить участки, где происходили трансформации классов землепользования, например, переход от лесных массивов к открытым или деградированным территориям.

На рисунке 2 показана классификация спутниковых изображений для спутника Sentinel - 2 за 2016 и 2023 годы соответственно с использованием алгоритма случайного леса. Результаты классификации алгоритма и анализа изменений показали, что за период исследования (8 лет) произошли изменения в соотношении лесных и нелесных площадей.

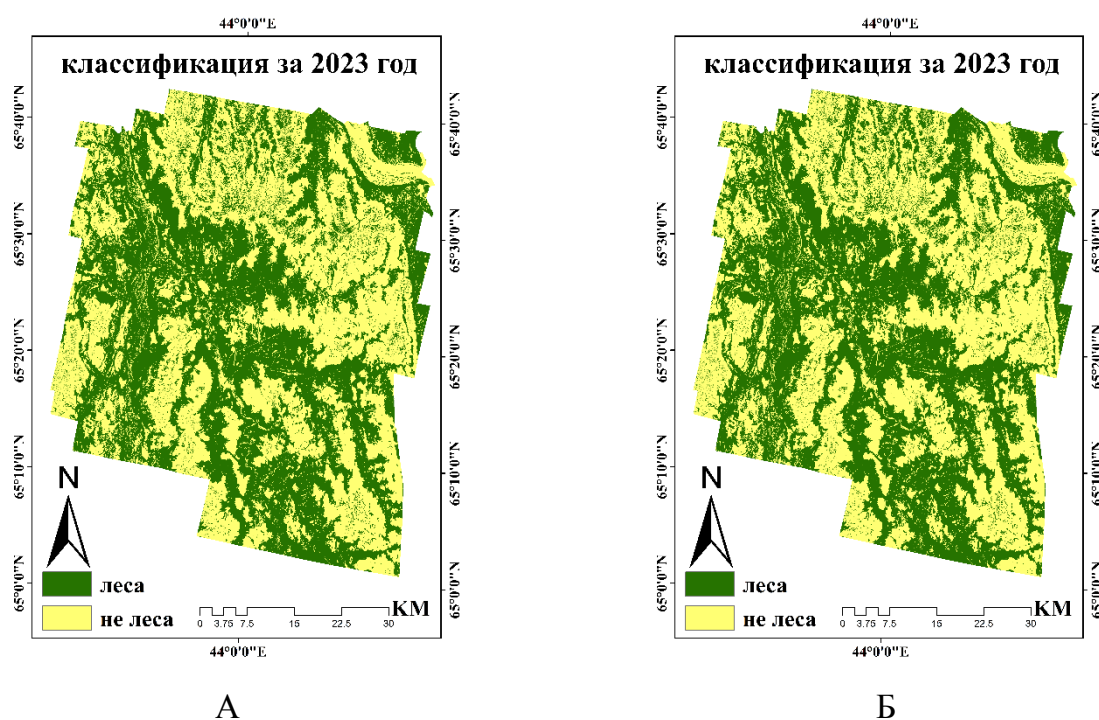


Рисунок 2 – Классификация спутниковых изображений с использованием алгоритма RF. А – классификация за 2023 г., Б – классификация за 2016 год.

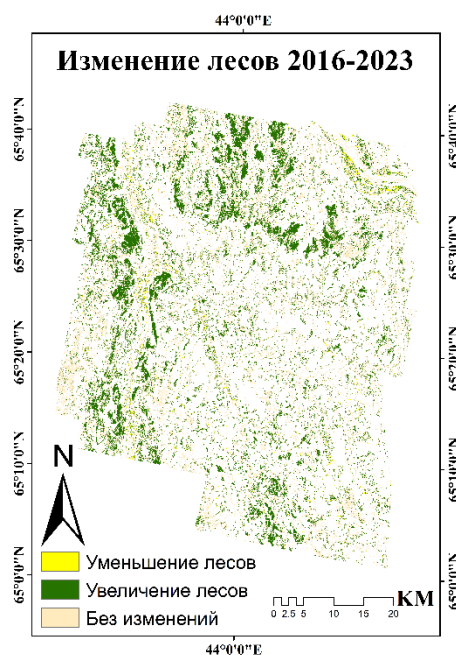
Таблица 1 отражает положительную динамику, выражающуюся в увеличении площади лесов на 10,52% в период с 2016 по 2023 годы, что сопровождалось эквивалентным сокращением нелесных территорий. Данный процесс можно интерпретировать как восстановление или расширение лесного покрова, обусловленное сочетанием природных и антропогенных факторов. С одной стороны, изменение климатических условий способствует созданию более благоприятной среды для роста древесной растительности, особенно в северных районах. С другой стороны, положительное влияние оказывают лесохозяйственные

мероприятия, включая программы лесовосстановления и поддержку естественного возобновления лесов. Снижение доли нелесных земель указывает на трансформацию открытых или деградированных участков в лесные, что является важным признаком улучшения экологического состояния и повышения углеродной ёмкости экосистемы. Таким образом, за восемь лет леса в исследуемом регионе перешли из категории меньшинства (40,58% в 2016 г.) в категорию большинства (51,11% в 2023 г.). Этот позитивный сдвиг свидетельствует о совершенствовании динамики лесных экосистем, что усиливает их роль в регулировании климата на глобальном и региональном уровнях, а также в поддержании биологического разнообразия.

Таблица 1 – Динамика лесных площадей за период исследования

Год исследования	Лесная площадь, %	Нелесная и непокрытая лесом площадь, %
2016	40.58	59.42
2023	51.11	48.89

На рисунке 3 показаны изменения, произошедшие между исследуемыми годами.



На рисунке 3 показаны изменения, произошедшие за период исследований 2016 и 2023 гг.

Этот результат согласуется с данными государственного лесного реестра согласно которому площадь лесов Архангельской области на 2021 год по сравнению с данными на начало 2007 года увеличилась на 1 375,5 тыс. га.

Результаты данного исследования показали, что использование спутниковых данных Sentinel-2 в сочетании с алгоритмом «случайный лес» (Random Forest) является эффективным инструментом для мониторинга и анализа динамики лесов. Кроме того, данный подход подчёркивает важность применения современных методов дистанционного зондирования для поддержки стратегических решений в области устойчивого управления лесными ресурсами,

адаптации к климатическим изменениям и сохранения биологического разнообразия в уязвимых экосистемах, особенно в полярных регионах.

С использованием алгоритма случайного леса исследование показало динамику лесных и нелесных площадей, происходящую в районе притундровых лесов. Такие изменения можно объяснить эффективными мероприятиями по лесовосстановлению, климатическими изменениями, способствующими продвижению лесов на Север.

Сведения о финансировании исследования. Публикация подготовлена по результатам НИР, выполненных в рамках государственного задания ФБУ «СевНИИЛХ» на проведение прикладных научных исследований в сфере деятельности Федерального агентства лесного хозяйства (регистрационный номер темы: 123022800118–4).

Список литературы

1. Frelich, L. E. Boreal and Taiga Biome. Reference Module in Earth Systems and Environmental Sciences. – 2019. doi:10.1016/b978-0-12-409548-9.11926-8.
2. Ильинцев, А. С., Шамонтьев, И. Г., Третьяков, С. В. Современная динамика лесопользования в бореальных лесах России (на примере Архангельской области) // Лесотехнический журнал. – 2021. – Т. 11, № 3 (43). – С. 45–62.
3. Mohajane, M.; Essahlaoui, A.; Oudija, F.; El Hafyani, M.; Teodoro, A. C. Mapping Forest Species in the Central Middle Atlas of Morocco (Azrou Forest) through Remote Sensing Techniques // ISPRS Int. J. Geo Inf. – 2017. – V. 6. – P. 275. doi:10.3390/ijgi6090275.
4. Panigrahy, R. K.; Kale, M. P.; Dutta, U.; Mishra, A.; Banerjee, B.; Singh, S. Forest cover change detection of Western Ghats of Maharashtra using satellite remote sensing based visual interpretation technique // Curr. Sci. – 2010. – V. 98. – P. 657–664.
5. Kayiranga, A.; Kurban, A.; Ndayisaba, F.; Nahayo, L.; Karamage, F.; Ablekim, A.; Li, H. W.; Ilniyaz, O. Monitoring Forest Cover Change and Fragmentation Using Remote Sensing and Landscape Metrics in Nyungwe-Kibira Park // J. Geosci. Environ. Prot. – 2016. – V. 4. – P. 13–33. doi:10.4236/gep.2016.411003.
6. Kalinaki, K. et al. FCD-AttResU-Net: An improved forest change detection in Sentinel-2 satellites images using attention residual U-Net // International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation. – 2023. – V. 122. – P. 103453.
7. Ад-Дин, Абдо Виссам. Введение в дистанционное зондирование и его применение. – Даммам : Университет Даммама, 2014. – 473 с.
8. Lu, D., Weng, Q. A survey of image classification methods and techniques for improving classification performance // Int. J. Remote Sens. – 2007. – V. 28. – P. 823–870.
9. Du, P., Samat, A., Waske, B., Liu, S., Li, Z. Random Forest and rotation forest for fully polarized SAR image classification using polarimetric and spatial features // ISPRS J. Photogramm. Remote Sens. – 2015. – V. 105. – P. 38–53.
10. Praticò, S.; Solano, F.; Di Fazio, S.; Modica, G. Machine learning classification of Mediterranean forest habitats in Google Earth Engine based on seasonal Sentinel-2 time-series and input image composition optimization // Remote Sens. – 2021. – V. 13. – P. 586.

11. Wang, Y., Chen, X. The use of random forest to identify climate and human interference on vegetation NDVI changes in Southwest China // EGU General Assembly 2023. – Vienna, Austria, 24–28 Apr 2023. – EGU23-2315. doi:10.5194/egusphere-egu23-2315.

References

1. Frelich, L. E. Boreal and Taiga Biome. Reference Module in Earth Systems and Environmental Sciences. – 2019. doi:10.1016/b978-0-12-409548-9.11926-8.
2. Ilyintsev, A. S., Shamontyev, I. G., Tretyakov, S. V. Modern dynamics of forest management in the boreal forests of Russia (using the Arkhangelsk region as an example) // Forest Engineering Journal. - 2021. - Vol. 11, No. 3 (43). - P. 45–62.
3. Mohajane, M.; Essahlaoui, A.; Oudija, F.; El Hafyani, M.; Teodoro, A. C. Mapping Forest Species in the Central Middle Atlas of Morocco (Azrou Forest) through Remote Sensing Techniques // ISPRS Int. J. Geo Inf. – 2017. – V. 6. – P. 275. doi:10.3390/ijgi6090275.
4. Panigrahy, R. K.; Kale, M. P.; Dutta, U.; Mishra, A.; Banerjee, B.; Singh, S. Forest cover change detection of Western Ghats of Maharashtra using satellite remote sensing based visual interpretation technique // Curr. Sci. – 2010. – V. 98. – P. 657–664.
5. Kayiranga, A.; Kurban, A.; Ndayisaba, F.; Nahayo, L.; Karamage, F.; Ablekim, A.; Li, H. W.; Ilniyaz, O. Monitoring Forest Cover Change and Fragmentation Using Remote Sensing and Landscape Metrics in Nyungwe-Kibira Park // J. Geosci. Environ. Prot. – 2016. – V. 4. – P. 13–33. doi:10.4236/gep.2016.411003.
6. Kalinaki, K. et al. FCD-AttResU-Net: An improved forest change detection in Sentinel-2 satellites images using attention residual U-Net // International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation. – 2023. – V. 122. – P. 103453.
7. Ad-Din, Abdo Wissam. Introduction to Remote Sensing and its Applications. – Dammam: University of Dammam, 2014. – 473 p.
8. Lu, D., Weng, Q. A survey of image classification methods and techniques for improving classification performance // Int. J. Remote Sens. – 2007. – V. 28. – P. 823–870.
9. Du, P., Samat, A., Waske, B., Liu, S., Li, Z. Random Forest and rotation forest for fully polarized SAR image classification using polarimetric and spatial features // ISPRS J. Photogramm. Remote Sens. – 2015. – V. 105. – P. 38–53.
10. Praticò, S.; Solano, F.; Di Fazio, S.; Modica, G. Machine learning classification of Mediterranean forest habitats in Google Earth Engine based on seasonal Sentinel-2 time-series and input image composition optimization // Remote Sens. – 2021. – V. 13. – P. 586.
11. Wang, Y., Chen, X. The use of random forest to identify climate and human interference on vegetation NDVI changes in Southwest China // EGU General Assembly 2023. – Vienna, Austria, 24–28 Apr 2023. – EGU23-2315. doi:10.5194/egusphere-egu23-2315.

ОБСЛЕДОВАНИЕ ДОРОЖНО-ТРОПИНОЧНОЙ СЕТИ В ОТДЕЛЬНЫХ КВАРТАЛАХ СОМОВСКОГО ЛЕСНИЧЕСТВА С ПРИМЕНЕНИЕМ ГИС-ТЕХНОЛОГИЙ

А.Н. Водолажский, Я.Н. Асеева

Воронежский государственный лесотехнический университет имени Г.Ф. Морозова,
г. Воронеж, Россия, e-mail: vod.a@list.ru

Аннотация. В данной работе на примере 8 кварталов Сомовского лесничества Воронежской области в ходе полевых исследований установлено точное размещение дорожно-тропиночной сети. Для рассматриваемого объекта исследований с помощью программы QGIS из четырех открытых Интернет-источников (Народная карта Яндекс, Openstreetmap, GPS-трек OpenStreetMap, Космоснимок Яндекс) получены данные расположения дорог и тропинок. Проведено сравнение их общей протяженности по данным выбранных для анализа ресурсов с материалами полевых работ отдельно по каждому лесному кварталу и в целом по объекту. Минимальные и максимальные отклонения составили соответственно от 0% до 77%. Наиболее точные результаты в целом по объекту исследований дает источник «OpenStreetMap» (OSM).

Ключевые слова: дорожно-тропиночная сеть, географические информационные системы (ГИС).

SURVEY OF THE ROAD AND TRAIL NETWORK IN SEPARATE BLOCKS OF SOMOVSKOE FORESTRY USING GIS TECHNOLOGIES

A.N. Vodolazhskiy, Ya.N. Aseeva

Voronezh State University of Forestry and Technologies Named after G.F. Morozov,
Voronezh, Russia, e-mail: vod.a@list.ru

Abstract. In this paper, using the example of 8 blocks of the Somovskoye forestry of the Voronezh region, the exact location of the road and path network was established during field research. For the object of study under consideration, using the QGIS program, data on the location of roads and paths were obtained from four open Internet sources (Yandex People's Map, Openstreetmap, OpenStreetMap GPS track, Yandex Kosmosnimok). A comparison of their total length was made according to the data of the resources selected for analysis with the field work materials separately for each forest block and for the object as a whole. The minimum and maximum deviations were from 0% to 77%, respectively. The most accurate results for the object of study as a whole were provided by the source "OpenStreetMap" (OSM).

Keywords: road and path network, geographic information systems (GIS)

Эффективное функционирование лесного хозяйства напрямую зависит от состояния и доступности дорожно-тропиночной сети как транспортной инфраструктуры, обеспечивающей доставку техники и персонала в процессе освоения лесов, а также и рекреантов, присутствие которых повышает риски пожароопасности. При этом, высокая рекреационная нагрузка способствует повышенной динамичности в расположении лесных дорог и троп, отслеживание которой необходимо для эффективного лесоуправления и охраны лесов.

Современные технологии географических информационных систем (ГИС) предоставляют различные инструменты для анализа и моделирования сложных пространственных данных, что позволяет повысить продуктивность управления лесной инфраструктурой и уровень информированности о ней. Постоянное развитие технологий и появление новых инструментов географических информационных систем открывают широкие возможности для решения задач оптимизации и мониторинга дорожно-тропиночной инфраструктуры в лесничествах.

Цель данной работы состояла в изучении возможности использования находящихся в открытом доступе сведений географических информационных систем для установления расположения дорожно-тропиночной сети в лесных кварталах на примере Сомовского лесничества Воронежской области с последующим применением полученных данных в лесном хозяйстве. Для этого были исследованы подходящие общедоступные интернет-источники.

На основе анализа литературных источников в сети Интернет выбраны для оценки возможности практического применения следующие Интернет-ресурсы:

– «OpenStreetMap» (дословно «открытая карта улиц», сокращённо OSM) — некоммерческий веб-картографический проект по созданию силами сообщества участников — пользователей Интернета подробной свободной и бесплатной географической карты мира.

«Народная карта Яндекс» («Народная карта Яндекс», «Народная Яндекс Карта», НЯК, «Народная Карта — редактор Яндекс Карт») — сервис, на котором пользователи самостоятельно рисуют и уточняют карту.

«Yandex Satellite» — сервис спутниковых снимков высокого разрешения от компании Яндекс. Это программное обеспечение, которое позволяет просматривать снимки местности, полученные с помощью спутниковой съёмки.

В качестве инструментов для объединения и работы с данными указанных выше источников, а также сбора и обработки полевых материалов исследования использовались программы «Qgis» и «QField».

Среди множества доступных платформ программное обеспечение «Qgis» выделяется как мощный и гибкий инструмент, особенно привлекательный для широкого круга пользователей, от студентов и исследователей до профессиональных географов и картографов, в силу широкого набора положительных качеств:

– открытый исходный код и бесплатность (программное обеспечение «Qgis» распространяется под лицензией GNU General Public License);

– модульная архитектура и расширяемость программного обеспечения (позволяет легко добавлять новые функции и инструменты через плагины);

– поддержка широкого спектра форматов данных, включая популярные векторные

(Shapefile, GeoJSON, KML) и растровые (TIFF, JPEG, GeoTIFF) форматы;

– возможность интегрироваться с другими программными продуктами, такими как системы управления базами данных, табличные процессоры и другие ГИС-платформы.

«QField» - это мобильное приложение ГИС для геопространственной работы, которое позволяет собирать и вводить геоданные в полевых условиях. Оно используется в сочетании с программным обеспечением «Qgis» для работы с географическими данными. В частности, «QField» позволяет собирать геоданные, вводить координаты, измерять расстояния, углы, площади, записывать данные, а также синхронизироваться с программным обеспечением «Qgis» и импортировать сведения, собранные с помощью приложения «QField» в программное обеспечение «Qgis» для дальнейшего анализа и обработки.

Объектом исследования являлась дорожно-тропиночная сеть кварталов № 188, 189, 191, 192, 195, 196, 201 и 202 Сомовского лесничества Воронежской области. Эти кварталы находятся рядом с застроенной территорией и могут посещаться большим количеством людей, проживающих поблизости, что повышает рекреационную нагрузку на насаждения и увеличивает густоту тропинок и дорог.

На объекте произрастают насаждения сосны обыкновенной от 1 до 7 классов возраста со средней полнотой 0,7-0,8, что позволяет использовать космоснимок местности в качестве одного из источников данных при определении расположения дорожно-тропиночной сети.

Методика исследований заключалась в получении векторных данных расположения дорожно-тропиночной сети рассматриваемого объекта с использованием указанных выше Интернет-источников в программе «QGIS» и сравнении протяжённости этой сети по каждому из источников с данными полевых исследований. При отсутствии на рассматриваемом ресурсе векторных данных проводилась оцифровка имеющейся растровой информации для получения цифровых слоев. Полевые работы по установлению фактического расположения дорог и троп на исследуемом объекте проводились с применением приложения «QField» с последующим импортированием полученных данных в программу «QGIS» для проведения расчетов по протяженности установленных маршрутов передвижения людей.

В результате полевых и камеральных работ в программном обеспечении «Qgis» были получены векторные слои, содержащие информацию о расположении дорожно-тропиночной сети из пяти источников:

- Народная карта Яндекс – оцифрованные данные по привязанным растровым скриншотам ресурса «Народная карта Яндекс» (рис.1а);
- OSM – векторные данные о дорогах загруженные из ГИС «Openstreetmap» (рис.1б);
- GPS-трек OSM – оцифрованные сведения по растровому слою «Openstreetmap tracks», загруженному из ГИС «OpenStreetMap» и отражающему зафиксированные GPS-треки смартфонов и навигаторов (рис.1в);
- Космоснимок Яндекс – сведения получены путем оцифровки видимых дорог и троп на космоснимке местности из ресурса «Yandex Satellite» (рис. 1г);
- Полевые исследования – оцифрованные данные о фактически существующих дорогах на территории исследуемых кварталов, полученные в процессе полевых исследований (рис.1д). Данный источник является контролем.



Рисунок 1 – Векторные данные расположения дорожно-тропиночной сети исследуемого объекта на основе различных источников: а) Народная карта Яндекс; б) OSM; в) GPS-трек OSM; г) космоснимок Яндекс; д) полевые исследования.

На основе векторных данных всех рассматриваемых источников в программе QGIS рассчитана протяженность дорожно-тропиночной сети и проведено сравнение результатов с контролем по каждому исследуемому кварталу Сомовского лесничества Воронежской области и в целом по объекту (таблица 1).

Таблица 4 – Сравнительная таблица протяженности дорог по различным источникам и отклонения от результатов полевых исследований

Наименование сравниваемого источника	Номер квартала	Протяженность дорог, (м)	Отклонение от контроля, %
Полевые исследования	188	1710	0,0
	189	1640	0,0
	191	2260	0,0
	192	2208	0,0
	195	2626	0,0
	196	4515	0,0
	201	2545	0,0
	202	3619	0,0
Итого		21 123	0,0
«Народная карта Яндекс»	188	1677	-1,9
	189	1343	-18,1
	191	2199	-2,6
	192	2208	0,0
	195	2345	-10,7
	196	3561	-21,1
	201	1980	-22,2
	202	3600	-0,5
Итого		18 913	-10,5
«OpenStreetMap» (OSM)	188	1709	-0,1
	189	1638	-0,1
	191	2374	5,0
	192	2210	0,1
	195	2187	-16,7
	196	4520	0,1
	201	2148	-15,5
	202	3635	0,4
Итого		20 421	-3,3
«GPS-трек OSM»	188	2939	71,9
	189	696	-57,6
	191	3086	36,5
	192	509	-76,9
	195	1586	-39,6
	196	2975	-34,1
	201	1722	-32,3
	202	2700	-25,4
Итого		16 213	-23,2
Космоснимок Яндекс	188	1802	5,4
	189	1227	-25,2
	191	1802	-20,2
	192	1688	-23,5
	195	2418	-7,9
	196	2832	-37,3
	201	2248	-11,6
	202	3234	-10,6
Итого		17 251	-18,3

На основании результатов исследования можно сделать следующие выводы:

1. При сравнении протяженности дорог по данным полевых исследований относительно рассмотренных источников («Народная карта Яндекс», «OpenStreetMap», «GPS-трек OpenStreetMap», космоснимок местности Яндекс) выявлено, что по всему объекту исследований наибольшее отклонение от истинного источника приходится на данные GPS-трек OSM. Оно составило -23,2%. При этом в 2 кварталах отклонение составило -76,9% и 71,9%, при минимальном отклонении -25,4%. У ГИС «Народная карта Яндекс» выявлено отклонение в -10,5%, что может быть достаточной точностью для решения определенных задач.

2. Наименьшее отклонение от контроля на территории кварталов № 188, 189, 191, 192, 195, 196, 201, 202 Сомовского лесничества Воронежской области дает общедоступный ГИС «OpenStreetMap». Отклонение по изучаемому источнику данных практически в каждом случае было одним из наименьших (в пяти из восьми кварталах оно составляло менее 0,5%). Только в двух кварталах оно немного превысило 15%, при среднем отклонении по всему объекту около 3%, что говорит о достаточной информативности и точности данных указанной ГИС. Это источник может применяться для определения расположения дорожно-тропиночной сети лесничеств с целью снижения затрат на полевые исследования в ходе лесоустroительного проектирования.

3. Использование сведений остальных рассмотренных источников нецелесообразно ввиду больших отклонений. Для космоснимка это обусловлено достаточно высокой сомкнутостью крон сосны, под которыми не просматриваются дороги, о чем свидетельствуют отрицательные значения отклонений практически во всех исследуемых кварталах. Отклонения разных знаков по источнику «GPS-трек OSM» может быть обусловлено перемещением людей вне дорог или по дорогам, но с выключенным GPS-приемником.

Работа выполнена в рамках реализации государственного задания Министерства науки и высшего образования Российской Федерации (№ ФЗУР-2024-0002) «Разработка технологических решений, направленных на повышение эффективности лесопожарного мониторинга и детализацию оценки последствий лесных пожаров в условиях Центральной лесостепи».

Список литературы

1. QGIS – Свободная географическая информационная система с открытым кодом : сайт. – URL: <http://www.qgis.org/ru/site/>.
2. Народная карта Яндекс – редактор Яндекс карт. – URL: <https://n.maps.yandex.ru/#!/?z=15&ll=39.295692%2C51.699245&l=nk%23sat>.

References

1. QGIS – Free open source geographic information system : website. – URL: <http://www.qgis.org/ru/site/>.
2. Yandex People's Map – Yandex map editor. – URL: <https://n.maps.yandex.ru/#!/?z=15&ll=39.295692%2C51.699245&l=nk%23sat>.

ПРИМЕНЕНИЕ ВЕГЕТАЦИОННОГО ИНДЕКСА NDVI ДЛЯ ОЦЕНКИ СОСТОЯНИЯ ЛЕСОВ

А.В. Мироненко

Воронежский государственный лесотехнический университет имени Г.Ф. Морозова,
г. Воронеж, Россия, e-mail: alexeymironenko66@gmail.com

Аннотация. В статье приведены результаты применения NDVI-анализа для оценки состояния лесных насаждений на примере Сомовского лесничества Воронежской области. Проведено сравнение усреднённых значений NDVI по каждому лесотаксационному выделу за девятилетний период с использованием космических снимков низкого разрешения Landsat 8-9, что позволило выявить насаждения со значительным изменением вегетационного индекса за исследуемый период.

Ключевые слова. Вегетационный индекс, спутниковый снимок, лесотаксационный выдел.

APPLICATION OF THE NDVI VEGETATION INDEX FOR FOREST ASSESSMENT

A.V. Mironenko

Voronezh State University of Forestry and Technologies named after G.F. Morozov,
Voronezh, Russia, e-mail: alexeymironenko66@gmail.com

Abstract. The article presents the results of applying NDVI analysis to assess the state of forest plantations using the example of the Somovsky Forestry District of the Voronezh Region. A comparison of the average NDVI values for each forest taxa allocation over a nine-year period was carried out using low-resolution satellite images from Landsat 8-9, which made it possible to identify plantations with a significant change in the vegetation index over the period under study.

Keywords: Vegetation index, satellite image, forest taxa allocation.

Введение.

Мониторинг состояния лесов является важным инструментом управления лесным хозяйством и определяется различными факторами, такими как физическая среда, устойчивость к стихийным бедствиям, биоразнообразие, антропогенная нагрузка и др. В связи

с этим применение ГИС-технологий на основе использования методов и алгоритмов обработки данных дистанционного зондирования Земли является актуальной задачей.

Одним из наиболее распространённых показателей, применяемый в сельском хозяйстве для оценки состояния растительности является NDVI - нормализованный относительный индекс, показатель количества фотосинтетически активной биомассы [2]. Он рассчитывается по спутниковым снимкам и зависит от того, как растения отражают и поглощают световые волны разной длины. NDVI также может служить индикатором фотосинтетической активности лесных насаждений и использоваться для обнаружения различных аномалий в их состоянии [1, 3].

Цель исследования. Исследования выполнялись с целью оценки динамики и существующего состояния NDVI лесных насаждений, расчёта среднего вегетационного индекса в пределах лесотаксационных выделов и определение участков с критическим изменением вегетационного индекса за исследуемый период.

Характеристика объектов и методика исследования.

Объектом исследований являлась территория Сомовского лесничества Воронежской области. В качестве исходного материала использовались спутниковые снимки Landsat 8-9 с пространственным разрешением 30 м, полученных с глобального архива данных Landsat Collection 2 Level 2. Это материалы ДЗЗ, которые состоят из изображений территории лесничества с поправкой на атмосферу (коэффициент отражения поверхности) и температуры поверхности в диапазонах NIR (инфракрасный канал) и RED (красный канал) спутниковых снимков за 2014, 2016 и 2023 годы (июль, август).

Обработка материала производилась в программе QGIS и состояла из следующих этапов:

- 1) Загрузка в программу растровых слоев, содержащих данные в диапазонах спектра NIR и RED;
- 2) Добавление в ГИС-проект векторных слоёв границ лесничества, квартальной сети и границ лесотаксационных выделов.
- 3) Создание карт вегетационных индексов 2014, 2016 и 2023 годы с использованием калькулятора растров QGIS по формуле 1:

$$\begin{aligned} & ("LC09_L2SP_175024_20240717_20240718_02_T1_SR_B5@1"- \\ & "LC09_L2SP_175024_20240717_20240718_02_T1_SR_B4@1") / \\ & ("LC09_L2SP_175024_20240717_20240718_02_T1_SR_B5@1"+ \\ & "LC09_L2SP_175024_20240717_20240718_02_T1_SR_B4@1"), \end{aligned} \quad (1)$$

где LC09_L2SP_... – имя файла космического снимка, содержащее обозначения: наименование спутника, уровень обработки снимка (L2SP), дата съёмки, номер канала – B4 (RED), B5 (NIR).

- 4) Настройка отображения NDVI, согласно шкале для вегетационного индекса (рис. 1):

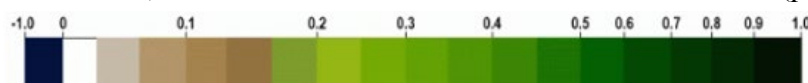


Рисунок 1 – Шкала для отображения NDVI

- 5) Выполнение обрезки карт NDVI по границам лесничества.

6) Расчёт среднего NDVI для каждого лесотаксационного выдела с использованием зональной статистики QGIS (рис. 2).



Рисунок 2 – Фрагмент карты NDVI с рассчитанными средними значениями вегетационных индексов для каждого выдела

7) Сравнительный анализ динамики среднего NDVI по каждому лесотаксационному выделу за 2014 и 2023 годы

8) Формирование списка насаждений с критическим изменением индекса NDVI.

Результаты исследования и их обсуждение.

В результате исследований выявлена динамика NDVI лесных насаждений лесничества за 2014, 2016 и 2023 годы. На рисунке 3 отмечены зоны, где наблюдается увеличение вегетационного индекса. На остальной территории лесничества визуальный анализ значительных изменений вегетационного индекса не выявил. Детальное повыведельное сравнение усреднённых значений NDVI, рассчитанных по космическим снимкам за 2014 и 2023 годы позволило выявить участки, на которых значения индекса отличались на величину более 0,05. В таблице 1 приведены сводные данные о выделах, имеющих положительную динамику вегетационного индекса.

Таблица 1 – Площади, имеющие положительную динамику NDVI с 2014 по 2023 годы (разница 0,05 и более)

Класс возраста	Кол-во выделов	Общая площадь, га	Разница NDVI	
			Минимальная	Максимальная
1	2	3	5	6
Несомкнувшиеся л/к	22	188,6	0,050	0,073
1	12	103,8	0,050	0,066
3	4	2,5	0,055	0,066
4	2	0,6	0,052	0,054
5	3	1,5	0,054	0,063
6	4	1,5	0,057	0,059
7	1	26,9	0,051	0,051

Всего: 48 325,4

В основном, увеличение NDVI приходится на участки, которые в 2014 году (на момент лесоустройства) относились к несомкнувшимся лесным культурам (22 выдела общей площадью 188,6 га) и древостоям первого класса возраста (12 выделов, 10,8 га). В среднем, увеличение индекса вегетации наблюдается на 48 участках общей площадью 352,4 га.

Таблица 2 – Площади, имеющие отрицательную динамику NDVI с 2014 по 2023 годы (разница 0,05 и более)

Класс возраста	Количество выделов	Общая площадь, га	Разница NDVI	
			минимальная	максимальная
1	2	3	5	6
1	5	4,7	-0,055	-0,073
2	4	5,6	-0,050	-0,071
3	11	20,1	-0,052	-0,134
4	4	5,3	-0,055	-0,081
5	5	4,5	-0,054	-0,122
6	8	7,9	-0,054	-0,105
7	2	1,5	-0,067	-0,175
Всего:		39	49,6	

В таблице 2 приведены сводные данные о выделах, где наблюдалось снижение NDVI с 2014 года. Таких участков на территории лесничества оказалось 39 общей площадью 49,6 га. Натурное обследование участков не выявило очагов вредителей и болезней. В основном снижение вегетационного индекса вызвано проведением рубок ухода в древостоях.

Визуализация результатов сравнительного анализа вегетационного индекса в лесных насаждениях Сомовского лесничества приведена на рисунке 4. На карте-схеме отображены участки с превышением установленного порога изменения NDVI на 0,05 единиц и более.

Заключение.

Применение метода NDVI-анализа лесных насаждений с использованием спутниковых снимков низкого разрешения позволило оценить динамику изменения вегетационного индекса лесных насаждений на примере Сомовского лесничества Воронежской области за девятилетний период. В результате исследований обнаружены лесотаксационные выделы со значительным изменением NDVI как в большую, так и в меньшую сторону. Данный метод рекомендуется применять для предварительной оценки состояния лесных насаждений, контроля лесовосстановления, мониторинга результатов проведения хозяйственных мероприятий и т. д. с последующим детальным обследованием выявленных аномалий в динамике NDVI на конкретных участках леса с использованием космических снимков высокого разрешения, данных съёмки с БПЛА или наземных методов исследований.

Работа выполнена в рамках реализации государственного задания Министерства науки и высшего образования Российской Федерации (№ ФЗУР-2024-0002) «Разработка технологических решений, направленных на повышение эффективности лесопожарного мониторинга и детализацию оценки последствий лесных пожаров в условиях Центральной лесостепи».

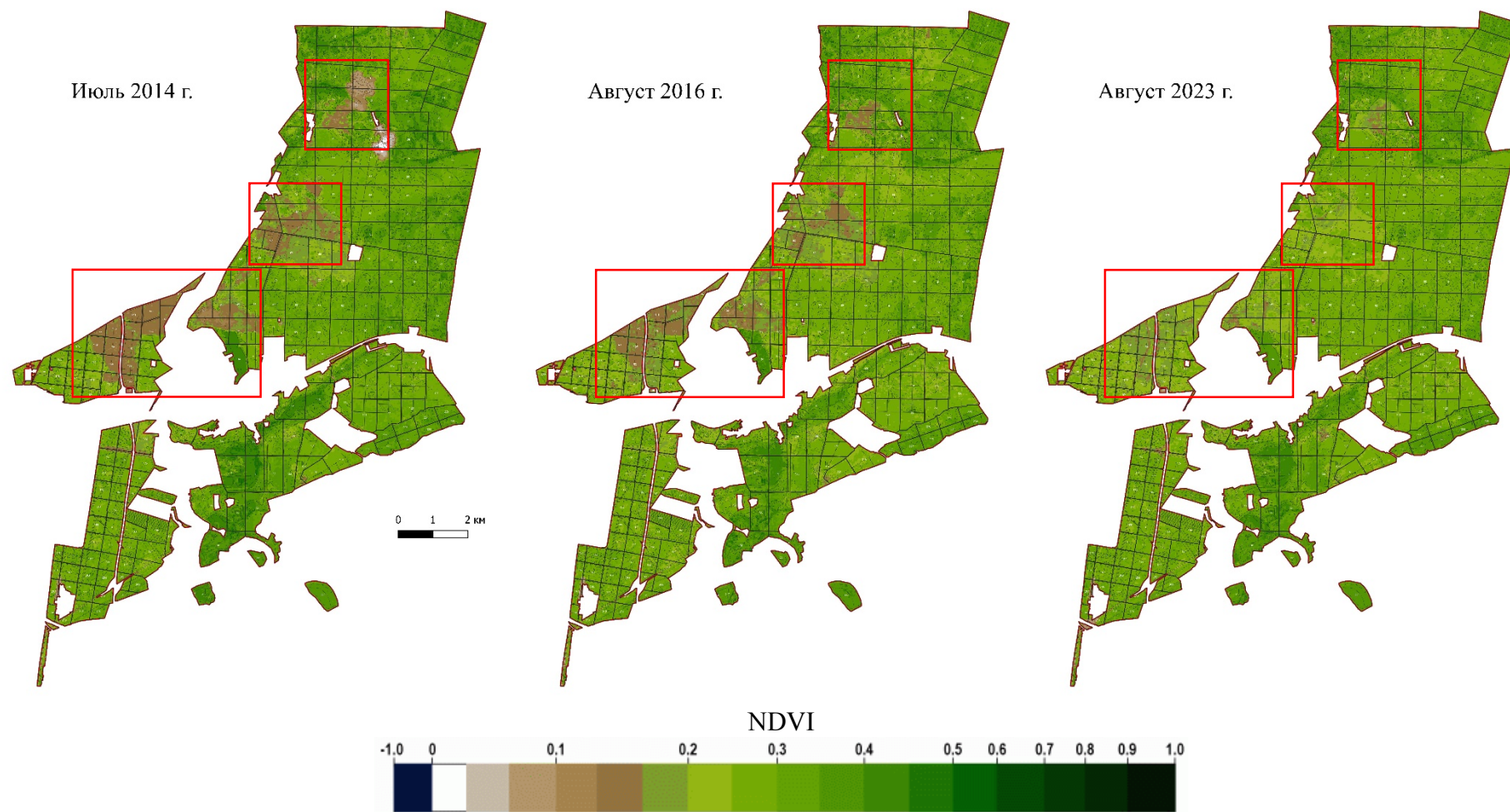


Рисунок 3 – Динамика NDVI лесных насаждений Сомовского лесничества Воронежской области (Landsat 8-9)

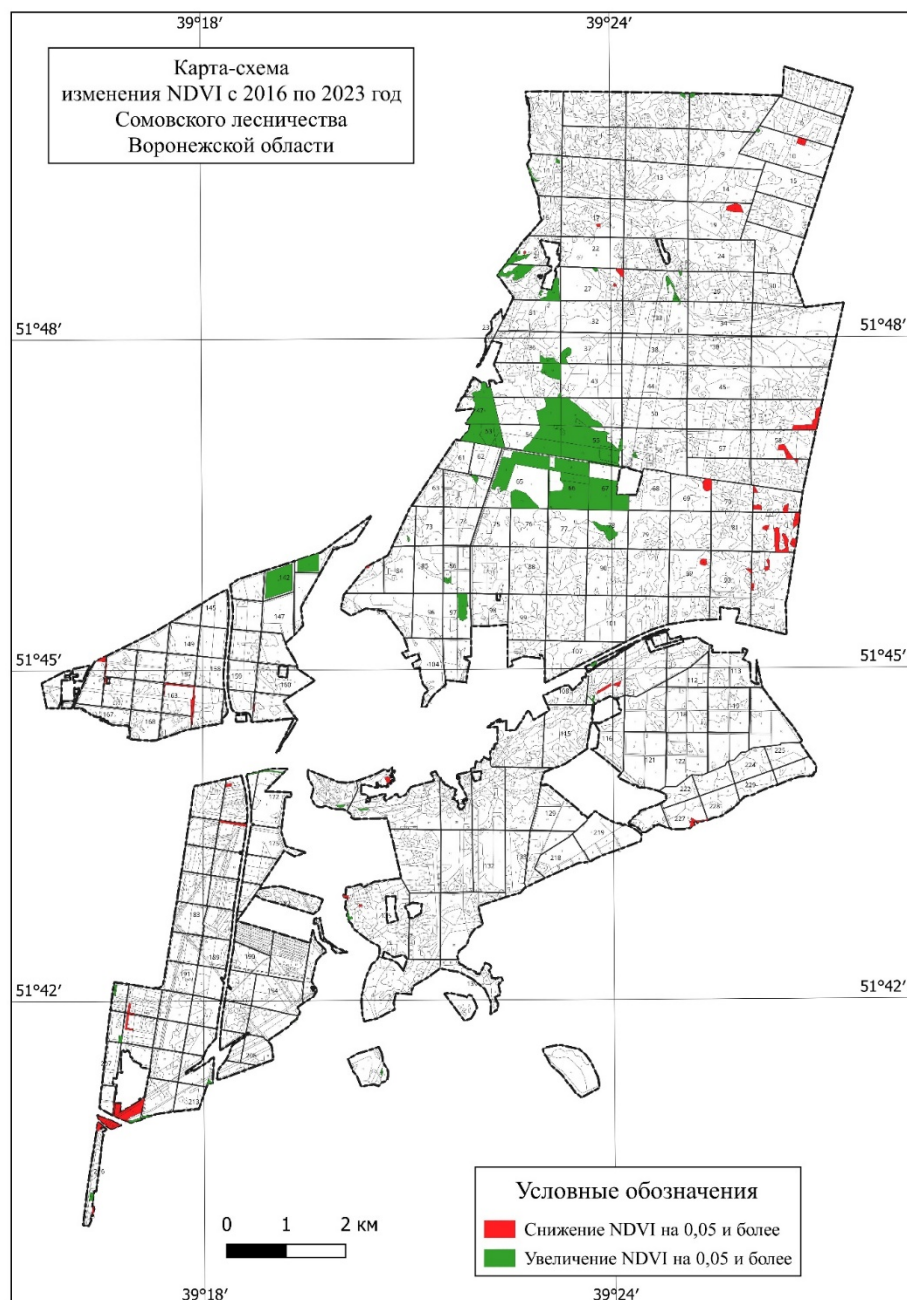


Рисунок 4 – Карта-схема значительных изменений среднего NDVI по лесотаксационным выделам за период с 2016 по 2023 год

Список литературы

1. Воробьев, О.Н. Оценка динамики и нарушенности лесного покрова в Среднем Поволжье по снимкам Landsat / О.Н. Воробьев, Э.А. Курбанов, Ю.А. Полевщикова, С.А. Лежнин // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. – 2016. – Том. 13. - № 4. – С. 124-134.
2. Коротков, А. А. Вегетационный индекс NDVI для мониторинга растительности / А. А. Коротков, А. Ю. Астапов // Наука и Образование. – 2020. – Т. 3, № 3. – С. 131. – EDN VUYUUE.

3. Коржавин, В. Е. Возможности применения вегетационного индекса NDVI для сравнительной оценки продуктивности лесов / В. Е. Коржавин, С. В. Кабанов // Геоинформационные технологии в сельском хозяйстве, природообустройстве и защите окружающей среды : материалы Всероссийской научно-практической конференции молодых ученых, посвященной 130-й годовщине со дня рождения академика Н.И. Вавилова и Году экологии в Российской Федерации, Саратов, 20–22 ноября 2017 года / ФГБОУ ВО "Саратовский государственный аграрный университет имени Н.И. Вавилова". – Саратов: Саратовский государственный аграрный университет им. Н.И. Вавилова, 2017. – С. 53-56. – EDN YTPJKL.

References

1. Vorobyov O.N., Kurbanov E.A., Polevshchikova Yu.A., Lezhnin S.A. Assessment of dynamics and disturbance of forest cover in the Middle Volga region from Landsat images / O.N. Vorobyov, Polevshchikova Yu.A., Lezhnin S.A. // Modern problems of remote sensing of the Earth from space. – 2016. – Tom. 13. - No. 4. – pp. 124-134.
2. Korotkov, A. A. Vegetation index NDVI for vegetation monitoring / A. A. Korotkov, A. Yu. Astapov // Science and Education. – 2020. – Vol. 3, No. 3. – P. 131. – EDN VUYIIE.
3. Korzhavin, V. E. Possibilities of using the NDVI vegetation index for comparative assessment of forest productivity / V. E. Korzhavin, S. V. Kabanov // Geoinformation technologies in agriculture, environmental management and environmental protection : proceedings of the All-Russian scientific and Practical conference of young scientists dedicated to the 130th anniversary of the birth of Academician N.I. Vavilov and the Year of Ecology in the Russian Federation, Saratov, November 20-22, 2017 / Saratov State Agrarian University named after N.I. Vavilov. Saratov: Saratov State Agrarian University named after N.I. Vavilov, 2017. pp. 53-56. - EDN YTPJKL.

РАЗРАБОТКА АЛГОРИТМА КОРРЕКТИРОВКИ КЛАССА ПРИРОДНОЙ ПОЖАРНОЙ ОПАСНОСТИ НА ТЕРРИТОРИИ ЛЕСОСТЕПНОЙ ЗОНЫ ВОРОНЕЖСКОЙ ОБЛАСТИ

А.В. Мироненко, С.М. Матвеев, В.А. Славский, В.А. Еськов
Воронежский государственный лесотехнический университет имени Г.Ф. Морозова,
г. Воронеж, Россия, e-mail: alexeymironenko66@gmail.com

Аннотация. Разработан алгоритм и программное обеспечение для корректировки класса природной пожарной опасности лесничества с использованием разработанных нормативов балльной оценки на основе лесоводственно-биологических параметров насаждений. Для каждого выдела автоматизированным способом получен скорректированный класс природной пожарной опасности насаждений, создана тематическая пожарная карта-схема Пригородного лесничества.

Ключевые слова. Класс природной пожарной опасности, база данных, карта-схема.

DEVELOPMENT OF AN ALGORITHM FOR CORRECTING THE CLASS OF NATURAL FIRE DANGER IN THE FOREST-STEPPE ZONE OF THE VORONEZH REGION

A.V. Mironenko, S.M. Matveev, V.A. Slavsky, V.A. Eskov
Voronezh State University of Forestry and Technologies named after G.F. Morozov,
Voronezh, Russia, e-mail: alexeymironenko66@gmail.com

Abstract. An algorithm and software have been developed to adjust the class of natural fire danger in forestry using the developed scoring standards based on the forestry and biological parameters of plantings. For each allotment, an adjusted class of natural fire hazard of plantings was obtained in an automated way, and a thematic fire map-scheme of Suburban forestry was created.

Keywords: Natural fire hazard class, database, schematic map.

Введение. Несмотря на регулярное проведение лесопожарных мероприятий, на территории России ежегодно происходят лесные пожары, наносящие огромный экономический и экологический ущерб. Запас древесины, сгорающей при пожарах, в 1,5 раза превышает объемы лесозаготовок, полученных при всех видах рубок, а последствия пирогенного воздействия сказываются на лесных экосистемах многие годы [4].

Существующая в настоящее время система лесопожарного мониторинга не является достаточно эффективной. В действующих нормативных документах [5] регламентирован традиционный способ определения класса природной опасности с использованием шкалы И.С. Мелехова, где в описательной форме даются оценочные характеристики лесных земель, относящиеся к тому или иному классу природной пожарной опасности. Шкала И.С. Мелехова была разработана для лесов северо-запада европейской части РФ, в которых пирологическая характеристика некоторых типов леса существенно отличается от таковой в других регионах страны. С точки зрения Ю. З. Шура (с соавт.) [1] шкала И. С. Мелехова обладает рядом существенных методических недостатков: не учитывается региональная лесная типология, нечетко выражена связь между периодами пожароопасного сезона, преобладающими типами растительных горючих материалов и наиболее вероятными видами лесных пожаров. В шкале отсутствует логически строгое определение объектов загорания, для которых не устанавливаются классы природной пожарной опасности. Помимо этого, недостаточно полно учитываются категории лесных и нелесных земель. Исследователи из Института леса им. В. Н. Сукачева СО РАН отмечают, что наиболее оптимальной формой для представления и использования природной пожарной опасности является картографическая [2].

Цель исследования – разработать алгоритм уточнения и корректировки класса природной пожарной опасности для территории лесостепной зоны Воронежской области.

Объекты и методы исследования. Объектом явилась территория Пригородного лесничества Воронежской области. Корректировка класса природной пожарной опасности и составление пожарных карт лесничества проведены на повыведельной основе. Выполнены следующие этапы работ:

1. Создание базы данных таксационных описаний Пригородного лесничества Воронежской области.
2. Получение отчётов, характеризующих распределение покрытых лесной растительностью земель по преобладающим породам.
3. Определение для каждого выдела объёма растительных горючих материалов по таксационным описаниям.
4. Расчёт скорректированного класса природной пожарной опасности для таксационных выделов лесничества.
5. Составление карт природной пожарной опасности территории Пригородного лесничества.

Для автоматизированного расчёта объёмов растительных горючих материалов сформирована база данных, содержащая таксационные характеристики лесных участков. В качестве исходных данных используются таксационные описания, загружаемые в базу данных из формата MS Word. Для этого использовалась программа, разработанная коллективом кафедры лесоводства, лесной таксации и лесоустройства ВГЛТУ [3]. В качестве информационной базы для решения поставленной задачи использованы материалы лесоустройства 2011 года, а также данные лесохозяйственного регламента Пригородного лесничества 2018 года.

Статистическая обработка полученных данных осуществлялась по стандартным методикам определения выборочных характеристик, корреляционного и регрессионного анализа с использованием программы MS Excel.

Результаты исследования. Специально созданная компьютерная программа [3] позволяет откалибровать балльную систему оценки степени природной пожарной опасности лесных насаждений на основе данных о накоплении лесных горючих материалов, типах лесорастительных условий и таксационной характеристики древостоя (рис. 1).

Программа для расчёта класса природной пожарной опасности. ВГЛТУ, 2022. Мироненко А.В., Матвеев С.М., Славский В.А.

Накопленные горючие материалы

	Нет	Редкий	Средний	Густой	Min	Max	Балл
1. Сухостой	☐	☐	☐	☐	0	5	1.7
2. Валежник	☐	☐	☐	☐	0	5	5.0
3. Подрост хвойный	☐	☐	☐	☐	0	5	1.7
4. Подрост лиственный	☐	☐	☐	☐	0	-5	0.0
5. Подлесок хвойный	☐	☐	☐	☐	0	5	5.0
6. Подлесок лиственный	☐	☐	☐	☐	0	-5	0.0
7. Слой опада	☐	☐	☐	☐	0	5	1.7
Итого:							15.1

Тип лесорастительных условий

	0	1	2	3	4	5	Min	Max	Балл
8. А	☐	☐	☐	☐	☐	☐	25	5	0
9. В	☐	☐	☐	☐	☐	☐	20	-5	5.0
10. С	☐	☐	☐	☐	☐	☐	15	-10	0
11. D	☐	☐	☐	☐	☐	☐	10	-15	0
Итого:							5.0		

Характеристика древостоя

	Вырубка	Несомк. культуры	Древостой	Min	Max	Балл
12. Категория земель:	☐	☐	☐	-	-	5.0
13. Доля участия хвойных пород в составе, %	☐	☐	☐	-10	10	-4.0
14. Группа возраста	☐	☐	☐	10	3	4.8
Итого:						5.8

Класс природной пожарной опасности

9

8

3.2

1

2

3

4

5

6

7

Всего: 25.9

75

Рисунок 1 – Интерфейсная форма программы для расчёта класса природной пожарной опасности лесных насаждений и её элементы:

- 1- Элементы управления настройками показателей в натуральных единицах измерения для блока «Накопленные горючие материалы»
- 2- Элементы управления для оценки показателей блока – оценочная шкала.
- 3- Элементы управления для настройки шкалы оценочных баллов.
- 4- Рассчитанный оценочный балл природной пожарной опасности для каждого показателя.
- 5- Итоговый балл для блока.
- 6- Общий оценочный балл лесного участка.
- 7- Максимально возможный оценочный балл лесного участка (для перевода в пятибалльную систему).
- 8- Рассчитанный класс природной пожарной опасности по пятибалльной шкале.
- 9- Графическое изображение уровня природной пожарной опасности лесного участка.

Первостепенными для установления класса природной пожарной опасности являются лесоводственно-биологические параметры, на основе которых рассчитывается накопление горючих материалов (НГМ) в лесах. Выделяются прямые и косвенные признаки по которым определяется количество НГМ. Прямые признаки определяются непосредственно по

таксационным описаниям, а косвенные – устанавливаются исходя из выявленных взаимосвязей таксационных характеристик насаждений и данных, полученных экспериментальным путём (например, толщина лесной подстилки). При этом, суть алгоритма заключается в переводе измерения биомассы накопленных горючих материалов из абсолютных единиц (тыс. шт., м³) в относительные – баллы, что позволит создать единую систему расчета пожарной опасности.

Для параметров 1-6 (рис. 1) разрабатываемый нами алгоритм предполагает получение исходных данных из таксационных описаний. На их основе была создана база данных. В соответствии с поставленными целями исследований, автоматизированным способом на ЭВМ получены сведения, в виде таблиц, о распределении покрытых лесной растительностью земель, породном составе и возрастной структуре древостоя.

В соответствии с разработанной нами методикой, были отобраны лесотаксационные участки в сосновых насаждениях различных классов возраста и полноты для проведения натурного обследования. В каждом выделе производилось измерение толщины лесной подстилки (общей и перегнившей). Замеры осуществлялись в случайном порядке в 10-ти местах каждого выдела.

Выявление взаимосвязи между толщиной слоя лесного опада и такими таксационными характеристиками как полнота и средний возраст древостоя осуществлялось посредством проведения корреляционного анализа. Выявлена высокая корреляционная связь между средним возрастом и толщиной лесной подстилки – 0,82. Взаимосвязь между полнотой древостоя и толщиной подстилки оказалась слабой – 0,13.

Результат расчёта уточнённого класса природной пожарной опасности сохранялся в базу данных таксационных описаний для последующего создания тематической карты-схемы. При выполнении картографических работ использовалась программа QGIS (рис. 2).

В результате автоматизированного расчёта получены классы природной пожарной опасности для каждого выдела и составлена тематическая карта-схема Пригородного лесничества. Расчёт производился только для покрытых лесной растительностью земель, несомкнувшихся лесных культур и вырубок. Остальные площади показаны на карте-схеме белым цветом.

Заключение. В результате исследований сформирована база данных таксационных показателей насаждений Пригородного лесничества, содержащая показатели, влияющие на горимость лесов. Разработано программное обеспечение для пакетной обработки базы данных таксационных описаний лесничества с подключаемой нормативно-справочной информацией, содержащей уточнённые показатели балльной оценки класса природной пожарной опасности. Для каждого выдела Пригородного лесничества автоматизированным способом рассчитан класс природной пожарной опасности и сформирована атрибутивная таблица данных. Создана тематическая пожарная карта-схема Пригородного лесничества по уточнённым классам природной пожарной опасности насаждений.

Высокий уровень детализации полученного картографического материала позволит более качественно и адресно осуществлять проектирование противопожарных мероприятий, повысить точность оценки вероятности возникновения лесных пожаров. Созданные шкалы, карты природной пожарной опасности найдут применение не только при реализации

производственных задач стратегического и оперативного управления работой лесопожарных формирований, но и при решении научных вопросов.

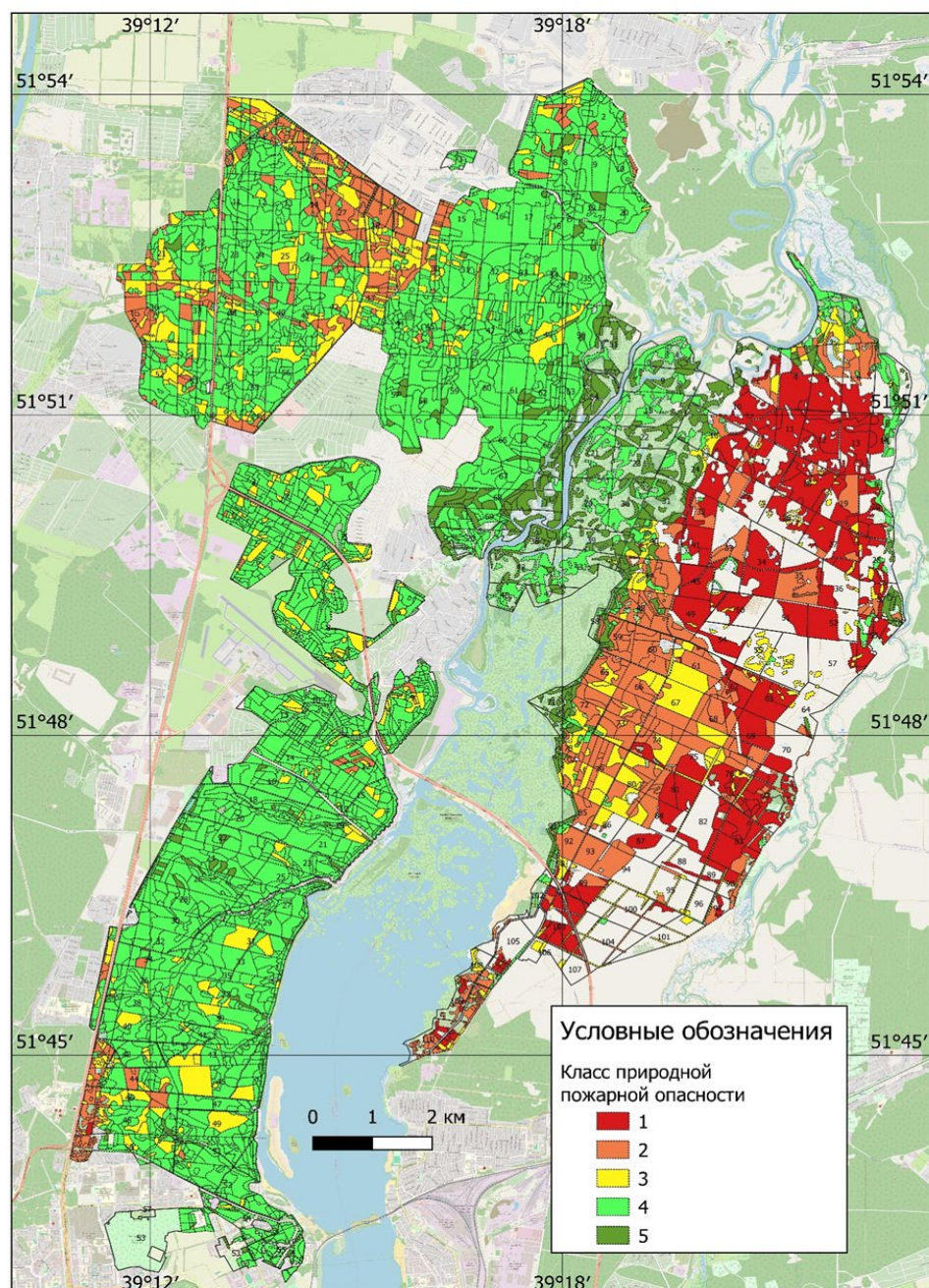


Рисунок 2 – Карта-схема классов природной пожарной опасности, совмещённая с информацией ресурса OpenStreetMap

Работа выполнена в рамках реализации государственного задания Министерства науки и высшего образования Российской Федерации (№ ФЗУР-2024-0002) «Разработка технологических решений, направленных на повышение эффективности лесопожарного мониторинга и детализацию оценки последствий лесных пожаров в условиях Центральной лесостепи».

Список литературы

1. Региональные шкалы оценки природной пожарной опасности лесов / Ю.З. Шур, В.Ю. Нешатаев, А.А. Степченко, Н.В. Шаповал // Труды Санкт-Петербургского научно–

исследовательского института лесного хозяйства. - 2020. - № 2. - С 59–69. DOI: 10.21178/2079-6080.2020.2.59

2. Аброскина, А. К. Составление карт природной пожарной опасности по материалам лесоустройства / А. К. Аброскина, А. В. Волокитина, М. А. Корец // Вестник КрасГАУ. 2012. - № 7 (70). - С. 60–64. - URL: <http://www.kgau.ru/vestnik/content/2012/7.12.pdf>

3. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2022683955 Российская Федерация. Программа для расчета класса природной пожарной опасности лесных насаждений: заявлено 09.12.2022: опубликовано 09.12.2022 / Мироненко А. В., Матвеев С. М., Славский В.А.; правообладатель ФГБОУ ВО "Воронежский государственный лесотехнический университет имени Г.Ф. Морозова". – Зарегистрировано в Реестре программ для ЭВМ. - URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=49978873>

4. Совершенствование методологии дистанционного мониторинга пожарной опасности в лесах. / В.А. Славский, С.М. Матвеев, А.В. Мироненко, Д.А. Литовченко // Труды Санкт-Петербургского научно-исследовательского института лесного хозяйства. – 2024. – 3. - С. 113–131. DOI: 10.21178/2079-6080.2024.3.113.

5. Приказ Федерального агентства лесного хозяйства от 5 июля 2011 года № 287 «Об утверждении классификации природной пожарной опасности лесов и классификации пожарной опасности в лесах в зависимости от условий погоды». - URL : <https://docs.cntd.ru/document/902289183>.

References

1. Regional scales for assessing natural forest fire hazard / Yu. Z. Shur, V. Yu. Neshataev, A. A. Stepchenko, N. V. Shapoval // Proceedings of the St. Petersburg Forestry Research Institute. - 2020. - No. 2. - P. 59–69. DOI: 10.21178/2079-6080.2020.2.59

2. Abroskina, A. K. Compilation of natural fire hazard maps based on forest management materials / A. K. Abroskina, A. V. Volokitina, M. A. Korets // Bulletin of KrasSAU. 2012. - No. 7 (70). - P. 60–64. - URL: <http://www.kgau.ru/vestnik/content/2012/7.12.pdf>

3. Certificate of state registration of computer program No. 2022683955 Russian Federation. Program for calculating the class of natural fire hazard of forest stands: declared 09.12.2022: published 09.12.2022 / Mironenko A. V., Matveev S. M., Slavskiy V. A.; copyright holder FSBEI HE "Voronezh State Forest Engineering University named after G. F. Morozov". - Registered in the Register of computer programs. - URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=49978873>

4. Improving the methodology of remote monitoring of fire hazard in forests. / V. A. Slavskiy, S. M. Matveev, A.V. Mironenko, D.A. Litovchenko // Proceedings of the St. Petersburg Research Institute of Forestry. 2024. – 3. – pp. 113–131. DOI: 10.21178/2079-6080.2024.3.113.

5. Order of the Federal Forestry Agency of July 5, 2011 No. 287 "On approval of the classification of natural forest fire hazard and the classification of forest fire hazard depending on weather conditions". - URL: <https://docs.cntd.ru/document/902289183>.

АНАЛИЗ ВИДОВ ЛЕСОНАРУШЕНИЙ НА ТЕРРИТОРИИ ПРИГОРОДНОГО ЛЕСНИЧЕСТВА ВОРОНЕЖСКОЙ ОБЛАСТИ

С.А. Носова, М.Т. Сериков

Воронежский государственный лесотехнический университет имени Г.Ф. Морозова,
г. Воронеж, Россия, e-mail: sveta.1sp@mail.ru

Аннотация. Проанализирована динамика лесонарушений в Пригородном лесничестве Воронежской области по их видам за период с 2020 г. по 2024 г. Предложены меры улучшения их обнаружения, фиксации и предотвращения.

Ключевые слова: незаконная рубка лесных насаждений, лесные пожары, загрязнение лесов.

ANALYSIS OF FOREST DISRUPTIONS IN THE SUBURBAN FORESTRY OF THE VORONEZH REGION

S.A. Nosova, M.T. Serikov

Voronezh State University of Forestry and Technologies named after G.F. Morozov,
Voronezh, Russia, e-mail: sveta.1sp@mail.ru

Abstract. The dynamics of forest violations in the Prigorodny Forestry of the Voronezh Region by their types for the period from 2020 to 2024 have been analyzed. Measures have been proposed to improve their detection, recording, and prevention.

Keywords: Illegal logging, forest fires, and forest pollution

Актуальность выбранной для исследований темы обусловлена реальной потребностью повышения эффективности охраны лесов в регионах с развитым освоением лесных ресурсов. В условиях интенсивного развития человеческой деятельности и, как следствие, увеличения использования лесных ресурсов при освоении лесов часто наблюдаются различные виды нарушений лесного законодательства, которые негативно влияют на их состояние и биологическое разнообразие. Главная задача при этом – обеспечение сохранности лесов, а также повышение эффективности мер по их сбережению.

Целью исследования явилось проведение анализа видов лесонарушений в Пригородном лесничестве, выявление их причин, а также разработка рекомендаций для улучшения мер по их фиксации и предупреждению.

Объектом исследования послужили лесонарушения в этом лесничестве за период с 2020 г. по 2024 г.

Для достижения поставленной цели поэтапно решались следующие задачи:

- выявить основные виды лесонарушений;
- проанализировать динамику лесонарушений по их видам за период с 2020 г. по 2024 г.;
- изучить систему служебных структур предотвращения и фиксации лесонарушений на территории лесничества;
- предложить меры улучшения фиксации и предотвращения лесонарушений.

Лесонарушение представляет собой противоправные действия (или бездействия) лесопользователей или иных лиц. Оно заключается в нарушении норм использования, охраны, защиты и воспроизводства лесов. Лесонарушения несут угрозу разрушительных последствий не только для природы, но и, в некоторой мере, для экономики региона [1].

К основным видам нарушений в области лесного хозяйства в Пригородном лесничестве относятся: незаконная рубка лесных насаждений, пожары, загрязнение лесов [2].

Незаконная рубка лесных насаждений – это наиболее распространённое нарушение, которое происходит в результате деятельности и коммерческих организаций, и частных лиц.

Пожары. По статистике, около 90 % всех лесных пожаров возникают в результате деятельности человека, а часто и вовсе в результате умышленного поджога ради собственной выгоды.

Загрязнение лесов – это нарушение санитарного состояния в насаждениях – результат сброса отходов, промышленных и коммунально-бытовых выбросов, влекущих усыхание или заболевание лесных насаждений.

В результате исследования были выявлены лесонарушения, преследуемые по статьям КоАП РФ [1] и УК РФ [3]. Общее число лесонарушений за пятилетний период составило 95 шт. Из них, 10 нарушений преследуются в соответствии с УК РФ и 85 нарушений – в соответствии с КоАП РФ.

Динамика уголовных и административных лесонарушений по отдельности следующая.

Количество правонарушений, преследуемых по УК РФ (рисунок 1), имело стабильный рост с 2020 по 2022 год. Если в 2020 году нарушения отсутствовали, то уже в 2021 г. было зафиксировано два случая противоправных действий в отношении лесных насаждений. В 2022 г. зафиксировано три аналогичных случая. Затем в 2023 году количество лесонарушений снова снизилось до двух, но уже в следующем – 2024 году, было снова зафиксировано три случая. Следовательно, ситуация за последние четыре года существенно не меняется, что указывает на необходимость принимать меры по снижению преступности в сфере лесного хозяйства.

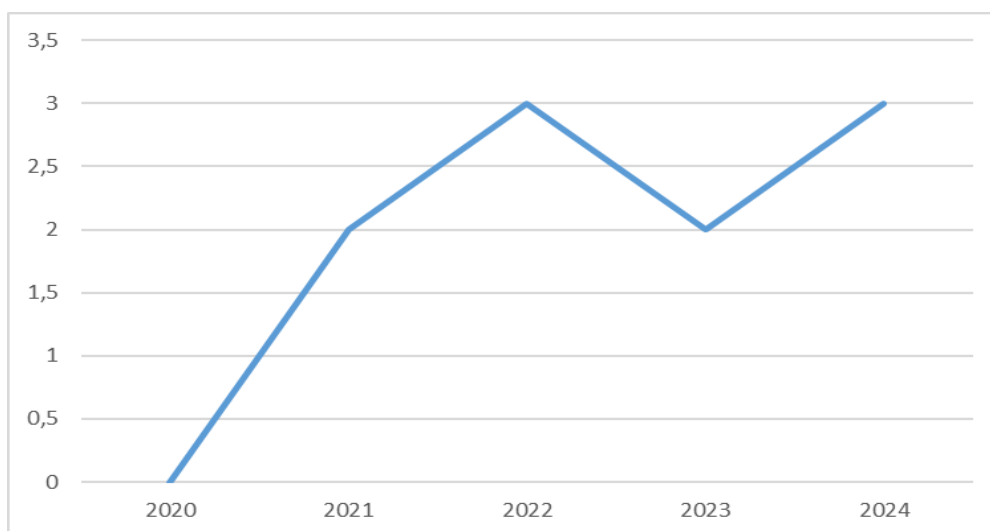


Рисунок 1 – Динамика уголовных правонарушений с 2020 г. по 2024 г.

На рисунке 2 отображена динамика количества правонарушений, преследуемых по КоАП РФ.

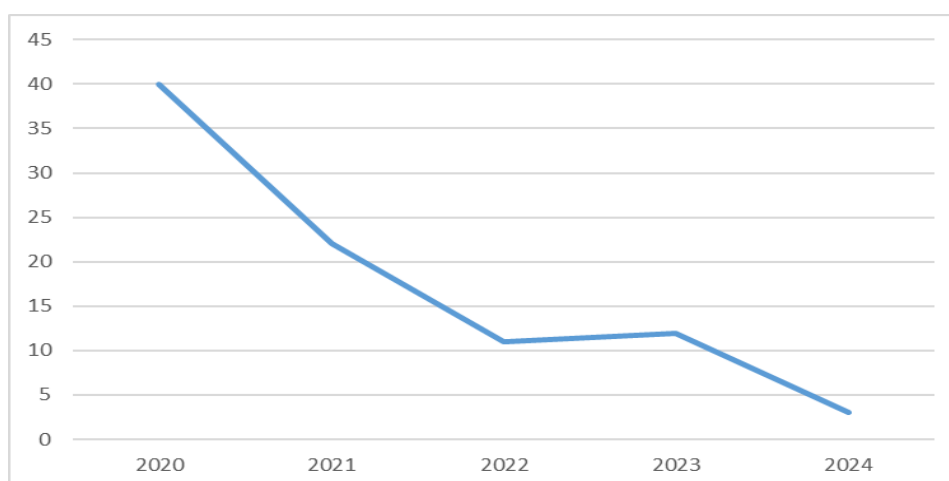


Рисунок 2 – Динамика административных правонарушений за период с 2020 г. по 2024 г.

В отличие от уголовных правонарушений, здесь чётко наблюдается снижение количества нарушений. Если в 2020 году было зафиксировано сорок случаев, то уже в 2021 году эта цифра уменьшилась почти в двое – двадцать два случая, а в 2022 и 2023 годах в четыре раза – всего 11 и 12 случаев, соответственно, но уже в 2024 году эта цифра уменьшилась в три раза, что уже является хорошим показателем, но надо стремиться к его улучшению.

На территории Пригородного лесничества фиксацией и предотвращением лесонарушений занимается целая система служебных структур. К ним относятся действия лесопользователя (УОЛ ВГЛТУ), которые заключаются в устранении последствий собственных недоработок, а также противоправных действий, совершаемых физическими, юридическими лицами.

Организация мероприятий, контроль и надзор за состоянием лесов – это прерогатива

органов лесопользования – лесничества и выше – КУВО «Лесная охрана», Министерства лесного хозяйства Воронежской области.

Кроме того, в адрес лесопользователя направляют представления, предписания, предупреждения о недопустимости правонарушений по результатам плановых и внеплановых проверок: природоохранная прокуратура, Росприроднадзор, управа Центрального района, прокуратура Центрального района, экологические организации.

Рассмотрим существующие на данный момент проблемы в фиксации и предупреждении лесонарушений. К возможным проблемам относятся следующие.

1. Ограниченное количество ресурсов. Зачастую для мониторинга ситуации в лесных насаждениях недостаточно финансовых и/или человеческих ресурсов. Ограниченные ресурсы могут повлиять следующим образом:

а) недостаток кадров. Недостаточное количество специалистов по охране лесов зачастую приводит к недостаточному количеству различных проверок и мероприятий, направленных на мониторинг лесов;

б) недостаток технических средств. Уже используемые технологии могут быть устаревшими и недостаточно эффективными, а отсутствие новых современных технологий, например, дронов или спутниковых систем замедляет или делает невозможным сбор данных о состоянии лесных насаждений и выявлении возможных лесонарушений;

в) финансирование: ограничения в бюджете также отрицательно влияют на качество проводимых мероприятий. Это может приводить к снижению частоты инспекций и уменьшить количество проводимых исследований, что в свою очередь затрудняет выявление и документирование лесонарушений;

г) обучение и подготовка: как недостаток кадров, так и недостаток финансирования могут ограничить возможности для обучения и подготовки новых сотрудников, что снижает эффективность работы;

д) сотрудничество с местными сообществами: без достаточного количества ресурсов довольно нелегко наладить взаимодействие с гражданами, которые могут помочь в выявлении нарушений.

2. Коррупция и отсутствие прозрачности: многие лесонарушения могут остаться безнаказанными из-за коррупционных схем. Так, должностные или юридические лица ради собственных материальных или иных благ могут поступиться с законом и умолчать и/или сокрыть совершённое правонарушение.

3. Нехватка данных: отсутствие систематизированной информации о состоянии лесов может затруднить анализ данных и повлиять на принятие верных решений.

По результатам проведенных исследований предлагаем следующие меры по улучшению обнаружения, фиксации и предотвращению лесонарушений:

а) внедрение спутникового мониторинга и дроновых технологий;

б) улучшение гражданской науки (создание волонтерских движений и отрядов по мониторингу лесных насаждений);

в) в сфере образования и просвещения граждан – проведение информационных кампаний, классных часов для учащихся в учебных заведениях о важности охраны лесов, информируя о последствиях в случае нарушений;

г) создать отдельную рубрику в местных СМИ, посвященную соблюдению правил нахождения в лесу, о возможных наказаниях при их нарушениях, пропаганде сбережения лесов, как и что может сделать каждый гражданин для устранения или предотвращения лесонарушений, куда и как можно заявить о противоправных деяниях в отношении лесных насаждений;

д) возможное ужесточение требований законодательства.

Наряду с улучшением мер по фиксации следует дополнительно предусмотреть следующие меры предотвращения лесонарушений.

1. Образование и просвещение граждан: возможно организовать проведение информационных кампаний, классных часов для учащихся в учебных заведениях о важности охраны лесов, информируя о последствиях в случае нарушений.

Кроме того, целесообразно создание отдельной рубрики в местных СМИ, которая будет посвящена соблюдению правил нахождения в лесу, о возможных наказаниях при их нарушениях, пропаганде сбережения лесов, как и что может сделать каждый гражданин для устранения или предотвращения лесонарушений, куда и как можно заявить о противоправных деяниях в отношении лесных насаждений.

2. Укрепление законодательства: ужесточение санкций может оказать положительное влияние на преступность в сфере лесного хозяйства.

3. Сотрудничество с гражданами: вместе с просвещением целесообразно проводить вовлечение местных жителей в охрану лесов и управление природными ресурсами. Создание анонимных горячих линий поможет гражданам вовремя сообщать о подозрительной активности.

Список литературы

1. Кодекс Российской Федерации об административных правонарушениях от 30.12.2001 №195-ФЗ (ред. От 07.06.2025) / КонсультантПлюс.
2. Лесной кодекс Российской Федерации – Федеральный закон от 04.12.2006 г. № 200-ФЗ (в последующ. ред.) / КонсультантПлюс.
3. Уголовный Кодекс Российской Федерации от 13.06.1996 № 63-ФЗ (ред. от 21.04.2025) (с изм. и доп., вступ. в силу с 02.05.2025) / КонсультантПлюс.

References

1. The Code of Administrative Offences of the Russian Federation dated 12/30/2001 No. 195-FZ (ed. Dated 06/07/2025) / ConsultantPlus.
2. The Forest Code of the Russian Federation – Federal Law No. 200-FZ dated 04.12.2006 (as subsequently amended) / ConsultantPlus.
3. The Criminal Code of the Russian Federation dated 13.06.1996 No. 63-FZ (as amended on 21.04.2025) (as amended and supplemented, intro. effective from 05/02/2025) / ConsultantPlus.

ОСОБЕННОСТИ ВОССТАНОВЛЕНИЯ ХАРАКТЕРИСТИКИ УТИЛИЗИРОВАННЫХ НАСАЖДЕНИЙ МЕТОДОМ ИССЛЕДОВАНИЯ АНАЛОГОВЫХ ОБЪЕКТОВ

М.Т. Сериков

Воронежский государственный лесотехнический университет имени Г.Ф. Морозова,
г. Воронеж, Россия, e-mail: serikovmt@gmail.com

Аннотация. На примере полностью утилизированных насаждений с раскорчёвкой пней и планировкой поверхности земли изложен вариант восстановления их таксационной характеристики. Рассмотрены возможности использования для этого материалов лесоустройства, кадастрового учёта земель, космических снимков, выполненных до незаконной рубки и после её реализации, с проведением контурного и аналитического дешифрирования изображений в сочетании с натурными работами по таксации аналоговых древостоев.

Ключевые слова. Утилизированные насаждения, кадастровый учёт земель, космический снимок, дешифрирование, таксационная характеристика.

FEATURES OF RESTORATION OF THE CHARACTERISTICS OF RECYCLED PLANTINGS BY THE METHOD OF STUDYING ANALOG OBJECTS

M.T. Serikov

Voronezh State University of Forestry and Technologies named after G.F. Morozov,
Voronezh, Russia, e-mail: serikovmt@gmail.com

Abstract. Using the example of fully utilized plantings with the uprooting of stumps and the layout of the earth's surface, the option of restoring their taxation characteristics is outlined. The possibilities of using forest management materials, cadastral land registration, satellite images taken before illegal logging and after its implementation with contour and analytical image decoding in combination with field work on the taxation of analog stands are considered.

Keywords: Recycled plantings, cadastral registration of lands, satellite image, decoding, tax characteristics.

При расследовании нарушений и преступлений в лесной сфере часто объектом исследований становятся полностью утерянные (уничтоженные или утилизированные) элементы леса в результате незаконных рубок. Такого рода лесонарушения чаще имеют место

при плановом строительстве линейных объектов, так как происходит относительно быстрое освоение их территории на отдельных участках с полной утилизацией лесных насаждений, с раскорчёвкой пней и сплошной планировкой поверхности земли, часто с дополнительной насыпкой грунта и других материалов. У производителя работ может складываться ложное представление о том, что после завершения им этих этапов работ невозможно оценить нарушения, умышленно допущенные им при полной утилизации элементов леса. В результате им допускаются лесонарушения или преступления.

Для их доказывания требуются специальные познания, которые не относятся к числу общедоступных и массово распространенных, иными словами, такие познания, которыми обладают только эксперты [1]. Экспертиза – это канал, через который достижения науки, техники, искусства и ремесла внедряются в следственную и судебную практику, обслуживая её потребности в доказывании.

Задача эксперта – достоверно восстановить характеристики полностью утилизированных насаждений или отдельных деревьев методом исследования аналоговых объектов. При этом необходимо исключить тождественные растущие объекты. Исследуются аналоговые не срубленные деревья или древостои, только полностью адекватные срубленным по количественным (валидация) и качественным (верификация) параметрам [2], и в количестве, обеспечивающем статистическую достоверность получаемых выводов.

При производстве экспертиз в лесной сфере обязательно использование общедоступных материалов лесоустройства, документов лесного планирования и, главное, – обязательное проведение натурного эксперимента с должным оформлением его результатов.

Деятельность экспертов при производстве экспертных исследований относится к криминалистической деятельности наряду с работой следователей, прокуроров, дознавателей. Судебные экспертизы должны решать специальные задачи криминалистики применительно к лесной сфере:

- а) разрабатывать новые и модернизировать имеющиеся технико-криминалистические методы и средства;
- б) совершенствовать тактические приёмы, методики расследования отдельных видов преступлений, методики экспертных исследований и т. д.

Поэтому, будучи специфической юридической наукой, криминалистика для решения своих задач применяет различные методы научного познания. Под методом обычно понимается способ подхода к действительности, исследования явлений, ведущий к достижению поставленной цели. Методы криминалистики представляют собой систему общенаучных и специальных методов, которые применяются в единстве и взаимосвязи, поскольку любой специальный метод представляет специфическую комбинацию общенаучных. Экспертам нельзя обойтись и без формально-логических методов познания (анализ, синтез, формализация, абстрагирование, гипотеза, индукция, дедукция, аналогия, конкретизация и др.) [3].

К общенаучным методам, которые должны применяться в экспертной деятельности в лесной сфере, относятся: наблюдение, описание, сравнение, измерение, эксперимент, моделирование, математические и кибернетические методы, системный анализ.

Основой применения математических методов являются измерения, предназначенные для установления количественных характеристик свойств лесных объектов, пространственных и временных отношений между ними. Достоверность результатов этих исследований часто повышается применением материалов дистанционного зондирования Земли, дешифрированием изображений снимков с компьютерной их обработкой (рис. 2 и 3). Но главным источником достоверной количественной и качественной информации об объекте является натурный эксперимент. Эксперимент (опыт, испытание) – воспроизведение явлений в заданных натуральных условиях для выяснения их природы и сущности, особенностей процесса развития.

Моделирование. Сущность метода в общих чертах состоит в замене объекта познания моделью и её анализе с последующим распространением полученных результатов на сам объект. Модель – специально созданный (подобранный) аналог предмета, системы, способный их замещать в процессе научной экспертной деятельности. В экспертной деятельности моделирование применяется при изучении уничтоженных или утилизированных элементов, например, размеров вырубленных стволов. Частным случаем моделирования является реконструкция, то есть воспроизведение (в первоначальном виде) какого-либо участка однородных насаждений, полностью или частично уже не существующих в результате их вырубki и планировки территории, по его таксационным описаниям и дешифрированию изображений ранних космических снимков или не вырубленным остаткам.

Пример такой реконструкции представлен в настоящей статье и проиллюстрирован на рисунках 1-3.

К началу исследований, проведённых в 2022 г., на землях лесного фонда площадью 3,5 га подрядчиком работ при строительстве линейного объекта были полностью утилизированы лесные насаждения, включая пни деревьев (рисунок 1). Предстояло достоверно восстановить таксационную характеристику незаконно вырубленных древостоев для оценки причинённого рубкой вреда.



Рисунок 1 – Общий вид территории в 2022 г. с полностью утилизированными в 2020 г. элементами насаждений, раскорчёвкой пней и планировкой территории

Экспертные работы осложнялись отсутствием достоверных таксационных описаний, так как последнее лесоустройство проводилось за 20 лет до исследований, актуальными оставались лишь границы квартала на лесоустроительном планшете 2003 г. и однородных участков леса, частично вырубленных в 2020 г. Благодаря этому представилась возможность определить методом контурного дешифрирования изображений космических снимков границы лесотаксационных выделов, частично вырубленных в 2020 г., а также не затронутых рубкой этих однородных участков леса (рисунок 2), которые использовались как аналоги для определения таксационной характеристики вырубленных насаждений.

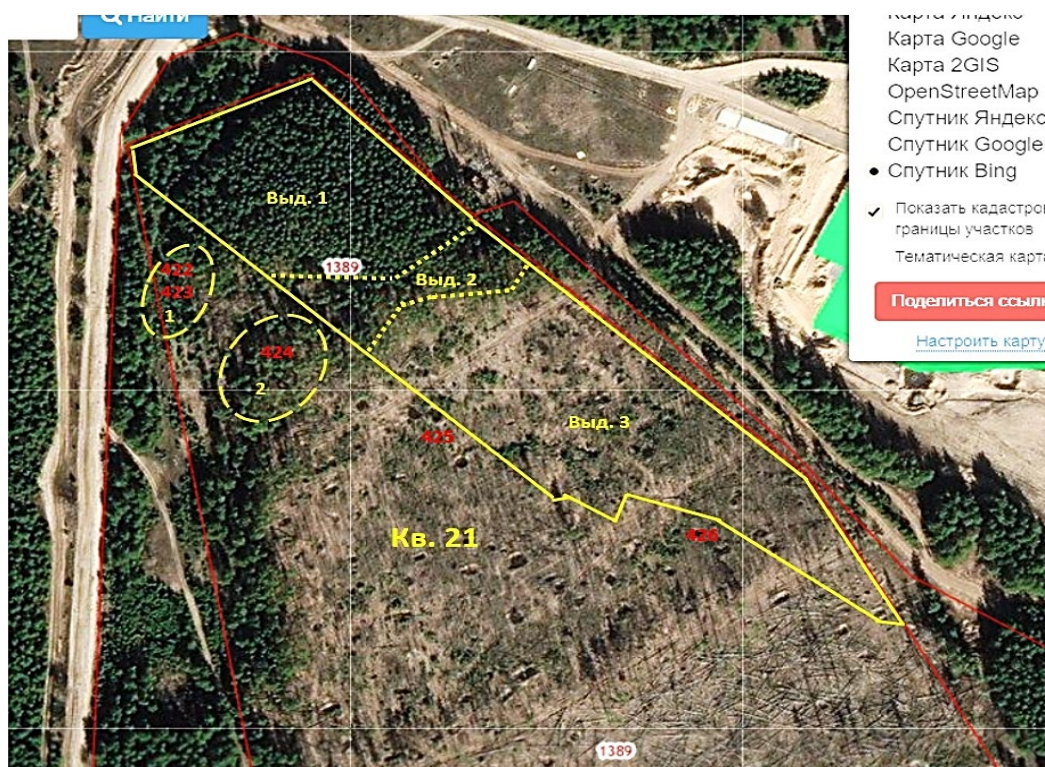


Рисунок 2 - Фотоабрис незаконной рубки 2020 г. лесных насаждений в кв. 21 на репродукции космического снимка, выполненного до рубки насаждений:

- — — — — границы лесного квартала и земельного участка с кадастровым номером 1389 внутри него;
- — — — — границы незаконной вырубki внутри участка с кадастровым номером 1389 (изображение до её производства в 2020 г. – см. рисунок 3);
- — — — — обозначение мест выборочной глазомерно-измерительной таксации 19.10.2022 г. растущих сосновых насаждений, аналоговых субленным;
- — границы однородных участков леса, вырубленных в 2020 г., – результат дешифрирования изображения космического снимка;
- 422-426** – номера точек геопозиционирования пунктов таксации растущих насаждений

Для достоверного определения границ лесного квартала и незаконной вырубki в нём использованы данные кадастрового учёта земельного участка лесного фонда и, главное, – установить категорию земель и их назначение. Границы незаконной лесосеки были перенесены на фотоабрис рисунка 2 с космического снимка, выполненного в 2021 г., после

проведения рубки, где они чётко дешифрируются по факту её выполнения (рисунок 3).

В результате было установлено, что сплошная незаконная рубка 2020 г. была проведена в частях выделов 1, 2 и 3 квартала 21 (рисунок 3), позволило определить их площадь и общую площадь вырубki. Кроме того, это предоставило возможность в 2022 г. определить места заложения пунктов натурной таксации в аналоговых растущих насаждениях (рисунки 2 и 3) и по её результатам получить полную достоверную характеристику незаконно вырубленных в 2020 г. насаждений с поправкой на двухлетний прирост этих древостоев.



Рисунок 3 - Фотоабрис незаконной рубки 2020 г. лесных насаждений в кв. 21 на репродукции космического снимка 2021 г., выполненного после вырубki насаждений:

— — — — — границы лесного квартала и земельного участка с кадастровым номером 1389 внутри него;

— — — — — границы незаконной вырубki внутри участка с кадастровым номером 1389 (изображение после её производства в 2020 г.);

— — — — — обозначение мест выборочной глазомерно-измерительной таксации 19.10.2022 г. растущих сосновых насаждений, аналоговых срубленным;

..... — границы однородных участков леса, вырубленных в 2020 г., — результат дешифрирования изображения снимка на рисунке 2;

422-426 — номера точек геопозиционирования пунктов таксации растущих насаждений

Выводы по результатам исследований

Для восстановления характеристики полностью утилизированных насаждений необходимо использовать, в первую очередь, имеющиеся материалы лесоустройства.

При отсутствии или их недостоверности из-за давнего проведения лесоустройства (как в рассматриваемом примере) были использованы материалы кадастрового учёта земельных участков, позволившие установить категорию земель и их назначение.

Обязательным атрибутом для определения таксационной характеристики полностью утилизированных насаждений явилось использование изображений космических снимков, выполненных до рубки насаждений и после её проведения. Это позволило методом аналитического дешифрирования определить конфигурацию выделов до рубки, установить, какие их части вырублены, определить площадь вырубки и вырубленных однородных участков леса. Кроме того, удалось определить места произрастания аналоговых не срубленных частей древостоев.

В случае вырубки насаждений всего выдела по результатам дополнительного дешифрирования изображения рядом произрастающих насаждений и дополнительного натурного их обследования возможен достоверный подбор аналоговых растущих насаждений.

По результатам натурной таксации аналоговых растущих насаждений была определена полная таксационная характеристика вырубленных насаждений. В конечном итоге была получена достоверная оценка величины вреда, причинённого незаконной рубкой насаждений.

Список литературы

1. Сериков, М.Т. Основы проведения лесоводственно-экологических экспертиз. Учебное пособие [для обучающихся по направлению подготовки магистров 35.04.01 – Лесное дело] / М.Т. Сериков; Минобрнауки России, ФГБОУ ВО «ВГЛТУ им. Г.Ф. Морозова». – Воронеж, 2017. – 62 с. – Текст : электронный - [e.lanbook.com>book/102259?category=43751](http://e.lanbook.com/book/102259?category=43751).
2. Сериков, М.Т. Основы математического моделирования в лесоустройстве. Учебное пособие / М.Т. Сериков; Минобрнауки России, ФГБОУ ВО «ВГЛТУ им. Г.Ф. Морозова». – Воронеж, 2021. – 107 с. – Текст : электронный – ЭБС ВГЛТУ.
3. Тяжкова, И.М. Экологические преступления // Курс уголовного права. Особенная часть : учебник для вузов / Под ред. проф. Г.Н. Борзенкова и проф. В.С. Комиссарова. – М., 2002. – С. 34. – Текст: непосредственный.

References

1. Serikov, M.T. Fundamentals of forestry and environmental expertise. Training manual [for students in the field of master's degree 35.04.01 – Forestry] / M.T. Serikov; Ministry of Education and Science of Russia, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education named after G.F. Morozov. Voronezh, 2017. 62 p. – Text : electronic - [e.lanbook.com>book/102259?category=43751](http://e.lanbook.com/book/102259?category=43751).
2. Serikov, M.T. Fundamentals of mathematical modeling in forest management. Textbook / M.T. Serikov; Ministry of Education and Science of the Russian Federation, VGLTU named after G.F. Morozov. Voronezh, 2021. – 107 p. – Text : electronic – EBS VGLTU.
3. Tyazhkova, I.M. Environmental crimes // Course of criminal law. Special part : textbook for universities / Edited by prof. G.N. Borzenkov and prof. V.S. Komissarov, Moscow, 2002, p. 34. Text: direct.

ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ И ЛЕСНОЙ ФОНД МКУ «ТОЛЬЯТТИНСКОЕ ЛЕСНИЧЕСТВО»

В.Б. Троц, Н.М. Троц

Самарский государственный аграрный университет, г. Кинель,
Россия, e-mail: dr.troz@mail.ru

Аннотация. Приводятся сведения о природно-климатических условиях и лесном фонде Тольяттинского лесничества, занимающего площадь 8020 га в среднем течении р. Волга. Климат территории – умеренно-континентальный. Породный состав насаждений в основном представлен сосной обыкновенной с классом бонитета Ia-II, и относительной полнотой 0,6-0,7 единиц. Преобладающий тип лесорастительных условий - A₁, B₁, C₂ и D₂.

Ключевые слова: лесничество, сосна обыкновенная, класс бонитета, лесные земли, дуб черешчатый, полнота насаждения, лесорастительные условия.

ECOLOGICAL FEATURES AND FOREST FUND OF MCU "TOLYATTI FORESTRY"

V.B. Trots, N.M. Trots

Samara State Agrarian University, Kinel, Russia, e-mail: dr.troz@mail.ru

Annotation. Information is provided on the natural and climatic conditions and the forest fund of the Tolyatti forestry, which covers an area of 8,020 hectares in the middle reaches of the Volga River. The climate of the territory is temperate continental. The species composition of the plantings is mainly represented by common pine with a bonit class Ia-II, and a relative abundance of 0.6-0.7 units. The prevailing type of forest conditions are A₁, B₁, C₂ and D₂.

Keywords: forestry, common pine, bonita class, forest lands, oak petiolate, fullness of planting, forest conditions.

Введение. Одной из форм территориального управления в лесном хозяйстве является лесничество. В соответствии с действующим Лесным Кодексом лесничества создаются на землях лесного фонда, землях населенных пунктов, где имеются леса, а также особо охраняемых природных территориях и других землях с расположением лесных насаждений. В Самарской области леса занимают сравнительно небольшую площадь - около 700 тыс. га,

что составляет не более 12,6% от территории региона. Для рационального хозяйствования в имеющихся лесах их своевременного восстановления и охраны от самовольных порубок, болезней, вредителей и пожаров в регионе создано 17 территориальных лесничеств, причем одно из них организовано сравнительно недавно и расположено на землях городского округа Тольятти, однако каких-либо сведений об этом предприятии в открытой печати относительно мало [1, 2].

Цель исследований. Выявить природно-климатические условия, особенности организации территории и лесного фонда МКУ «Тольяттинское лесничество».

Условия, материалы и методы. Полевые исследования лесного фонда лесничества проводились нами в летние периоды 2023-2024 годах. До этого были изучены и проанализированы материалы зональной метеорологической станции «МС Тольяттинская», лесоустроительные документы, выполненные в 2013 году Федеральным государственным унитарным предприятием «Рослесинфорг» филиал ФГУП «Рослесинфорг» «Поволжский леспроект», материалы лесохозяйственного регламента Тольяттинского лесничества, утверждённого приказом Министерства лесного хозяйства, охраны окружающей среды и природопользования Самарской области от 31 июля 2018, материалы размещенные на официальном сайте Министерство лесного хозяйства, охраны окружающей среды и природопользования Самарской области. В статью также включены результаты наших исследований, полученные при выполнении хоздоговорных работ по разработке проекта на противопожарное обустройство территории Тольяттинского лесничества [3, 4, 5].

Результаты и обсуждения. МКУ «Тольяттинское лесничество» создано приказом Рослесхоза № 435 от 30 декабря от 2008 года, на землях г. о. Тольятти Самарской области занятых городскими лесами. Этим же приказом установлены границы лесничества. Общая площадь лесничества на 1.01.2022 года равна 8020 га. В его состав входят два участковых лесничества, это одноименное - Тольяттинское и Васильевское с площадью земель, соответственно 5378 га и 2601 га. Вся территория лесничества разбита на 113 кварталов со средней их площадью 71 га и средним размером выдела 2,7 га.

Географически, лесничество находится в северо-западной части Самарской области и практически со всех сторон граничит с землями городской черты г.о. Тольятти, лишь в небольшой части - на юге оно примыкает к приплотинному участку Куйбышевского водохранилища. Его территория простирается с запада на восток на 24,4 км, а с юга на север – на 11,3 км.

Все леса лесничества являются защитными. В лесных массивах запрещена всякая промышленная заготовка древесины, однако в них могут проводиться рубки ухода и санитарные рубки, можно заготавливать и собирать не древесные ресурсы леса, пищевые и лекарственные растения, заниматься научно-исследовательской, и образовательной деятельностью, использовать их для рекреации, выращивания лесных плодовых, ягодных, декоративных и лекарственных растений. На части территорий, согласно лесохозяйственному регламенту лесничества, разрешено создание лесных плантаций и их эксплуатация.

По территории лесничества проходит около 98,1 км различных дорог, большая их часть это автомобильные – 97,4 км и только 0,7 км это железнодорожные пути, которые не могут оказать существенного значения в вывозе лесохозяйственной продукции или в переброске

противопожарных поездов. Основная часть имеющихся дорог грунтовые – 90,6%. На долю дорог с твердым покрытием приходится только 6,8 км. Средняя протяжённость дорожной сети составляет около 14,0 километров на 1 тыс. га лесной площади.

Рельеф территории лесничества определяется ее нахождением в Среднем Заволжье - части Русской равнины, на левом (низком) берегу реки Волга, в основном на поверхности IV (Хазарской) и V (Бакинской) надпойменных террас. На всей площади хорошо развит микрорельеф, который выражен в форме западин и повышений. А вся местность имеет понижение в западном направлении - в сторону Куйбышевского водохранилища. Почвообразующими горными породами являются древнеаллювиальные желто-бурые и бурые пески, перекрытые с поверхности суглинками. Образовавшийся почвенный покров представлен черноземом типичным остаточного лугового, среднесуглинистого механического состава. Средняя мощность гумусового горизонта составляет 40-50 см. Реакция почвенного раствора черноземных почв близка к нейтральной (рН 6,5-7,0). В лесничестве встречаются и серые лесные, а также дерновые почвы, как правило, легкого механического состава.

Согласно природному районированию Самарской области, территория Тольяттинского лесничества расположена во втором агроклиматическом районе, для которого характерны континентальные климатические условия с умеренным и часто неустойчивым увлажнением, преобладание ясных малооблачных дней, жаркое и сухое лето, холодная и сравнительно малоснежная зима, интенсивно протекающая весна с большой вероятностью возврата заморозков и продолжительная осень [6].

По многолетним данным ближайшей к лесничеству метеостанции (МС Тольяттинская), гидротермический коэффициент (ГТК - отношение количества осадков за вегетационный период к сумме температур выше 10°C) в зоне землепользования лесничества равен 0,8-0,9. В соответствии с существующей классификацией (Г.Т. Селянинов), условия естественного увлажнения территории можно характеризовать как недостаточные и даже засушливые [7].

Климат района расположения лесничества является типичным для Среднего Поволжья. Среднегодовая температура воздуха составляет +3,8 °C, при этом ее максимальные значения могут повышаться до +39°C (в июле), а минимальные опускаться до -46°C (в январе). Число дней с температурой выше 0°C равно 227, а с температурой больше +5°C и +10°C, соответственно – 190 и 156 дней. Сумма температур выше +10°C (активных) составляет 2510°C. Длительность вегетационного периода равна 164 дня, а средняя относительная влажность воздуха - 73%.

За год на территории лесничества выпадает около 492 мм атмосферной влаги. При этом ее приход за вегетационный период варьирует от 200 до 240 мм. Запасы продуктивной влаги в метровом слое почвы весной, перед началом лесовосстановительных работ, составляют в среднем 150 мм, а осенью, перед посевом семян древесных и кустарниковых видов в лесном питомнике, около 110 мм.

Окончательный зимний снежный покров устанавливается 21 ноября. Его высота в январе-феврале достигает 40-45 см, а его полный сход отмечается 7 апреля. Промерзание почвы может происходить до 130 см. Наступление физической спелости пахотного горизонта почвы приходится в среднем на 21 апреля. Из-за неравномерного распределения осадков в вегетационный период, повторяемость засух наблюдается через каждые 2-3 года.

Периодически через каждые 5-10 лет повторяются продолжительные засухи, которые особенно губительно действуют на лесной биоценоз.

Характерным для ветрового режима является преобладание зимой юго-западных и южных ветров. В апреле и мае часто дуют юго-восточные ветра приносящие сухие и нагретые воздушные массы из Среднеазиатских пустынь. В летний период основное движение воздуха идет с северо-западных и западных направлений. Сильные зимние ветры могут почти полностью сносить снег в овраги и долины, создавая угрозу подроста древесных пород и нарушая режим увлажнения почв при его таянии весной. Среднегодовая скорость ветра равна 3,9 м/сек.

К особенностям климата относятся и частые зимние оттепели, а также весенние возвраты холодов. Но в целом климатические условия района расположения лесничества относительно благоприятны для произрастания основных древесных и кустарниковых пород умеренной зоны.

Основным водоносным горизонтом на территории лесничества являются водонасыщенные глинисто-песчаные породы, которые пополняется влагой за счёт фильтрации с поверхности, а также обратной фильтрации из Куйбышевского и Саратовского водохранилища. При этом грунтовые воды залегают достаточно глубоко, на отметках от 15 м до 45 м и только в одном месте - на северо-западе Центрального района города Тольятти они выходят на поверхность в естественном понижении рельефа, образуя небольшое озеро. Открытые водные источники представлены несколькими, искусственно созданными, водоемами и лиманами. В северо-восточной части территории лесничества находятся Васильевские озера, являющиеся старицей Волги и могут служить противопожарным источником [8, 9].

Большая часть территории лесничества, или 87% от общей площади составляют лесные земли, из которых 4234, или 53 % покрыты лесной растительностью, в том числе 771, га – искусственно созданными лесами. Доля земель не покрытая лесной растительностью составляет почти 2744 га, в основном это санитарные вырубki и горельники. На нелесные земли приходится 1001 га, это дороги, просеки, болота, и прочие земли.

Лесной фонд лесничества достаточно разнообразен. Породный состав и таксационные характеристики древостоев лесничества обусловлены имеющимися лесорастительными условиями, а так же хозяйственной деятельностью лесничества и месторасположением лесов. Основная часть лесных насаждений представлена хвойными и твердолиственными породами видами в основном сосной обыкновенной и дубом черешчатым. Их доля в древостоях равна соответственно 61,0% и 26,9% от общей площади. При этом большая доля хвойных насаждений являются средневозрастными, а так же спелыми и перестойными древостоями, соответственно 20,0% и 26,2%. На молодые хвойные насаждения приходится не более 5,7% от всей имеющейся площади лесов. Твердолиственные древостои также в преобладающем числе относятся к группам спелых и перестойных насаждений с возрастом более 100-140 лет. Их присутствие негативно влияет на пожарную обстановку, в таких насаждениях возможны ранние весенние и позднеосенние низовые пожары, обусловленные возгоранием опавшей листвы. Мягколиственные древостои имеют более равномерное распределение по группам возраста, к тому же их доля в лесном фонде сравнительно не велика и составляет всего 12,1 %

от общей площади. Однако их присутствие позволяет снизить риски возникновения лесного пожара, поэтому при проектировании противопожарных мероприятий это необходимо учитывать.

Проведенными таксационными исследованиями установлено, что средний возраст сосны обыкновенной (*Pinus sylvestris*), произрастающей в лесничестве, составляет 98 лет, дуба черешчатого (*Quercus robur*) - 76 лет, вяза обыкновенного (*Ulmus laevis*) – 99 лет, ясеня обыкновенного (*Fraxinus excelsior*) – 78 лет, а березы повислой (*Betula pendula*) - 54 года. Средний возраст осины обыкновенной (*Populus tremula*) равен 32 годам, а липы мелколистной (*Tilia cordata*) - 75 годам.

Известно, что комплексным показателем продуктивности насаждения и его соответствие лесорастительных условий является показатель бонитета. Чем выше класс бонитета древостоя, тем больше лесорастительные условия удовлетворяют требованиям той или иной породы. Установлено, что хвойные породы на территории лесничества формируют древостои преимущественно I и II классов бонитета, это означает, что условия их местопроизрастания наиболее полно отвечают требованиям данных древесных видов. Твердолиственные насаждения в основном представлены древостоями III и IV классов бонитета, а мягколиственные соответствуют II и III классом. В лесничестве имеются и высокопроизводительные сосновые древостои Ia-Iб классов бонитета, причем их площадь достигает 43,2-58,6% от всех имеющихся сосняков.

Анализ данных по приростам сырорастающей древесины в год на 1 га лесопокрытой площади показал, что в среднем этот показатель по лесничеству равен 3,3 м³. Причем у сосны обыкновенной он составляет 3,8 м³, у липы мелколистной - 3,1 м³/га, а у остальных мягколиственных пород он равен в среднем 2,7 м³/га. Средний прирост запаса древесины вяза обыкновенного и ясеня обыкновенного находится в пределах 2,3-2,5 м³/га, а дуба низкоствольного - 1,9-2,2 м³/га.

Исследованиями установлено, что средняя полнота насаждений в лесничестве равна 0,6 единицам, причем для хвойных пород этот показатель находится в пределах 0,6-0,7 единиц. Для твердолиственных и мягколиственных пород он равен 0,5-0,6 единицам. Доля лесных насаждений, имеющих относительную полноты 0,8 единиц и выше, в лесничестве не велика и составляет всего 4,9% от всех покрытых лесом земель. Однако количество низкополнотных насаждений, с показателем относительной полноты 0,3-0,4 равна более 15%. Сравнительно невысокая средняя полнота насаждений во многом обусловлена хозяйственной деятельностью человека в лесах лесничества и в первую очередь высокой рекреационной нагрузкой, а также техногенным влиянием промышленных предприятий города Тольятти на окружающую среду.

Выявлено, что хвойные древостои лесничества характеризуются практически чистым составом, с примесью лиственных пород не более 2-х единиц, в основном березы повислой и осины обыкновенной. Породный состав лиственных насаждений более разнообразен. Среди мягколиственных лесов встречаются березняки с примесью сосны обыкновенной, осины обыкновенной и липы мелколистной, а также осинники и липняки с примесью тех же пород. Так же в составе насаждений единично встречаются клен остролистный, вяз обыкновенный, ясень обыкновенный, тополь черный, ивы, ольха черная и другие породы. Твердолиственные леса представлены преимущественно смешанными дубравами в составе дуба черешчатого,

липы мелколистной, клена остролистного, березы повислой и т.д. Доля сырораствующей дубовой древесины в них варьирует от 50% до 90% от общего запаса. Дубравы в большинстве случаев приурочены к пойменным террасам Волги, которые определяют и их породный состав и особенности роста и развития.

Наиболее распространёнными хвойными типами леса в лесничестве являются сосняки травяные, сосняки мшистые, сосняки разнотравные, сосняки дубовые. В пониженных местах рельефа встречаются сосняки осоковые и сосняки болотно-травяные. Из лиственных типов леса преобладают различные виды дубняков, это в основном снытьевые, мятликовые, и волосисто-осоковые леса. На верхних участках речной поймы встречаются байрачные и пакленовые дубняки. Осинники и березняки лесничества в своем большинстве так же приурочены к травяным, злаковым и дубовым типам леса. В общей сложности на долю травяных типов леса приходится более 88 % земель покрытых лесной растительностью. На долю ольшанников, ветляльников и ивняков приходится не более 4,5% от имеющихся лесов.

Анализ данных имеющихся лесорастительных условий и распределения древесных пород по местам обитания показал, что большая часть сосняков лесничества формируются в условиях сухих и свежих боров (A_1 и A_2), а так же в условиях свежих суборей (B_2) и сураменей (C_2). Сравнительно небольшая доля сосняков произрастает и в очень сухих (B_0) и сухих условиях суборей (B_1). В таких насаждениях наиболее опасен риск возникновения лесных пожаров, а их распространение может происходить с большой скоростью. При этом лесовосстановление в сухих местах обитания значительно усложняется.

Дуб в лесничестве чаще всего приурочен к сухим и достаточно плодородным почвам ряда C_1 , а также свежим и влажным плодородным почвам дубрав (D_2 , D_3). Довольно значительные площади дубовых насаждений встречаются и в условиях свежей субори (B_2). Мягколиственные породы произрастают в различных типах лесорастительных условий, однако больше всего их встречается в свежих местах обитания ряда C_2 и D_2 . Имеющиеся избыточно увлажненные земли зарастает осинной, тополем, ивами, ольхой и другими сопутствующими породами, но их площадь не значительна.

Выводы. Исследованиями выявлено, что территория Тольяттинского лесничества расположена в умеренно-континентальном климате лесостепной зоны северо-западной части Самарской области на правом берегу реки Волга и непосредственно примыкает к г.о. Тольятти и Куйбышевскому водохранилищу. Его общая площадь сравнительно небольшая и равна 8020 га, при этом 87% из них приходится на лесные земли. В силу особенностей древней геологической деятельности и руслообразования реки Волги большая часть почв лесничества имеет легкий механический состав на которых сформировались сосновые леса, занимающие около 61,0% от всех имеющихся насаждений. Наряду с сосной обыкновенной в лесничестве встречаются порослевые дубравы, березняки и осинники в виде смешанных древостоев различного состава. Их основные таксационные показатели находятся в пределах средних значений, характерных для лесов умеренной зоны и во многом определяются почвенно-климатическими условиями территории, хозяйственной деятельностью лесничества и антропогенной нагрузкой промышленных предприятий города Тольятти.

Список литературы

1. Лесной кодекс Российской Федерации от 04.12.2006 N 200-ФЗ (ред. от 29.12.2022). - URL: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_64299/ (дата обращения 10.02.2025 г.).
2. Троц В.Б. Продуктивность насаждений сосны обыкновенной в различных лесорастительных условиях / В.Б. Троц // Лесное хозяйство актуальные проблемы и пути их решения. Сборник научных статей по материалам Всероссийской (национальной) научно-практической конференции. - Нижний Новгород, 2022. – С. 59-64.
3. Материалы лесоустройства, выполненные Федеральным государственным унитарным предприятием «Рослесинфорг» филиал ФГУП «Рослесинфорг» «Поволжский леспроект». – Нижний Новгород, 2013.
4. Лесохозяйственный регламент Тольяттинского лесничества, утверждённого приказом Министерства лесного хозяйства, охраны окружающей среды и природопользования Самарской области от 31 июля 2018.
5. Министерство лесного хозяйства, охраны окружающей среды и природопользования Самарской области. - URL: samregion.ru/authorities/. (дата обращения 18.02.2023 г.).
6. Город Тольятти. - URL: https://www.zharar.com/rus/sbornik_referat/12274 (дата обращения 10.02.2025 г.).
7. Гидротермический коэффициент увлажнения Селянинова. - URL: <https://ru.wikipedia.org/wiki> (дата обращения 29.02.2025 г.).
8. Троц В.Б. Лесохозяйственная характеристика естественных и искусственных насаждений сосны обыкновенной / В.Б. Троц, Н.М. Троц // Разнообразие и устойчивое развитие агробиоценозов Омского Прииртышья. Материалы Всероссийской (национальной) конференции. - Омск, 2022. – С. 208-213.
9. Природные условия Самарской области. - URL: <https://lektsia.com/2x1120.html> (дата обращения 09.03.2025 г.).

References

1. "Forest Code of the Russian Federation" dated 04.12.2006 N 200-FZ (as amended on 29.12.2022). - URL: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_64299/ / (accessed 02/10/2025).
2. Trots V.B. Productivity of stands of Scots pine in various forest conditions / V.B. Trots // Forestry actual problems and ways to solve them. Collection of scientific articles based on the materials of the All-Russian (national) scientific and practical conference. Nizhny Novgorod, 2022. pp. 59-64.
3. Forest management materials made by the Federal State Unitary Enterprise Roslesinforg, a branch of FSUE Roslesinforg, Volga Forestry Project. Nizhny Novgorod, 2013.
4. Forestry Regulations of the Tolyatti Forestry Department, approved by the order of the Ministry of Forestry, Environmental Protection and Nature Management of the Samara Region dated July 31, 2018.
5. Ministry of Forestry, Environmental Protection and Nature Management of the Samara Region. - URL: samregion.ru/authorities/. (accessed 02/18/2023).

6. The city of Tolyatti. - URL: https://www.zharar.com/rus/sbornik_referat/12274 (accessed 02/10/2025).
7. Selyaninov's hydrothermal humidification coefficient. - URL: <https://ru.wikipedia.org/wiki> (accessed 02/29/2025).
8. Trots V.B. Forestry characteristics of natural and artificial stands of Scots pine / V.B. Trots, N.M. Trots // Diversity and sustainable development of agrobiocenoses of the Omsk Irtysh region. Materials of the All-Russian (national) conference. Omsk, 2022. pp. 208-213.
9. Natural conditions of the Samara region. - URL: <https://lektsia.com/2x1120.html> (accessed 03/09/2025).

РАЗНООБРАЗИЕ ДУБОВЫХ НАСАЖДЕНИЙ ЦЕНТРАЛЬНОГО ЧЕРНОЗЕМЬЯ И ИХ ЛЕСОВОДСТВЕННО-ХОЗЯЙСТВЕННАЯ КЛАССИФИКАЦИЯ

М.П. Чернышов

Воронежский государственный лесотехнический университет имени Г.Ф. Морозова,
г. Воронеж, Россия, e-mail: lestaks53@mail.ru

Аннотация: Дубравы Центрального Черноземья из дуба черешчатого являются основной лесообразующей формацией региона. Они в разных по площади долях относятся к 5-ти категориям защитности защитных лесов и к 16-ти их разновидностям, различающимся по специфике выполняемых общественно полезных функций и целевому назначению.

Ключевые слова: Центральное Черноземье, дуб черешчатый, дубравы, разнообразие, критерии и классификационные признаки, лесоводственно-хозяйственная классификация.

DIVERSITY OF OAK PLANTATIONS IN THE CENTRAL CHERNOZEM REGION AND THEIR FORESTRY CLASSIFICATION

M.P. Chernyshov

Voronezh State University of Forestry and Technologies named after G.F. Morozov
Voronezh, Russia. lestaks53@mail.ru

Abstract. The oak groves of the Central Black Earth Region made of common oak are the main forest-forming formation of the region. They belong in different proportions by area to 5 categories of protection of protective forests and to 16 of their varieties, differing in the specifics of the socially useful functions performed and the intended purpose.

Keywords: Central Black Earth Region, common oak, oak groves, diversity, criteria and classification features, forestry and economic classification.

Введение. Все дубравы Центрального Черноземья согласно Лесному кодексу Российской Федерации [1] относятся к защитным лесам, имеющим особо ценное значение и в отношении которых устанавливается особый правовой режим использования, охраны, защиты и воспроизводства. Дуб черешчатый (*Quercus robur* L.) – одна из наиболее востребованных твердолиственных древесных лесных пород, на долю которой в лесном фонде Европейской части РФ приходится всего 3,5 млн. га.

Дуб как главная лесообразующая порода ценится одновременно и как многолетнее лекарственное, пищевое, фитонцидное, красильное, таннидоносное, кормовое, фитомелиоративное и декоративное растение.

История ведения лесного хозяйства в дубравах региона насчитывает более 350 лет [3].

Цель исследования. Разработать классификацию дубрав, выявить проблемы в сфере устойчивого управления дубовыми лесами Центрального Черноземья, их использования, охраны, защиты и воспроизводства, а также рассмотреть возможные пути решения.

Характеристика объектов и методы исследования. При проведении научных исследований в качестве основных служили обзорно-аналитические методы отраслевой статистической отчетности, экономические и экспертно-сравнительные методы, а также методы математического моделирования и прогнозирования.

Результаты исследования и их обсуждение. Сведения о динамике площади дубовых насаждений в лесном фонде Воронежской области приведены в таблице 1.

Таблица 1 – Динамика площади дубовых насаждений в Воронежской области, тыс. га

Год учета	Земли, занятые лесом	Земли, занятые насаждениями твердолиственных пород	Площадь дубовых насаждений	в том числе:	
				высокоствольных	низкоствольных
1956	209,0	133,8	121,3	40,3	81,0
1961	230,6	134,1	122,1	55,2	66,9
1966	310,9	180,1	170,1	56,2	113,9
1973	323,2	178,3	178,3	67,7	110,6
1978	332,5	181,9	169,8	69,5	100,3
1983	327,9	181,2	164,6	66,7	97,9
1993	338,5	181,0	160,0	75,6	84,4
1998	345,8	178,6	163,4	78,5	84,9
2003	375,6	190,4	174,1	80,4	93,7
2008	378,0	198,6	175,5	83,9	91,6
2010	387,3	202,8	172,1	77,1	95,0
2014	340,1	191,6	163,6	68,5	95,0
2017	339,6	191,2	163,0	67,9	95,1
2021	380,2	184,8	175,6	81,4	94,2

В настоящее время основным действующим нормативным правовым актом, согласно которому дубовые леса приводятся в известность, является «Лесоустроительная инструкция», утвержденная приказом Минприроды России от 05 августа 2022 г. №510 [2] и вступившая в действие с 1 марта 2023 г. При обосновании перечня критериев и разработке сводной классификации дубовых насаждений нами использовались не только все пригодные для их разносторонней характеристики лесоводственно-таксационные и хозяйственные признаки, предусмотренные действующей «Лесоустроительной инструкцией» [2], но и показатели, используемые для всесторонней оценки их состояния, роста и динамики, применяемые в теории и практике лесного хозяйства (таблица 2).

Из содержания таблицы 2 видно, что для получения полноценной и разносторонней характеристики встречающихся в лесном фонде Центрального Черноземья дубовых

насаждений достаточно 25 критериев, отражающих все аспекты их роста, состояния и развития.

Такой комплексный подход позволяет не только усовершенствовать действующую в регионе систему устойчивого управления дубовыми лесами, но и своевременно принимать те или иные управленческие решения по назначению и проектированию необходимых хозяйственных мероприятий и проведению их в оптимальные агротехнические сроки [3,4].

Таблица 2 – Классификационные признаки и классификация дубовых насаждений по лесоводственно-хозяйственным признакам

Классификационные признаки	Категории лесных насаждений	Классы и формы дубовых лесных насаждений	
1	2	3	
Месторасположение на местности	Нагорные, байрачные, пойменные, аренные	Согласно основам лесоводства и лесоведения	
Местоположение на элементах ландшафта	Равнинные Горные	На равнинных плато и предгорьях Низко-, средне- и высокогорные	
Положение на элементах рельефа	На пологих, покатых, крутых и очень крутых склонах	а) пологие - до 10 градусов; б) покатые - 11-20 градусов; в) крутые - 21-30 градусов; г) очень крутые - свыше 30 градусов.	
Форма хозяйства	Высокоствольная Среднествольная Низкоствольная	Для получения в основном деловой древесины Для получения деловой и дровяной древесины Для получения в основном дровяной древесины	
Происхождение	Семенные Порослево-семенные Семено-порослевые Порослевые Искусственные	Доля семенных деревьев 91% и выше Доля семенных деревьев 51- 90% Доля порослевых деревьев 51-90 % Доля порослевых деревьев 91 % и выше Лесные культуры	
Состав пород	Смешанные Чистые	с долей участия дуба от 2-3 ед. до 9 ед. 10 ед.	
Полнота	Низкополнотные Среднеполнотные Высокополнотные	0,3-0,5 0,6-0,8 0,9-1,0	
Производительность (продуктивность, бонитет)	Высокопроизводительные Среднепроизводительные Низкопроизводительные	семенные	порослевые
		I и выше II-III IV и ниже	II и выше; III-IV; Va-Vб
Товарность (только для приспевающих, спелых и перестойных насаждений)	Высокотоварные Среднетоварные Низкотоварные	I класс товарности II класс товарности III класс товарности	
Группа возраста	Молодняки I и II кл. возраста Средневозрастные Приспевающие Спелые Перестойные	семенные	порослевые
		5-40 лет; 41-80 лет; 81-100 лет; 120-140 лет; 141 и старше	5-20 21-40 41-80 81-100 101-140
Возрастная структура	Одновозрастные Условно одновозрастные, Циклично разновозрастные, Разновозрастные	разница возраста древесных пород в древостое не превышает один класс возраста; разница в возрасте древесных пород в древостое два и более класса возраста	
Наличие естественного возобновления	Не-, мало-, средне- и обеспеченные подростом	Согласно Лесоустроительной инструкции	
Санитарное состояние	Без признаков ослабления, ослабленные, сильно ослабленные, усыхающие и погибшие	Согласно Правилам санитарной безопасности	
Устойчивость к вредным организмам	Высокая, средняя и низкая	Согласно нормативам лесо- и фитопатологии	

Окончание таблицы 2

1	2	3
Селекционная ценность	Плюсовые Нормальные Минусовые	Согласно селекционным нормативам
Степень освоённости хозяйственными мероприятиями	Не освоённые Малоосвоённые Среднеосвоённые Освоённые	Согласно Лесоустроительной инструкции (высокая, выше средней, средняя, ниже средней и низкая)
Хозяйственная доступность	Не доступные Мало доступные Средне доступные Доступные	Согласно нормативам транспортной доступности (км на 1000 га земель лесного фонда)
Транспортная доступность	Слабая, средняя и высокая	Согласно лесоводственной типологии
Тип лесорастительных условий (ТЛУ)	Очень сухие, сухие, свежие и влажные	Согласно лесоводственной типологии
Биологическое разнообразие	Низкое Среднее Высокое	Согласно нормативам биологического разнообразия

Реструктуризацию породного состава и оптимизацию размещения дубовых лесов региона целесообразно разделить на 5 разных по продолжительности этапов, а именно: подготовительный, аналитический, проектный, основной производственный и заключительный.

Подготовительный этап оптимизации породного состава и размещения дубовых лесов включает сбор обширного массива данных, характеризующих современное состояние (площади и запасы древесины, распределение их по классам и группам возраста, по происхождению и формам хозяйства и т.д.) и распространение лесов на следующих иерархически соподчиненных административно-территориальных уровнях (рисунок 1).

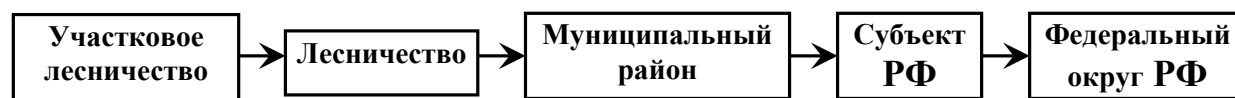


Рисунок 1 – Алгоритм оптимизации территориального размещения лесов на административно-территориальных уровнях

Одновременно по материалам последнего лесоустройства и данным по выделной таксации имеющихся лесов, содержащих лесоводственно-таксационные характеристики лесных земель в каждом участковом лесничестве, делается выборка выделов как с уже имеющимися насаждениями ценных пород, так и выделов, пригодных для их выращивания, включая выделы, входящие в хозсекции мягколиственных древесных пород и кустарников, а также все категории малоценных лесных насаждений реконструкции. При этом массивы баз данных группируются по следующим четырем лесоводственно-хозяйственным уровням (рисунок 2).

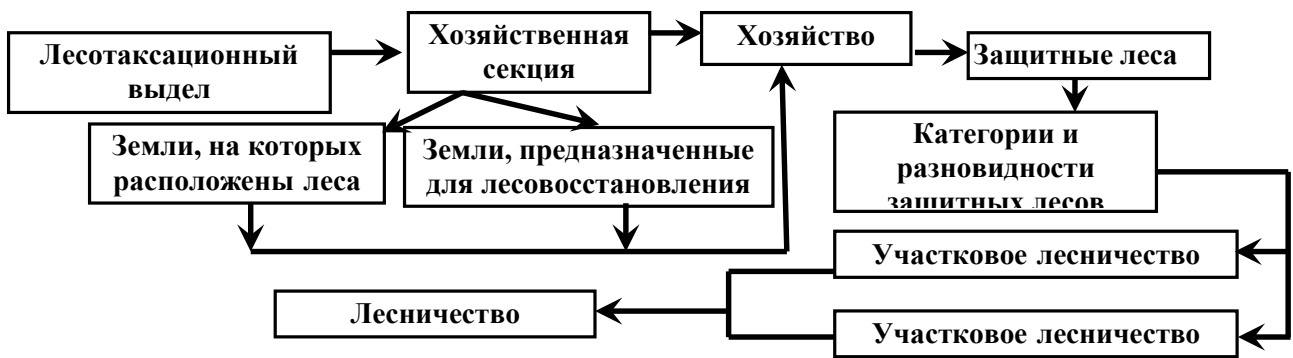


Рисунок 2 – Алгоритм оптимизации территориального размещения дубовых лесов в границах лесничеств на лесоводственно-хозяйственных уровнях

На следующем аналитическом этапе, включающем элементы имитационного моделирования, прогнозирования, оптимизации и технико-экономического обоснования целесообразности, все собранные на подготовительном этапе данные группируются в отдельные специализированные блоки с целью установления потенциальных и необходимых по лесоводственным требованиям объемов работ по реструктуризации породного состава лесов на всех административно-территориальных уровнях с учетом нормативов и положений действующей «Лесоустроительной инструкции» [2].

Кроме упомянутого выше на аналитическом этапе дополнительно осуществляется анализ пригодности действующих нормативных правовых актов, а также утвержденных в установленном порядке лесоводственных норм и требований, относящихся к устойчивому управлению, сохранению и расширенному воспроизводству дубовых лесов.

На третьем этапе осуществляется проектирование конкретных видов и объемов лесохозяйственных мероприятий с распределением площади лесотаксационных выделов по срокам их выполнения (первая, вторая и третья очереди) с учетом доступности и наличия трудовых, технических и финансовых ресурсов у лиц, использующих леса на правах аренды, постоянного (бессрочного) пользования и безвозмездного пользования.

Пятый производственный этап включает практическую реализацию мероприятий, намеченных на 10 лет в Лесных планах субъектов РФ, Лесохозяйственных регламентах лесничеств и Проектах освоения лесов лесных участков (естественное, искусственное или комбинированное лесовосстановление, реконструкция малоценных лесных насаждений, агротехнический и лесоводственный уход, рубки ухода за лесом, ландшафтные рубки, выборочные и сплошные санитарные рубки и т.д.).

Заключительный этап включает мониторинг и осуществление контроля над выполнением запроектированных мероприятий, направленных на оптимизацию территориального размещения дубовых лесов на всех иерархически соподчиненных уровнях государственного управления лесами.

Упомянутые выше этапы реструктуризации породного состава и оптимизации размещения дубовых лесов в Центральном Черноземье согласуются с общими положениями «Стратегии развития лесного комплекса Российской Федерации на период до 2030 года» и региональных целевых программ по рациональному, непрерывному и неистощительному использованию дубовых лесов, их эффективной охране, защите и устойчивому

воспроизводству. Сегодня большинство лесоводов приходят к общему мнению о том, что необходима Межрегиональная целевая программа по сохранению, воспроизводству и реструктуризации дубовых лесов. При этом процесс реструктуризации и оптимизации размещения дубрав на территории субъектов Центрального Черноземья должен начинаться с первичной учетно-хозяйственной единицы лесов – с лесотаксационного выдела и далее по возрастанию статуса лесоводственно-хозяйственных объектов с переходом на муниципальный, региональный и федеральный уровни (рисунки 1 и 2), включая цифровизацию и искусственный интеллект.

Выводы. Процесс реструктуризации породного состава и оптимизации территориального размещения дубовых лесов в Центральном Черноземье желательно начинать с проведения нового лесоустройства и натурной таксации. В ходе лесоустройства следует не только дать современную фактическую лесоводственно-таксационную и ресурсно-экологическую характеристику имеющимся дубовым насаждениям, но и выявить местоположение новых лесных участков, с лесорастительными условиями, пригодными для выращивания дуба как главной лесообразующей породы. Изменения в территориальном размещении дубовых насаждений в лесничествах следует отражать на специальных лесных тематических картах, позволяющих не только осуществлять мониторинг расширенного воспроизводства дубовых лесов в каждом из пяти субъектов Центрального Черноземья, но и сопоставлять их тенденции и сравнивать результаты в режиме реального времени.

Заключение. По предварительным прогнозам в результате реализации предложенного алгоритма оптимизации породно-возрастной структуры дубовых лесов Центрального Черноземья произойдет существенное увеличение площади насаждений дуба черешчатого и других хозяйственно ценных древесных пород, повышение их устойчивости, долговечности и продуктивности. При таком комплексном подходе площадь дубрав в регионе может быть увеличена к 2030 г. на 50-75% от занимаемой ныне ими площади.

Список литературы

1. Лесной кодекс Российской Федерации от 4 декабря 2006 г. № 200-ФЗ (с изменениями и дополнениями за 2008-2024 гг.). – URL: <http://www.rosleshoz.gov.ru>.
2. Приказ Минприроды России «Об утверждении Лесоустроительной инструкции» от 05 августа 2022 г. №510. – URL: <http://www.rosleshoz.gov.ru>.
3. Чернышов, М.П. О текущей динамике лесов Воронежской области. / М.П. Чернышов // Синтез науки и образования в решении экологических проблем современности – 2024 : Материалы Международной научно-практической конференции, посвященной Всемирному дню охраны окружающей среды. – Воронеж, 2024. - С. 80-87.
4. Чернышов, М.П. Управление воспроизводством дубрав Европейской части Российской Федерации и оптимизация их территориального размещения / М.П. Чернышов // Лесоправление, лесоустройство и лесозащита - настоящее, будущее : Материалы научно-практ. конф., Брянск, 11-13 октября 2012 г. - Брянск, 2012. -С. 49-53.

References

1. Forest Code of the Russian Federation of December 4, 2006 No. 200-FZ (with amendments and additions for 2008-2024). – URL: <http://www.rosleshoz.gov.ru>
2. Order of the Ministry of Natural Resources of Russia "On approval of the Forest Management Instructions" of August 5, 2022 No. 510. – URL: <http://www.rosleshoz.gov.ru>.
3. Chernyshov, M.P. On the current dynamics of forests in the Voronezh region / M.P. Chernyshov / Synthesis of science and education in solving environmental problems of our time - 2024 // Proceedings of the International Scientific and Practical Conference dedicated to the World Environment Day. – Voronezh, 2024. - P. 80-87.
4. Chernyshov, M.P. Management of reproduction of oak forests of the European part of the Russian Federation and optimization of their territorial distribution / M.P. Chernyshov // Forest management, forest inventory and forest protection - present, future: Proceedings scientific-practical. conf., Bryansk, October 11-13, 2012. - Bryansk, 2012. - P. 49-53.

БИОИНДИКАЦИЯ И МОНИТОРИНГ СОСТОЯНИЯ ЛЕСНЫХ ЭКОСИСТЕМ

DOI:10/58168/FECC2025_137-141

UDC 630

IMPACTS OF *EUPROCTIS CHRYSORRHOEA* ON OAK FORESTS IN ARMENIA. FEEDING BEHAVIOR, DEFOLIATION PATTERNS, AND IMPLICATIONS FOR FOREST VULNERABILITYM.A. Tigranyan¹, Y.A. Yanbaev², G.Yu. Pogosyan¹, A.M. Karapetyan¹¹Institute of Botany after A.L. Takhtajyan National Academy of Sciences of the Republic of Armenia, Yerevan, Armenia. margarita.tigranyan03.08.92@gmail.com²Bashkir State Agrarian University, Ufa, RU, yanbaev_ua@mail.ru

Abstract. Defoliation caused by larvae of the brown-tail moth (*Euproctis chrysorrhoea*) poses a significant threat to oak-dominated ecosystems in Armenia, particularly under the influence of escalating climatic stressors. This study investigates the species' feeding behavior, defoliation dynamics, and phenological shifts on degraded oak stands by integrating systematic field monitoring with historical climate data. A key finding of the research is the delayed emergence of adult moths (imagines), which appears to be strongly correlated with area's dryness.

Keywords. Oak forests, infestation, brown-tail moth, dendro entomology, Armenia.

ВОЗДЕЙСТВИЕ *EUPROCTIS CHRYSORRHOEA* НА ДУБРАВЫ АРМЕНИИ. ПИЩЕВОЕ ПОВЕДЕНИЕ, ХАРАКТЕР ДЕФОЛИАЦИИ И ВЛИЯНИЕ НА УЯЗВИМОСТЬ ЛЕСОВМ.А. Тигранян¹, Ю.А. Янбаев², Г.Ю. Погосян¹, А.М. Карапетян¹¹Институт ботаники им. А.Л. Тахтаджяна Национальной академии наук Республики Армения, г. Ереван, Армения, margarita.tigranyan03.08.92@gmail.com²Башкирский государственный университет, г. Уфа, Россия, yanbaev_ua@mail.ru

Аннотация. Дефолиация, вызванная личинками златогузки (*Euproctis chrysorrhoea*), представляет значительную угрозу для экосистем с преобладанием дуба в Армении, особенно под влиянием усиливающихся климатических стрессоров. В этом исследовании изучается пищевое поведение вида, динамика дефолиации и фенологические изменения в деградированных дубравах путем интеграции систематического полевого мониторинга с историческими климатическими данными. Ключевым выводом исследования является задержка появления взрослых особей, что, по-видимому, тесно связано с сухостью местности.

Ключевые слова. дубравы, заражение, златогузка, дендрознтомология, Армения.

This study aims to: investigate the feeding behavior of *E. chrysorrhoea* larvae during peak activity periods; finalize phenological changes in adult moth emergence compared to historical data; evaluate the influence of environmental factors, including climate change and forest degradation, on larval population dynamics. We hypothesized that larval feeding behavior and defoliation severity are closely linked to seasonal leaf quality and that recent climatic changes have shifted the phenology of *E. chrysorrhoea*, potentially intensifying its impact on oak forest health. Oak forests of Armenia provide a unique habitat for the spring and summer larvae outbreaks of *Euproctis chrysorrhoea* (Linnaeus), commonly known as the brown-tail moth. The brown-tail moth's larvae exhibit remarkable adaptations to thrive in the oak (*Quercus macranthera* H.) forests of Armenia [2]. Similar to other Lepidopteran species, these larvae are generalist feeders, consuming the leaves of various tree species. However, in Armenia, they demonstrate a strong preference for oak foliage [4]. This selective feeding behavior likely stems from the abundant availability of oak trees in the local ecosystems, as well as the nutritional suitability of oak leaves for the larvae's growth and development. Defoliation caused by insects is a major disturbance that affects tree growth. Its effects can range from altered canopy habitats and their climatic conditions to decreased forest productivity [1]. Although larvae are capable of severely scalarizing oak trees, nothing is known about how they affect the general health of the oak forests of Armenia. Since the material on previous research conducted in Armenia only covers 1977, a comparable example from other countries was chosen to identify any phenological parallels or discrepancies. A comparative analysis of studies conducted between Czech Republic, 1974 [5]; Armenia, 1977 [4]; Spain, 2010 [3]; USA, 2023, and our study on 2024 reveals notable shifts in the phenology (Table) of the insect under investigation, particularly in the timing of adult emergence as well as other life stages due to climate change, among other factors, such as forest degradation and natural enemies. When comparing adult emergence on 2024 with the data of 1977 and with the data of other countries a difference of 1-7 weeks is observed. In this work, we are providing the results of our one-year full monitoring program for *E. chrysorrhoea* development, along with a comprehensive data analysis package covering the last ten years of the forest ecosystem changes (climate change, pest epidemics, aerial sprayings).

The study was conducted in the Aragatsotn region of Armenia, encompassing parts of the Aragats, Aparan, Yerevan, and Shirak floristic regions. These forests serve protective functions and are primarily composed of low-growing oak (*Quercus macranthera* H.) and dry juniper (*Juniperus oblonga*, *J. excelsa* subsp. *polycarpus*) stands, along with other species like pear (*Pyrus salicifolia* P.), ash (*Fraxinus excelsior* L., *F. angustifolia* subsp. *oxycarpa*), barberry (*Berberis orientalis* L.), spirea (*Spiraea crenata* L.). Oak regeneration is limited, and overall forest productivity is low. The Aragats floristic region (1400–4095 m altitude) hosts 10 endemic plant species and 19 species listed in Armenia's Red Book of Plants, while the Aparan region contains 17 endemic species and 26 protected species. Compared to Shirak and Yerevan, Aragats has a lower species diversity. According to Armenia's forest growth classification, the southern slopes of Mount Aragats fall within the semi-desert and arid sparse forest zones, which are generally unfavorable for forest development. As a result, xerophytic vegetation dominates [1].

Fieldwork was conducted at a permanent monitoring site in Byurakan. A permanent plot was selected due to *E. chrysorrhoea* high activity and damage to the oak tree during the previous ten

years, as well as human availability for monitoring and checks. GPS was used for precise location tracking.

Field surveys included the following steps:

1) Winter Web Surveys (October–April): Visual inspections for silken nests in oak canopies to estimate larval overwintering density. Trees with ≥ 5 webs were classified as high-risk zones requiring intervention.

2) Larval density assessments (April–July): Weekly counts of larval density per leaf cluster and defoliation percentage were recorded using standardized scales. "Skeletonized" leaves (veins remaining) were identified as feeding evidence.

Data collection

1) Climate Data: Historical temperature and precipitation data for Amberd climate station (1938–2023) were obtained from the Hydrometeorology and Monitoring Center database.

2) Literature survey for insect phenology.

Overwintered larvae began hatching in early May 2024. Initial observations revealed several webs with some dead larvae, possibly due to cold and wet nights. Early feeding was concentrated on newly produced oak leaves (4–5 cm diameter), with 4–6 larvae per twig observed in 2nd–3rd instars. Weekly monitoring indicated staggered hatching phases with approximately 7–9 day intervals, suggesting asynchronous larval emergence. Defoliation was first detected on May 10, with larvae progressively skeletonizing leaves. Trees with ≥ 5 webs per tree showed defoliation levels exceeding 40%, confirming the threshold for high-risk classification.

The differences between delayed adult emergence in our data and those in the literature (Table) may be due to significant climate changes in the last few decades, in particular, a decrease in precipitation (Figure). According to Mirzoian [4], adult flight activity was observed from early June to late August. In contrast, studies conducted in Spain reported adult emergence occurring within a much narrower window, from late June to mid-July [3]. Our 2024 monitoring results further highlight a shift, with adult flight activity recorded from late July to early August, indicating a delayed and condensed emergence period. These findings suggest a potential influence of environmental or climatic factors driving changes in the developmental dynamics of the species.

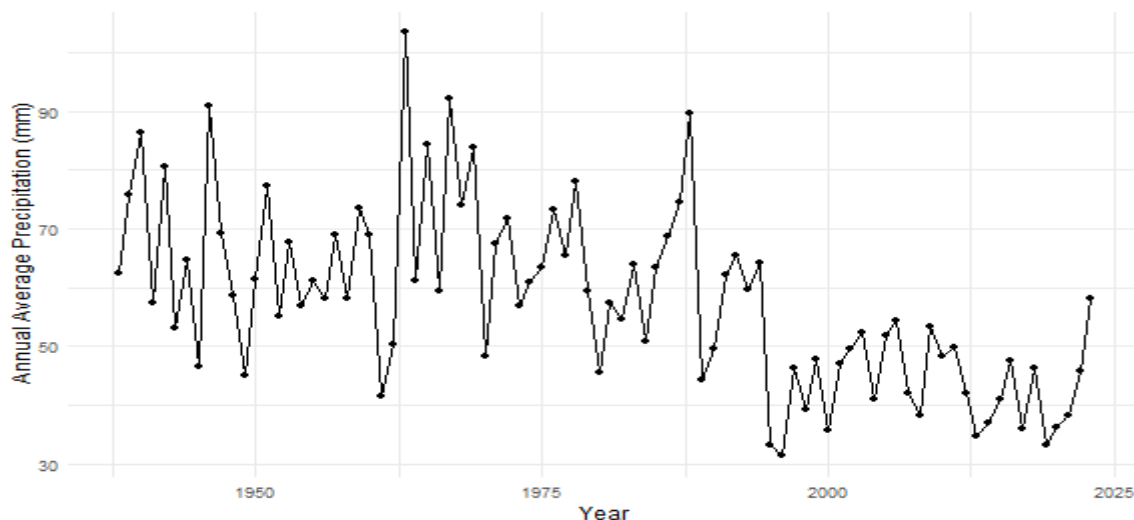


Figure- Annual average precipitation over the years in Byurakan (Amberd meteorological station, Hydrometeorology and Monitoring Center data)

Months	Weeks	Armenia						USA						Spain						Czech Republic					
		Current study, 2024			Mirzoian, 1977			Crosby, 2023			Frago, 2010			Novak, 1974											
		L1-3	L4-5	L6	Pupae	Imago	Egg	L1-3	L4-5	L6	Pupae	Imago	Egg	L1-3	L4-5	L6	Pupae	Imago	Egg	L1-3	L4-5	L6	Pupae	Imago	Egg
5	1																								
	2																								
	3																								
	4																								
6	1																								
	2																								
	3																								
	4																								
7	1																								
	2																								
	3																								
	4																								
8	1																								
	2																								
	3																								
	4																								
9	1																								
	2																								
	3																								
	4																								

Table- Changes in *Euproctis chrysorrhoea* phenology over the years, showing adult late emergence in Armenia, in 2024, when comparing with data of 1977 and with the data of other countries.

The larvae's feeding patterns undergo distinct seasonal changes. During the spring, the newly hatched larvae consume young, tender oak leaves, taking advantage of the nutrient-rich foliage. As the summer progresses, the larvae transition to feeding on more mature, tougher oak leaves, exhibiting a remarkable ability to adapt their digestive systems to handle the changes in leaf quality and composition. This indicates a delayed and condensed adult emergence period, likely influenced by climatic changes.

Other Herbivores. Other oak-associated herbivores register in the result of the survey: European oak leafroller (*Tortrix viridana*), oak leaf-rolling weevil (*Attelabus nitens*), cicadas, psyllids, and geometer moth's species, contributing to overall canopy stress.

Key findings of the study include: larvae exhibit seasonal feeding adaptations, consuming young, nutrient-rich oak leaves in spring and transitioning to tougher mature leaves in summer; adult moth emergence has shifted later and become more condensed compared to historical data, with emergence now occurring from late July to early August, likely driven by climatic factors; co-

occurring herbivorous insects such as the European oak leafroller (*Tortrix viridana*) and oak leaf-rolling weevil (*Attelabus nitens*) contribute to cumulative defoliation pressures; forest degradation factors, including climate change-induced stress, exacerbate the vulnerability of oak stands.

This study provides critical insights into the feeding behavior, phenology, and defoliation impact of *Euproctis chrysorrhoea* in Armenia's oak forests. The demonstrated phenological shifts and high defoliation rates highlight the compounded threats of insect herbivory and climate change on these mountain ecosystems. Effective management integrating pest control and climate resilience measures is essential to preserve the ecological integrity and productivity of oak forests of Armenia. The high defoliation levels in areas with dense larval webs underscore the need for active management. The presence of multiple herbivorous species further complicates forest health, emphasizing the importance of integrated pest and ecosystem management.

Based on the present findings and relevant literature, the following key strategies are recommended for effective forest pest management: **Monitoring:** Sustained and systematic phenological observation combined with larval density assessments is essential for early detection of population increases. This enables timely and targeted interventions, thereby reducing ecological and economic damage. **Integrated Pest Management (IPM):** A multi-faceted approach that integrates mechanical methods, such as manual removal of infested material, with precision aerial spraying in heavily affected zones can significantly improve overall control effectiveness while minimizing environmental impact. **Climate Adaptation:** Forest management strategies must proactively integrate climate change projections to account for potential shifts in pest phenology, distribution, and outbreak severity. Adaptive planning will enhance the resilience of forest ecosystems and ensure long-term sustainability of pest management programs.

Our work was supported by the Higher Education and Science Committee of the Republic of Armenia, project 23RL-1F017, "Current trends of forest tree species adaptation in the face of climate change in Armenia".

References

1. Aghababyn K., Khanamiryan G., Ananian V., Kalashian M. Analysis of forest pests and pestholes exacerbated by climate change and climate variability in Syunik Marz of Armenia and to identification of the most applicable prevention measures// Under the "Adaptation to climate change impacts in mountain forest ecosystems of Armenia" UNDP/GEF/00051202 Project. Final Report. American University of Armenia – 2010 – 86 p.
2. Fayvush G.M., Alexanyan A.S. Habitats of Armenia. National Academy of Sciences of the Republic of Armenia. Institute of Botany. Yerevan. – 2016. – pp. 360. (in Russian and English).
3. Frago E., Guara M., Pujade-Villar J., Selfa J. Winter feeding leads to a shifted phenology in the browntail moth *Euproctis chrysorrhoea* on the evergreen strawberry tree *Arbutus unedo*// Agricultural and Forest Entomology. – 2010. – No. 12. – pp. 381-388.
4. Mirzoyan S.A. Dendrophilous insects of the forests and parks of Armenia. "Hayastan" publishing house. Yerevan. – 1977. – pp. 454 (in Russian).
5. Novak V., Grozinka F., Stary B. Atlas of forest insect pests. Novak Grozina Stary. State Agricultural Publishing House Prague. – 1974. – pp. 94-95.

ОСОБЕННОСТИ ФОРМИРОВАНИЯ ДРЕВОСТОЕВ ЕЛИ В ВЫСОКОГОРЬЯХ ЮЖНОГО УРАЛА

Д.С. Балакин¹, З.Я. Нагимов², П.А. Моисеев¹, А.А. Григорьев¹, С.О. Вьюхин¹

¹Институт экологии растений и животных УрО РАН,
г. Екатеринбург, Россия, e-mail: dmitriybalakin047@gmail.com

²Уральский государственный лесотехнический университет
г. Екатеринбург, Россия, e-mail: nagimovzy@m.usfeu.ru

Аннотация. Установлено, что с улучшением климатической обстановки в высокогорьях Южного Урала наблюдается продвижение по высотному градиенту верхней границы древесной растительности. Процесс лесовозобновления здесь очень растянут во времени. Формируются циклично разновозрастные и ступенчато разновозрастные древостои, состоящие из нескольких морфологически невыраженных поколений леса.

Ключевые слова: изменение климата, Южный Урал, горный массив Ирмель, еловые древостои, экотон, лесовозобновление, разновозрастные древостои

Финансирование: Работа выполнена благодаря финансовой поддержке госбюджетной темы "Естественно-научные и технологические аспекты рационального использования, прогнозирования и управления лесными ресурсами на основе генетического подхода к классификации типов леса в условиях современного изменения климата и антропогенных воздействий" (номер госрегистрации FEUG-2023-0002).

FEATURES OF SPRUCE STAND FORMATION IN THE HIGH MOUNTAINS OF THE SOUTHERN URALS

D.S. Balakin¹, Z.Ya. Nagimov², P.A. Moiseev, A.A. Grigoriev, S.O. Vyukhin

¹Institute of Plant and Animal Ecology, Ural Branch of the Russian Academy of Sciences,
Yekaterinburg, Russia, e-mail: dmitriybalakin047@gmail.com

²Ural State Forest Engineering University,
Yekaterinburg, Russia, e-mail: nagimovzy@m.usfeu.ru

Abstract. It has been established that with the improvement of climatic conditions in the high mountains of the Southern Urals, an upward shift of the upper forest boundary along the altitudinal gradient is observed. The process of forest regeneration in this area is highly prolonged over time.

Cyclically uneven-aged and stepwise uneven-aged stands are forming, consisting of several morphologically indistinct forest generations.

Keywords: climate change, Southern Urals, Iremel mountain massif, spruce stands, ecotone, forest regeneration, uneven-aged stands

Funding: This study was supported by the state-funded research project *"Natural Science and Technological Aspects of Sustainable Use, Forecasting, and Management of Forest Resources Based on a Genetic Approach to Forest Type Classification Under Contemporary Climate Change and Anthropogenic Impacts"* (state registration no. FEUG-2023-0002).

Введение

В современный период времени количественная оценка реакций лесных экосистем на глобальные климатические изменения занимает одно из центральных мест в научных исследованиях [1,5]. Наиболее репрезентативными для подобных изысканий являются высокогорные регионы, где трансформации в растительных сообществах, вызванные климатическими изменениями, выражены максимально ярко [1,3]. Несмотря на это, механизмы и динамика экспансии древесной растительности в зону горных тундр в контексте меняющихся климатических условий исследованы в недостаточной степени. Изучение этих процессов имеет фундаментальное значение не только для индикации изменений окружающей среды, но и для понимания масштабов освоения лесными формациями ранее безлесных высокогорий, а также для оценки экологической и биосферной функций формирующихся здесь древостоев [3].

Целью данной работы выступает анализ процессов образования еловых насаждений в высокогорьях Южного Урала в условиях меняющегося климата, выполненный на основе детального изучения их возрастной структуры.

Характеристика объектов и методика исследования

Работа выполнялась на склоне юго-западной экспозиции горы Малый Иремель, находящейся в области наиболее высоких центральных поднятий Южного Урала. Методологической основой исследования послужили методы высотных профилей и пробных площадей [5]. Для изучения возрастной динамики ельников от нижнего уровня, где находятся сомкнутый древостой до верхнего в горных тундрах был заложен постоянный профиль. Данный профиль включает в себя насаждения ели, охватывающие зону экотона верхней границы распространения древесной растительности (ЭВГДР) и примыкающие к ней переходные зоны, расположившиеся ниже. Под ЭВГДР понимается переходная полоса в высокогорьях, находящаяся между верхней границей сомкнутых (сплошных) древостоев и верхним пределом распространения единичных деревьев в тундре. Выделение поясов зависит от густоты древостоя, сомкнутости крон и подразделяется на три основных высотных уровня: единичные деревья, редины и редколесья [1]. Как говорилось ранее для изучения возрастной динамики древостоев использовался высотный профиль и внутри профиля заложенные площадки расположенные на различных высотных уровнях: первом (верхнем) - в ЭВГДР в зоне редины на абсолютной высоте 1360 м; третьем (среднем) – в ЭВГДР в полосе редколесий

на отметке 1310 м; и пятом (нижнем) – в условиях сомкнутого древостоя на высоте 1260 м над уровнем моря.

Перечётные площадки в пределах высотных уровней закладывались на равном удалении друг от друга в количестве от 3 до 6 штук и размером 20х20 м площадью 400 м². На каждой площадке учитывалось каждое дерево индивидуально которое достигло высоты выше 1,5 м. Каждая особь ели фиксировалась на местности, замерялся диаметр ствола и протяженность кроны, а также определялся возраст путем отбора буровых кернов. Подсчет годичных колец производился после предварительной обработки кернов на полуавтоматической установке Lintab 5. Для установления точной даты появления каждого взятого образца, полученные измерения кернов, перекрёстно датировались с использованием мастер – хронологии.

Результаты исследования и их обсуждение

Горные экосистемы обладают своей уникальной спецификой, а именно облесением ранее безлесных территорий, где предел их произрастания ограничен климатическими факторами, тем самым представляет научный интерес к изучению данных процессов [2]. Для получения достоверных данных по распределению деревьев по годам их возникновения в пределах высотных уровней использовались данные возрастов всех деревьев ели. На точность определения возраста каждого отдельного дерева влияет множество факторов и определение возраста до года достаточно сложно, а иногда и не возможно. Для нивелирования существующей погрешности в определении возраста все деревья распределялись по 5-летним классам возраста с последующим распределением этих классов по основным периодам появления. Данный метод позволяет с высокой степенью точности определить основные этапы (периоды) появления новых деревьев ели по высотным уровням, а также установить в какой временной период происходила активная экспансия ранее в безлесные горные тундры. Данный метод применялся многими авторами [3], в своих исследованиях возрастной структуры в горах.

Наиболее объективное и репрезентативное понимание исторических особенностей формирования древостоев в пределах исследуемого профиля может быть получено при реконструкции исторических особенностей пространственно-временного распределения возрастов деревьев по периодам их появления (рисунок 1).

Графический анализ рисунка 1, позволяет отметить следующее: появление первых особей ели на нижнем уровне приходится на вторую половину XIX века, самый ранний из сохранившихся экземпляров датирован 1875 г. Активная фаза появления елей приходится на 1895 год, а в течение последующего десятилетия (1895–1905 гг.) отмечается непрерывное и относительное, равномерное увеличение количества деревьев. В следующие два пятилетия отмечается заметный спад в интенсивности возобновления ели. С 1920 года фиксируется новый всплеск заселения елью данного уровня, интенсивность которого максимального значения достигает в середине 30-х годов. В последующие годы процесс возобновления ели на фоне общей тенденции снижения его интенсивности чередуется периодами, заметно отличающимися по количеству появившихся растений. Следует отметить, что с начала 20-х до середины 40-х годов прошлого столетия на данном уровне появилось около 50% ныне растущих деревьев. Начиная с 1970 года процесс появления новых деревьев ели на нижнем

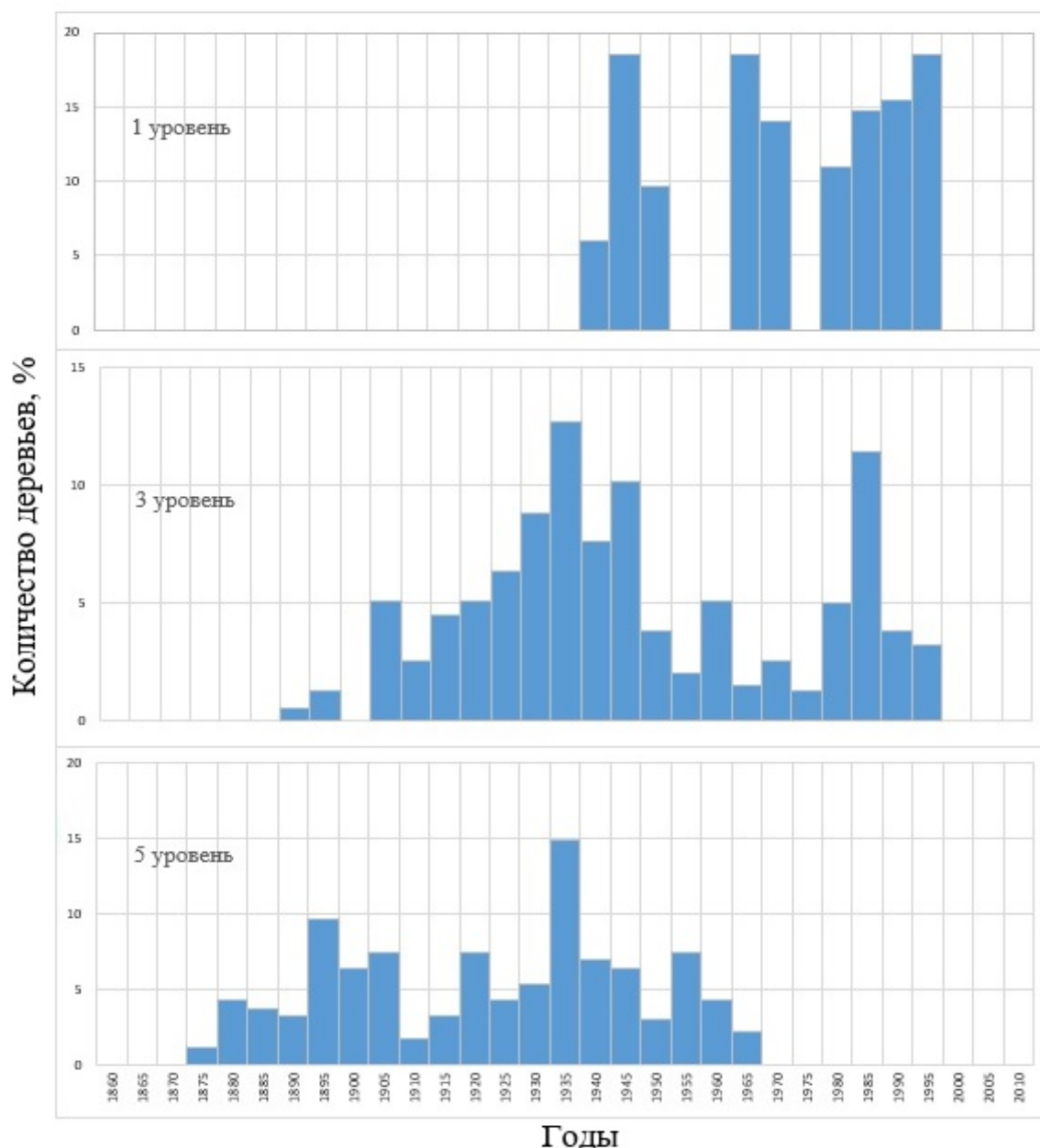


Рисунок 1 - Распределение деревьев ели по периодам их появления на разных высотных уровнях исследуемого профиля

уровне заканчивается. На наш взгляд это связано с заметным увеличением сомкнутости и густоты древостоев, которые препятствуют росту и развитию появляющегося под их пологом подроста.

На третьем (среднем) высотном уровне профиля появление ели датируется концом XIX века. На этом уровне по сравнению с нижним высотным уровнем возобновление ели началось на 15-20 лет позднее. Начало XX века характеризуется периодом, когда этот процесс прекращается. В последующем заселение елью данного уровня приобретает устойчивый характер, темпы которого закономерно возрастают вплоть до середины 30-х годов прошлого столетия. Как видно из данных рисунка, на среднем уровне, как и на нижнем уровне интенсивность возобновления максимального показателя достигает в середине 30-х годов. С 1935 по 1975 годы процесс заселения ели на среднем уровне также характеризуется

тенденцией к снижению. Однако это снижение не плавное, а скачкообразное, связанное с различиями 5-летних периодов по количеству появляющихся растений. С конца XX века на данном уровне фиксируется новый всплеск возобновления, которое с этого периода приобретает достаточно устойчивый характер (без разрывов) и продолжается по настоящее время.

На первом (верхнем) высотном уровне первые из ныне растущих деревьев появились только в середине XX века. Здесь процесс зарастания территории отличается чередованием периодов с наличием и отсутствием возобновления. Причем четко выделяются три периода со всплеском этого процесса. Устойчивый характер процесс зарастания елью верхнего уровня приобретает только с конца XX века.

Следует отметить, что на верхнем и среднем уровнях увеличение густоты древостоев ели продолжается и в настоящее время. На рисунке отсутствие деревьев в последних возрастных классах объясняется не прекращением возобновления, а очень медленным ростом подроста в высоту. Подрост, появившийся на рубеже XX-XXI веков и позднее не достиг высоты 1,5 м и в число деревьев не попал.

Проведенный анализ позволяет сформулировать следующие основные выводы. Возрастной состав (временные периоды появления) деревьев ели, произрастающих в настоящее время на исследуемом профиле, характеризуется крайней неоднородностью. Процесс лесовозобновления на всех трех рассмотренных высотных уровнях отличается значительной временной протяженностью. В пределах ЭВГДР устойчивое и активное возобновление на верхнем уровне началось в конце XX столетия, тогда как на среднем уровне этот процесс отмечается с более раннего времени (с начала XX века). По нашему мнению, указанная динамика напрямую связана с потеплением климата, наблюдавшимся на протяжении последнего столетия. Интенсивная экспансия в горных тундрах и сопряженное с ним смещение верхней границы леса в этот же период фиксируются исследователями в различных горных регионах [3, 5].

Формирование разновозрастных древостоев в высокогорных условиях преимущественно обусловлено спецификой среды, играющую важную роль для интродукции леса в верхних частях склонов. Несмотря на общую тенденцию к улучшению климатических условий, в верхней части склона эти факторы остаются здесь экстремально суровыми. Для высокогорий характерны жесткие температурный и ветровой режимы, маломощные, низкоплодородные, каменистые и скелетные почвы с нестабильным водным режимом, а также пониженная семенная продуктивность самих древостоев [2]. В подобной обстановке даже массовое появление всходов не обеспечивает их последующего успешного развития и интеграции в процесс лесообразования. На ранних стадиях онтогенеза древесные растения в наибольшей степени уязвимы к воздействию неблагоприятных абиотических факторов и часто подвергаются массовой гибели.

Согласно данным многочисленных исследований на Урале, в высокогорьях формирование нового поколения леса происходит преимущественно после семенных лет. Всходы и подрост, как правило, не выживают и, следовательно, не принимают участия в образовании древостоя [2]. Их гибель обусловлена именно малочисленностью и неспособностью противостоять негативным воздействиям внешней среды.

Верхняя граница леса является местом суровых климатических условий, где для выживания подроста и прохождения им стадий онтогенеза необходимые благоприятные условия характерные для верхней границы леса, которые следуют за семенными годами. Именно эта особенность обуславливает исключительную временную растянутость процесса лесовозобновления в высокогорьях и формирование здесь абсолютно разновозрастных древостоев Г.Е. Коминым и И.В. Семечкиным [4]. В соответствии с данной концепцией, еловые древостои на нижнем уровне профиля можно классифицировать как циклично-разновозрастные, в то время как на среднем и верхнем уровнях – как ступенчато-разновозрастные.

Выводы

Массовое заселение елью на Южном Урале, как показало исследование, растянуто во времени. По мере продвижения вдоль по склону от сомкнутых лесов к горной тундре отмечается закономерное уменьшение возраста деревьев, данная закономерность также отмечается по основным периодам появления. Данный процесс обусловлен улучшением климатической обстановки в регионе.

Разновозрастность древостоев объясняется лесорастительными условиями при которых появившиеся всходы и самосев могут не участвовать в лесовозобновительном процессе. Рост и развитие всходов, подроста возможен только при сложившихся благоприятных условиях внешней среды и семенных годов. Формирование циклично разновозрастных и ступенчато разновозрастных древостоев, состоящих из нескольких морфологически невыраженных поколений леса обусловлена именно внешними факторами среды. Разновозрастность древостоя на верхнем пределе их произрастания, может рассматриваться как адаптация деревьев при выживании в экстремальных климатических условиях.

Список литературы

1. Горчаковский, П.Л. Фитоиндикация условий среды и природных процессов в высокогорьях / П.Л. Горчаковский, С.Г. Шиятов. – Москва : Наука, 1958. – 208 с.
2. Горяева, А.В. Оценка естественного возобновления ели сибирской и лиственницы сибирской на верхнем пределе их произрастания в высокогорьях Урала : специальность 06.03.02 : автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата сельскохозяйственных наук / Горяева Алена Викторовна. – Екатеринбург, 2008. – 24 с.
3. Григорьев, А.А. Формирование древостоев в высокогорьях приполярного Урала в условиях современного изменения климата / А.А. Григорьев, П.А. Моисеев, З.Я. Нагимов. – Екатеринбург : Уральский государственный лесотехнический университет, 2012. – 170 с.
4. Комин, Г.Е. Возрастная структура древостоев и принципы ее типизации / Г.Е. Комин, И.В. Семечкин // Лесоведение. – 1970. – № 2. – С. 24-33.
5. Шиятов, С.Г. Динамика древесной и кустарниковой растительности в горах Полярного Урала под влиянием современных изменений климата / С.Г. Шиятов. – Екатеринбург : УрО РАН, 2009. – 219 с.

References

1. Gorchyakovsky, P.L. Phytoindication of environmental conditions and natural processes in the highlands / P.L. Gorchyakovsky, S.G. Shiyatov. - Moscow: Nauka, 1958. - 208 p.
2. Goryaeva, A.V. Evaluation of natural regeneration of Siberian spruce and Siberian larch at the upper limit of their growth in the highlands of the Urals: specialty 06.03.02: abstract of a dissertation for the degree of candidate of agricultural sciences / Goryaeva Alena Viktorovna. - Ekaterinburg, 2008. - 24 p.
3. Grigoriev, A.A. Formation of tree stands in the high mountains of the cidpolar Ural under conditions of modern climate change / A.A. Grigoriev, P.A. Moiseev, Z.Ya. Nagimov. – Ekaterinburg: Ural State Forestry University, 2012. – 170 p.
4. Komin, G.E. Age structure of tree stands and principles of its typification / G.E. Komin, I.V. Semechkin // Forestry. - 1970. - No. 2. - P. 24-33.
5. Shiyatov, S.G. Dynamics of tree and shrub vegetation in the mountains of the Polar Urals under the influence of modern climate change / S.G. Shiyatov. - Ekaterinburg: Ural Branch of the Russian Academy of Sciences, 2009. - 219 p.

DOI:10/58168/FECC2025_149-154

УДК 630*5 + 581*5

ВЛИЯНИЕ РЕКРЕАЦИОННОЙ ДИГРЕССИИ НА ЦЕНОЗЫ ИВЫ ПУРПУРНОЙ В УСЛОВИЯХ БЕРЕГА ВОРОНЕЖСКОГО ВОДОХРАНИЛИЩА

А.И. Горобец

Воронежский государственный лесотехнический университет имени Г.Ф. Морозова,
г. Воронеж, Россия, e-mail: grb@inbox.ru

Аннотация. Исследования осуществлялись в сентябре 2025 года. Установлено, что неблагоприятными факторами I, II и III стадий рекреационной дигрессии является уплотнение почвы в результате вытаптывания. При IV стадии дигрессии на участках имеются кострища, растения пострадали от воздействия огня. С увеличением рекреационной дигрессии снижается санитарное состояние сообществ ивы пурпурной.

Ключевые слова. Рекреационная дигрессия, санитарное состояние сообществ, Воронежское водохранилище, ива пурпурная (*Salix purpurea* L.), устойчивость к антропогенным нагрузкам.

EFFECT OF RECREATIONAL DIGRESSION ON CENOSSES PURPLE WILLOW IN THE CONDITIONS OF THE SHORE OF THE VORONEZH RESERVOIR

A.I. Gorobets

Voronezh State University of Forestry and Technologies named after G.F. Morozov,
Voronezh, Russia, e-mail: grb@inbox.ru

Abstract. Research was carried out in September 2025. It has been established that unfavorable factors of stages I, II and III of recreational digression are soil compaction as a result of trampling. With the IV stage of digression, there are fires on the sites, the plants suffered from the effects of fire. With increasing recreational digression, the sanitary condition of purple willow communities decreases.

Keywords. Recreational digression, sanitary condition of communities, Voronezh reservoir, purple willow (*Salix purpurea* L.), resistance to anthropogenic loads.

После затопления ложа Воронежского водохранилища произошли коренные изменения в почвенно-грунтовых условиях его берега. Под влиянием подтопления светло-серые песчаные почвы боров трансформировались в дерново-глеевые (на участках с уровнем грунтовых вод выше 0,5 м), а также в светло-серые глеевые и глеевые (при уровне грунтовых

вод от 0,5 до 1,5 м). Это привело к усыханию материнских типов леса и смене их лугово-болотной растительностью. В сложившихся условиях восстановление лесных сообществ осуществлено посадкой влаголюбивых древесных и кустарниковых пород, в частности культурой ивы. Из кустарниковых ив в наибольшем количестве высажена ива пурпурная (*Salix purpurea* L.). В пляжной зоне растительные сообщества подвержены рекреационным нагрузкам, что приводит к их дигрессии. Разработка мероприятий по снижению рекреационной дигрессии является актуальной проблемой.

Цель нашего исследования – оценка влияния рекреационной дигрессии на ценозы ивы пурпурной и обоснование мероприятий по ее снижению.

Ива пурпурная, или краснотал (рисунок 1) – крупный кустарник от 2 до 5 м, иногда небольшое дерево до 6 – 8 м. Продолжительность жизни до 30 лет.



Рисунок 1 – Побег Ивы пурпурной (*S. purpurea* L.). Фото А.И. Горобца

Побеги длинные, очень гибкие, гладкие, всегда голые [4]. Для представителей рода Ива характерна устойчивость к антропогенным нагрузкам [1 – 3; 5]. Ивовые ценозы способны переносить влияние рекреационной нагрузки. При I – IV стадиях рекреационной дигрессии санитарное состояние древостоев и кустарниковых ценозов ивы соответствует их возрастным особенностям. Толерантность ивы к вытаптыванию почвы связана с ее устойчивостью при недостаточной аэрации, к механическому повреждению растений – с быстрой регенерацией побегов. Существенное влияние рекреационной нагрузки отмечается лишь при V стадии дигрессии – в местах разлива машинного топлива и минеральных масел, а также на кострищах [1 – 3; 5].

Полевые исследования осуществлялись в сентябре 2025 года. Все пробные площади заложены в культурах, произрастающих при одинаковых почвенно-грунтовых условиях и имеющих одинаковый возраст. Размеры растений и стволовой запас на пробных площадях

различаются незначительно. Увеличение рекреационной дигрессии сказалось на ухудшении санитарного состояния культур.

Пробные площади для изучения влияния рекреационной дигрессии на кустарниковые ивовые заложены в наиболее типичных условиях берега Воронежского водохранилища. При полевых исследованиях соблюдались общепринятые правила размещения, ограничения и закрепления пробных площадей. Степень рекреационного воздействия на насаждение определялась по методике, предложенной Украинским НИИ лесного хозяйства и агролесомелиорации. Согласно этой методике выделяют следующие категории участков:

I - слабо измененная поверхность (видовой состав напочвенного покрова характерен для неизменных рекреацией участков, его обилие снижено на 10...20 %; подстилка уплотнена и частично нарушена, ее мощность снижена на 10...30 %);

II – средне измененная поверхность (слабо выраженные тропы и участки с сильно – на 40 % и более вытоптаным напочвенным покровом с преобладанием почвеннокорневых видов растений, устойчивых к вытаптыванию и уплотнению почвы; лесная подстилка сильно уплотнена, ее мощность снижена на 40 % и более);

III – сильно измененная поверхность (тропы и участки с полностью вытоптаным напочвенным покровом и подстилкой);

IV – кострища;

V – участки, захламлинные мусором.

Категорию санитарного состояния кустов, в соответствии с Правилами санитарной безопасности в лесах РФ, определяли на основании их внешних признаков.

Пробные площади заложены в прибрежной полосе левого берега водохранилища. Размер каждой пробы 0,25 га. Насаждение на всех пробных площадях представлено чистыми культурами ивы пурпурной возрастом 21 год. Рельеф ровный, почвы – светло-серые глеевые. Стадии рекреационной дигрессии варьирует от I до IV.

По материалам пробных площадей составлена таксационная характеристика культур ивы пурпурной, произрастающих на обследованной территории (таблица 1).

Таблица 1 – Таксационные характеристики культур ивы пурпурной в условиях берега Воронежского водохранилища

№ пробн. площ.	Возраст, лет	Средние:		Запас, м ³ /га	Стадия дигрессии	Категория санитарного состояния
		высота, м	диаметр, см			
1	21	3,5	5,0	19	I	1,84
2	21	3,4	4,7	18	II	2,09
3	21	3,6	5,1	19	III	2,20
4	21	3,8	4,9	17	IV	2,20

Размеры растений и стволовой запас на пробных площадях различаются незначительно. Увеличение рекреационной дигрессии сказалось на ухудшении санитарного состояния культур.

Неблагоприятными факторами I, II и III стадий рекреационной дигрессии является уплотнение почвы в результате вытаптывания. Наибольшее уплотнение почвы наблюдается на участках, подверженных III стадии дигрессии, где имеется значительная площадь троп и участков с полностью вытоптаным напочвенным покровом и подстилкой. При IV стадии дигрессии на участках имеются кострища, растения пострадали от воздействия огня.

Уплотнение почвы сказывается на водном и воздушном режиме корневых систем растений. При первой стадии дигрессии (пробная площадь № 1) 47 % растений ивы не имеют признаков ослабления. На долю ослабленных и сильно ослабленных в общей сложности приходится 46 % растений, на долю усыхающих деревьев и сухостоя данного года – 4 % и 5 % соответственно, старый сухостой отсутствует. Средняя категория санитарного состояния растений 1,84, что приближается к категории ослабленного сообщества.

При второй стадии дигрессии (пробная площадь № 2) отмечено меньше растений ивы, не имеющих признаков ослабления (34 %). На долю ослабленных и сильно ослабленных в общей сложности приходится 56 % растений, на долю усыхающих растений и сухостоя данного года – 7 % и 2 % соответственно, на старый сухостой приходится 1 %. Средняя категория санитарного состояния растений 2,09, что соответствует категории ослабленного сообщества.

При третьей стадии дигрессии (пробная площадь № 3) растений ивы, не имеющих признаков ослабления 27 %. На долю ослабленных и сильно ослабленных в общей сложности приходится 63 % растений, на долю усыхающих растений и сухостоя данного года – 6 % и 4 % соответственно, старый сухостой отсутствует. Средняя категория санитарного состояния растений 2,20, что соответствует категории ослабленного сообщества.

При четвертой стадии дигрессии (пробная площадь № 4) растений ивы, не имеющих признаков ослабления 30 %. На долю ослабленных и сильно ослабленных в общей сложности приходится 60 % растений, на долю усыхающих растений и сухостоя данного года – 6 % и 2 % соответственно, на старый сухостой 2 %. Средняя категория санитарного состояния растений 2,20, что соответствует категории ослабленного сообщества.

Как основную тенденцию можно отметить снижение числа растений без признаков ослабления с увеличением рекреационной дигрессии. Увеличивается число растений ослабленных, сильно ослабленных, усыхающих и сухостойных.

О достоверности различия в санитарном состоянии культур ивы пурпурной при разной степени рекреационной дигрессии можно судить по результатам сравнения выборок по критерию Стьюдента (таблица 2). По материалам таблицы 2 видно, что различия в санитарном состоянии культур, подверженных I и II стадиям рекреационной дигрессии достоверны (фактическое значение критерия Стьюдента выше стандартного). Различия в санитарном состоянии культур, подверженных II, III и IV стадиям рекреационной дигрессии недостоверны (фактическое значение критерия Стьюдента меньше стандартного).

Ива пурпурная имеет поверхностную корневую систему, чем можно объяснить достоверное различие в санитарном состоянии ее ценозов при переходе от I к II стадии рекреационной дигрессии. В тоже время она способна к достаточно быстрой регенерации усохших ветвей, что позволяет ей быть достаточно устойчивой при высоких степенях дигрессии.

Таблица 2 – Оценка достоверности различий в санитарном состоянии ценозов ивы пурпурной при разной степени рекреационной дигрессии

Стадия дигрессии	N	M	$\pm m$	δ	V, %	P, %	Крит. Стьюд.:	
							факт.	станд.
I	371	1,84	0,05	0,993	54,0	2,8		
							3,6	1,96
II	537	2,09	0,05	1,051	50,3	2,2		
							1,7	1,96
III	485	2,20	0,05	1,042	47,4	2,2		
							0,0	1,96
IV	583	2,20	0,05	1,087	49,4	2,0		

Примечания. N – количество стволов, шт./га; M – средняя арифметическая величина категории санитарного состояния; $\pm m$ – ошибка средней арифметической; δ – среднее квадратическое отклонение; V, % - коэффициент вариации; P, % - показатель точности.

На основании проведенных исследований можно сделать вывод, что погибают в основном растения вблизи кострищ от воздействия огня. Поскольку на берегу Воронежского водохранилища постоянно отдыхает большое число населения, улучшить санитарное состояние растительных сообществ можно путем регулирования рекреационной нагрузки в местах отдыха. Прежде всего, необходимо запретить жжение костров или обустроить места для их разведения.

Список литературы

1. Горобец, А. И. Санитарное состояние древостоев ивы ломкой в рекреационной зоне Воронежского водохранилища / А. И. Горобец // Плодоводство, семеноводство, интродукция древесных растений. – 2022. – Т. 25. – С. 28-31. – EDN YVVGXA. - Текст : непосредственный.
2. Горобец, А. И. Жизненное состояние ивовых ценозов в условиях рекреационной дигрессии / А. И. Горобец // Разработка комплекса технологий рекультивации техногенно нарушенных земель : материалы Международной молодежной конференции, Воронеж, 04–06 июля 2012 года / редколлегия: Я.В. Панков, В.И. Михин, М.В. Драпалюк. – Воронеж: Воронежская государственная лесотехническая академия, 2012. – С. 65-69. – EDN SYEYWH. – Текст : непосредственный.
3. Горобец, А. И. Жизненное состояние культур шелюги красной в условиях рекреационной дигрессии / А. И. Горобец, М. Ф. Текутова // Восстановление эколого-ресурсного потенциала агролесобиоценозов, лесоразведение и рациональное природопользование в Центральной лесостепи и юге России : Сборник научно-исследовательских работ, Воронеж, 25–27 сентября 2008 года. – Воронеж: Воронежская государственная лесотехническая академия, 2008. – С. 15-17. – EDN RTGBNN. - Текст : непосредственный.

4. Скворцов, А.К. Salicaceae / А.К. Скворцов // Флора Европейской части СССР, том 5 / Под ред. Р.В. Камелина.- М.: Наука, 1981. - С. 10 - 36. ISBN - Текст : непосредственный.
5. Danielewicz, W. Drzewa i krzewy doliny rzeki Warty / W. Danielewicz, K. Glanc // Roczn. AR Poznaniu. Lèsn. - 1988. -V. 23.- P. 37- 54. - Текст : непосредственный.

References

1. Gorobets, A.I. Sanitary condition of willow stands in the recreational zone of the Voronezh reservoir/A.I. Gorobets//Fruit growing, seed growing, wood plant production. – 2022. - T. 25. - S. 28-31. – EDN YVVGXA. - Text: immediate.
2. Gorobets, A.I. The vital condition of willow cenoses in conditions of recreational digression/A.I. Gorobets//Development of a set of technologies for the reclamation of technologically disturbed lands: materials of the International Youth Conference, Voronezh, July 04-06, 2012/editorial board: Ya.V. Pankov, V.I. Mikhin, M.V. Drain paluk. - Voronezh: Voronezh State Forestry Academy, 2012. - S. 65-69. – EDN SYEYWH. - Text: direct.
3. Gorobets, A.I. The vital condition of red sheluga cultures under conditions of re-creation digression/A.I. Gorobets, M.F. Tekutova//Restoration of the ecological and resource potential of agrolesobiocenoses, afforestation and rational natural use in the Central forest-steppe and southern Russia: Collection of research works, Voronezh, 25-27 September 2008. - Voronezh: Voronezh State Technical Academy, 2008. - S. 15-17. – EDN RTGBNN. - Text: immediate.
4. Skvortsov, A.K. Salicaceae/A.K. Skvortsov//Flora of the European part of the USSR, volume 5 / Ed. R.V. Kamelina. - M.: Nauka, 1981. - S. 10-36. ISBN - Text: Immediate.
5. Danielewicz, W. Drzewa i krzewy doliny rzeki Warty / W. Danielewicz, K. Glanc // Roczn. AR Poznaniu. Lèsn. - 1988. -V. 23.- P. 37- 54. - Text: Immediate.

МЕТОДОЛОГИЧЕСКИЕ ПОДХОДЫ К БИОМОНИТОРИНГУ ЛЕСНЫХ И СИНАНТРОПИЗИРОВАННЫХ ЭКОСИСТЕМ

С.И. Дегтярева, В.Д. Дорофеева

Воронежский государственный лесотехнический университет имени Г.Ф. Морозова,
г. Воронеж, Россия, e-mail: degtjarewa-lana@yandex.ru

Аннотация. Методологические подходы к изучению функционирования отдельных экосистем различны. Мы использовали качественные (структурное биоразнообразие) и количественные (относительное проективное покрытие, обилие и константность) оценочные параметры как показатели участия вида в сложении растительной ассоциации на примере лесной экосистемы и двух городских как один из вариантов целого цикла биомониторинга. В данной работе применили также традиционный сравнительный геоботанический анализ растительности. Данный анализ выявляет взаимосвязи между всеми систематическими группами растений, позволяет установить сложившиеся закономерности в структуре сообщества и интерпретировать полученные данные. Выбор дендрария и крупного городского парка неслучаен, т.к. они расположены на исторической территории Воронежской нагорной дубравы (южные кварталы дубравы, представленные естественными дубовыми лесами) и нам интересно было проследить синантропизацию флоры.

Ключевые слова. Биомониторинг, экосистема, качественные и количественные показатели, древесно-кустарниковая растительность, напочвенный покров.

METHODOLOGICAL APPROACHES TO BIOMONITORING OF FOREST AND SYNANTHROPIZED ECOSYSTEMS

S. I. Degtyareva, V. D. Dorofeeva

Voronezh State University of Forestry and Technologies named after G.F. Morozov,
Voronezh, Russia, e-mail: degtjarewa-lana@yandex.ru

Abstract. Methodological approaches to studying the functioning of individual ecosystems vary. We used qualitative (structural biodiversity) and quantitative (relative projective coverage, abundance, and constancy) evaluation parameters as indicators of the species' participation in the formation of a plant association using the example of a forest ecosystem and two urban ecosystems as one of the options for a whole cycle of biomonitoring. The traditional comparative geobotanical vegetation analysis was also used in this work. This analysis reveals the interrelationships between all systematic groups of plants, allows us to establish established patterns in the structure of the

community and interpret the data obtained. The choice of an arboretum and a large urban park is not accidental, since they are located on the historical territory of the Voronezh Upland oak forest (the southern quarters of the oak forest, represented by natural oak forests) and it was interesting for us to trace the synanthropization of the flora.

Keywords. Biomonitoring, ecosystem, qualitative and quantitative indicators, tree and shrub vegetation, ground cover.

Сценарии изменения планеты, разработанные Межправительственной группой экспертов по изменению климата, стали важным инструментом для анализа, моделирования и прогнозирования последствий изменения климата в будущем в различных областях исследований после более чем 30 лет разработки и совершенствования [1]. Особое внимание в данном проекте уделено биомониторингу как раз лесных экосистем.

Подходы к изучению функционирования леса в целом и других отдельных экосистем различны.

Ряд исследователей предлагают традиционные тест-объекты – эпифитные лишайники и моховидные, которые перманентно реагируют на загрязнение воздуха и изменение климата [2, 3].

Интересным и комплексным подходом является биомониторинг, основанный на трёх различных биоиндикаторах: годовых кольцах деревьев, споровых растений и конкретных поллютантов (так называемый городско-промышленный подход) [4].

Действительно, атмосферные загрязнители, переносимые на большие расстояния (или трансграничные загрязнители), включают в себя микроэлементы с изотопным соотношением и составом, которые отличаются от состава бытовых загрязнителей и представляют угрозу для экосистем. Эти различия можно использовать в качестве индикаторов.

И, конечно же, как же не упомянуть про использование искусственного интеллекта в вопросах биоиндикации. Применение его различных методов имеет решающее значение как для метагеномного анализа, так и для анализа данных изображений (с камер и дистанционного зондирования) для идентификации таксонов, взаимодействия и фенотипирования, а также для исследований биомониторинга почти во всех симбиотических ассоциациях – от бактерий, лишайников и мхов до коралловых рифов [5]. Эти методы оказываются особенно полезными, если размер выборки был небольшим, и если в ней были данные разных типов или отсутствовали значения, и их можно было применить для сокращения времени вычислений.

В данной работе мы предлагаем своё видение подхода к изучению биомониторинга крупных массивов г. Воронежа – Воронежская нагорная дубрава (далее ВНД), Центральный парк культуры и отдыха (далее ЦПКиО), дендрарий Воронежского государственного лесотехнического университета имени Г.Ф. Морозова (далее дендрарий),

Растительность и её структура на пробных площадках ВНД являются контролем (природная экосистема). ЦПКиО и дендрарий в прошлом были территорией дубравы, в настоящее время относятся к лесопарковой части зеленой зоны города, это синантропизированные экосистемы.

Цель работы – изучить изменения в структуре леса и пространственном распределении растительности (ВНД), структуре измененных экосистем (ЦПКиО, дендрарий), значении и стабильности всех территорий.

Мы использовали качественные (структурное биоразнообразие) и количественные (относительное проективное покрытие, обилие и константность) оценочные параметры как показатели участия вида в сложении как лесной растительной ассоциации так и выбранных городских экосистем.

Относительное проективное покрытие определяли как относительный процент площади, занятой растением, выражаемый в процентах от возможных 100 %. Обилие – это количество особей вида, приходящееся на единицу площади.

В данной работе мы приняли решение выделять три наиболее четко различимые стадии рекреации: сильная, средняя, слабая

При описании растительных ассоциаций для характеристики обилия западноевропейские и российские ботаники по-разному используют или шкалу О.Гульта-Друде, она же шкала Друде или шкалу Ж.Браун-Бланке.

Постоянство видов приводится в традиционных для направления Ж. Браун-Бланке баллах константности. Выделялось 5 классов константности: I класс – вид присутствовал не более чем на 20 % площадок, II класс – от 20 до 40 % площадок, III класс – от 40 до 60 %, IV класс – от 60 до 80 %, V класс – более 80 %.

В ЦПКиО и дендрарии больных и усыхающих деревьев нами не зарегистрировано, это связано, конечно же, с вовремя проводимыми хозяйственными мероприятиями. В лесных экосистемах своевременную вырубку ослабленного древостоя не проводят.

В составе флоры ЦПКиО зарегистрировано 70 древесно-кустарниковых пород, относящиеся к 46 родам, 18 семействам.

Из хвойных пород (4 вида) относятся к одному классу Pinopsida и 2 семействам: Pinaceae (*Picea abies* L., *Picea pungens* Engelm., *Larix sibirica* Ledeb.) и Cupressaceae (*Thuja occidentalis* L.). Выявленные лиственные породы (66 видов) относятся к 5 подклассам и 16 семействам. Широко представлены и многочисленны семейства: Rosaceae (17 видов), Salicaceae (9), Betulaceae (5), Aceraceae (5), Oleaceae (4), Caprifoliaceae (4), Ulmaceae (4), Fabaceae (4). В других семействах по 1-2 вида. Наиболее богаты видами роды: р. Salix (6), р. Acer (5), р. Ulmus (4), р. Populus (4).

Состав травянистой флоры насчитывает 91 вид. Структурное разнообразие выглядит следующим образом: семейств – 28, родов – 63. К самым многочисленным семействам относятся: Rosaceae (12 видов), Poaceae (10), Lamiaceae (7), Asteraceae (7), Fabaceae (5), Apiaceae (4), Scrophulariaceae (4), Rubiaceae (4). Ведущими родами являются: р. Festuca (4 вида), р. Poa (4), р. Potentilla (4).

В травянистом покрове 1 и 2 стадии рекреации преобладают травы широколиственных лесов: сныть обыкновенная (*Aegopodium podagraria* L.) с проективным покрытием (40-44,6 %) и осока волосистая (*Carex pilosa* Scop.) – 19,8 %-29,6 %. Заметим, что оба вида также являются доминантами растительного покрова крупнейшего лесного массива города – ВНД. Видовое богатство на отдельных учётных площадках 7-8 видов, чуть больше на пробных площадках со средней стадией рекреации – 13 видов. На площадках 1, 2 стадии рекреации вообще

отсутствуют сорные виды. Это еще раз подчеркивает природную специфику парка и его историческое расположение на территории дубравы.

На территории дендрария древесно-кустарниковая растительность – интродуцированная, но присутствуют и основные лесообразующие породы РФ. Дендрарий был создан в период 1951-1953 гг. с научно-исследовательской целью – изучение ресурсов отечественной и мировой флоры для обогащения лесного хозяйства. Видовой состав по итогам инвентаризации 2008 г. насчитывал около 270 видов и форм древесно-кустарниковой растительности, которые относятся к 97 родам и 35 семействам. Под действием повышенных рекреационных нагрузок количество древесно-кустарниковой растительности снизилось до 226 видов, относящиеся к 75 родам и 30 семействам (инвентаризация 2019 г.), к концу 2024 г. – около 200 видов. Наибольшее количество видов сосредоточено в семействах Pinaceae Lindl. (32) вида, Cupressaceae Juss. (24), Rosaceae Juss. (67) Caprifoliaceae Juss. (18), Oleaceae Hoffm. et Link. (16), Aceraceae Juss. (11).

В первом ярусе доминируют *Larix sibirica* Ldb., *Pinus strobus* L., *Picea abies* Karst., *Quercus robur* L., *Populus nigra* L. Второй ярус представляют *Tilia cordata* Mill., *Carpinus betulus* L., *Acer platanoides* L., *Phellodendron amurense* Rupr. В третьем и четвертом ярусах – подрост древесных растений и кустарники (*Sorbus aucuparia* L., *Cotinus coggygria* Scop., *Corylus avellana* L., *Carpinus orientalis* Mill., род *Berberis* L., род *Spiraea* L.), в пятом – травянистая жизненная форма. Возраст древесного яруса различен и варьирует от 5 до 66 лет.

Установлен 31 вид из травянистого напочвенного покрова, относящейся к 30 родам и 19 семействам. Отметим сразу, что выявленный флористический состав в количестве 31 вид на всей территории дендрария в полном составе проявил себя и в серии учётных площадок.

Из 16 видов на пробных площадках, где проявлено действие незначительного антропогенного вмешательства (слабая стадия рекреации), ровно половина видов (8) относится к неморальным видам, из них с высоким проективным покрытием отмечены *Aegopodium podagraria* L. (32 %) и *Glechoma hederacea* L. (19 %), остальные виды от 0, 0 5% (*Viola mirabilis* L.) до 2 % (*Geum urbanum* L.) или 4 % (*Fragaria vesca* L.). Класс обилия вида колеблется у первых двух доминантов напочвенного покрова 2-3, у всех остальных видов примерно 1.

На учётных площадках со средней степенью (2 стадия) и сильной (3 стадия) рекреации видовое богатство составило 11 видов. Число типичных неморальных видов невелико 3 (3 стадия) и 5 (2 стадия), проективное покрытие этих же видов незначительно – 3-6 %, и соответственно класс обилия низкий – 1-2. В тоже время необходимо отметить, что и у сорной растительности, проективное покрытие невысокое: *Bromus inermis* Leyss. (средняя стадия) – 13 % и *Taraxacum officinale* Wed. – 12 % (класс обилия у обоих видов – 2). Акцентируем внимание на то, что все выявленные сорные виды являются местными сорняками, а не заносными (адвентивными). Общее проективное покрытие площадок 1 стадии рекреации в целом около 87,15 %; второй стадии – 64,0 %; третьей стадии (сильная) – 52,0 %.

И еще один интересный факт мы зафиксировали, что на 3 стадии рекреационной нагрузки в дендрарии и ЦПКиО на одной трети (1/3) площадей появляется густая тропинопная сеть, но растительность, в том числе сорная не заселяет эти пространства.

Виды 5 класса, (т.е. виды, которые встречаются на всех пробных площадках) отсутствуют в обеих выделенных группах. Неморальные виды, зафиксированы нами с принадлежностью чаще всего к 4 классу – *Aegopodium podagraria* L., *Carex pilosa* Scop.; или 3 классу – *Geum urbanum* L., *Polygonatum multiflorum* L., *Stellaria holostea* L.

Сорные растения отмечены с низким классом постоянства видов 1 (редко 2), исключение составляют *Plantago major* L. (4 класс) и *Elytrigia repens* L. (3 класс).

Если судить в целом, то в дендрарии 32,3 % относятся к 0 классу обилия, в ЦПКиО (при видовом богатстве на пробных площадках 17 видов) виды с 0 классом обилия составляют 76,5 %.

Полученные данные позволяют нам засвидетельствовать следующий факт – синантропизация флоры ЦПКиО и дендрария протекает медленно, что не типично для городских насаждений, но это и хорошо для сохранения уникальности объектов.

В конце мы хотели бы отметить, что сценарии изменения климата полезны для прогнозирования будущих последствий изменения лесных экосистем, но точность моделирования нуждается в дальнейшем повышении на конкретных территориях, учётом их генезиса.

На основе предложенных исследований сама платформа биомониторинга, интегрирующая наблюдение, количественные и качественные показатели подходит для лучшего сохранения в первую очередь видового разнообразия.

Список литературы

1. Application of climate change scenarios in the simulation of forest ecosystems: an overview // Haoyun Liu, Peng Li, Changhui Peng, Cong Liu, Xiaolu Zhou, Zhengmiao Deng, Cicheng Zhang, Zelin Liu // Environmental Reviews, 2023. – Volume 31. – Issue 3. – Pages: 565-588. // DOI: <https://doi.org/10.1139/er-2022-0111>.
2. Biomonitoring with Lichens and Mosses in Forests // Giorgio Brunialti, Luisa Frati // Forests, 2023 – Volume 14. – Issue 11. – Pages: 2265-2265. // DOI: <https://doi.org/10.3390/f14112265>.
3. Recent Trends and Future Challenges for Lichen Biomonitoring in Forests // Luisa Frati, Giorgio Brunialti // Forests, 2023. – Volume 14. – Issue 3. – Pages 647-647. // DOI: <https://doi.org/10.3390/f14030647>.
4. Integration of ecological indicators to assess a multitemporal impact of cement industries // Claudia Cocozza, Francesco Parisi, Massimo Chiari, Stefano Loppi, Silvana Munzi, Sonia Ravera // Environmental science and pollution research international, 2024. – Volume 31. – Issue 35. – Pages 48233-48249. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11356-024-34079-y>.
5. Survey of artificial intelligence approaches in the study of anthropogenic impacts on symbiotic organisms – a holistic view // Manju M Gupta, Akshat Gupta // Symbiosis, 2021. – Volume 84. – Issue 3. – Pages: 271-283 // DOI: <https://doi.org/10.1007/s13199-021-00778-0>.

References

1. Application of climate change scenarios in the simulation of forest ecosystems: an overview // Haoyun Liu, Peng Li, Changhui Peng, Cong Liu, Xiaolu Zhou, Zhengmiao Deng, Cicheng

Zhang, Zelin Liu // Environmental Reviews, 2023. – Volume 31. – Issue 3. – Pages: 565-588. // DOI: <https://doi.org/10.1139/er-2022-0111>.

2. Biomonitoring with Lichens and Mosses in Forests // Giorgio Brunialti, Luisa Frati // Forests, 2023 – Volume 14. – Issue 11. – Pages: 2265-2265. // DOI: <https://doi.org/10.3390/f14112265>.

3. Recent Trends and Future Challenges for Lichen Biomonitoring in Forests // Luisa Frati, Giorgio Brunialti // Forests, 2023. – Volume 14. – Issue 3. – Pages 647-647. // DOI: <https://doi.org/10.3390/f14030647>.

4. Integration of ecological indicators to assess a multitemporal impact of cement industries // Claudia Cocozza, Francesco Parisi, Massimo Chiari, Stefano Loppi, Silvana Munzi, Sonia Ravera // Environmental science and pollution research international, 2024. – Volume 31. – Issue 35. – Pages 48233-48249. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11356-024-34079-y>.

5. Survey of artificial intelligence approaches in the study of anthropogenic impacts on symbiotic organisms – a holistic view // Manju M Gupta, Akshat Gupta // Symbiosis, 2021. – Volume 84. – Issue 3. – Pages: 271-283 // DOI: <https://doi.org/10.1007/s13199-021-00778-0>.

DOI:10/58168/FECC2025_161-166

УДК: 574.24

ВЗАИМОСВЯЗЬ РАЗЛИЧНЫХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ СОСТОЯНИЯ ДУБА ЧЕРЕШЧАТОГО В УСЛОВИЯХ АВТОТРАНСПОРТНОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ

Н.Ю. Кулакова

ФГБУН Институт лесоведения РАН, 143030 Московская обл.,
с. Успенское, ул. Советская 21, E-mail: nkulakova@mail.ru

Аннотация. Показано, что на концентрацию в органах дуба тяжелых металлов значительное влияние оказывают значения pH почвы, а концентрация тяжелых металлов, кальция и серы в ветвях деревьев связаны тесной отрицательной зависимостью с концентрациями калия, фосфора и магния и с показателями жизненного состояния деревьев.

Ключевые слова: автотранспортные загрязнители, калий, фосфор, городские насаждения.

INTERRELATIONSHIP BETWEEN VARIOUS INDICATORS OF THE STATE OF ENDOCRINOUS OAK UNDER CONDITIONS OF TRANSPORT POLLUTION

N. Yu. Kulakova

Federal State Budgetary Scientific Institution Institute of Forest Science of the Russian
Academy of Sciences, 143030 Moscow Region, Uspenskoe village, Sovetskaya St. 21, E-mail:
nkulakova@mail.ru

Abstract. It is shown that the concentration of heavy metals in oak organs is significantly affected by soil pH values, and the concentration of heavy metals, calcium and sulfur in tree branches are closely negatively related to the concentrations of potassium, phosphorus and magnesium and to indicators of the vital state of trees.

Keywords: transport pollutants, potassium, phosphorus, urban plantings.

Для характеристики насаждений и условий их произрастания на урбанизированных территориях изучают различные показатели. Их исследование призвано оценить степень воздействие антропогенных факторов, выявить границы возможной адаптации растений, прогнозировать развитие насаждений. Очевидно, что при сравнении насаждений, находящихся в разных условиях антропогенного прессинга, выявляются общие закономерности воздействия загрязнителей на растения. В задачи исследования входило изучение более тонких взаимосвязей между такими показателями, как жизненное состояние

деревьев, концентрации Na, Mg, P, K, Ca, Fe, Cu, Zn, Pb в почве непосредственно под деревом, концентрация Mg, P, K, Ca, Fe, Zn в листьях, Mg, P, K, Ca, Fe, Zn, Cu, Pb – в ветвях, площадь инфицирования листьев деревьев мучнистой росой (*Micro-sphaera alphitoides* Griff. et Maubl.), показатели флуктуирующей асимметрии (ПФА) листьев дуба черешчатого внутри одного насаждения с разновозрастными деревьями, внутри групп деревьев одного насаждения близкого возраста, деревьев одного возраста двух насаждений, находящихся в разных условиях автотранспортного загрязнения.

Определение содержания Na, Mg, P, K, Ca, Fe, Cu, Zn, Pb в почвенных образцах и Mg, P, K, Ca, Fe, Zn, S в растительных образцах проводили рентгенфлуоресцентным методом (РФА) на Спектроскане МАКС-GV («НПО «СПЕКТРОН», Россия) в ЦКП ИФХиБПП РАН. Свинец и медь в растительных образцах определяли атомно-абсорбционным спектрометрическим методом на спектрометре МГА-915МД (ООО "Атомприбор", Россия). Подвижные формы Fe, Cu, Zn, Pb в почве определяли в ацетатно-аммонийной вытяжке (соотношение почва:раствор = 1:5) на атомно-эмиссионном спектрометре с индуктивносвязанной плазмой Optima-5300DV (Perkin Elmer, США). Определение pH в почвенных образцах проводили в водной суспензии (соотношение почва:вода = 1:5) потенциометрически с электродами ЭСК-10601/7 (pH-метр-иономер «Эксперт-001», Россия).

Оценка жизненного состояния деревьев основывалась на признаках, включенных в лесохозяйственную шкалу категорий санитарного состояния (наличие усохших побегов, дефолиации листьев), на классификации роста и развития крон дуба черешчатого (Каплина, Селочник, 2015) (кроны узкие, зонтиковидные и раскидистые), на дополнительных признаках состояния: площади некротизированных тканей листьев, образовании ведьминых метел. По жизненному состоянию мы выделили 3 группы деревьев (Таблица 1).

Таблица 1.

парк 15-20 лет	МКАД 15-20 лет	МКАД 100 лет	Вид крон деревьев (по Каплина, Селочник, 2013): У – узкие; З – зонтиковидные; Р – раскидистые. Группы жизненного состояния: I – наихудшее; II – среднее; III – наилучшее
Пу	Iy	Iз	
IIIз	Iy	Iз	
IIIз	Iy	IIз	
IIIз	Пу	IIз	
IIIз	Пу	IIIр	
IIIз	Пу	IIIр	
IIIз	Пу	IIIр	
IIIз	Пу	IIIр	
	IIз	IIIр	

	Шз	Шр	
В группу I попали деревья с узкой или зонтиковидной кроной, наличием «ведьминых метл», сухих ветвей, составляющих от $\frac{1}{3}$ до $\frac{1}{2}$ части кроны, и с листьями, площадь некротических тканей у которых в августе, до появления осеннего окрашивания, составляла более 30-40%.			
В группе II оказались деревья с небольшим количеством сухих ветвей (менее $\frac{1}{3}$ кроны) и площадью некротических тканей листьев от 10 до 30%.			
Группу III составили деревья с наилучшим состоянием (отсутствие сухих ветвей, площадь некротических тканей листьев до 10%, лучше развитые кроны)			

Площадь листа, занятую мучнистой росой измеряли с применением сканирования (сканер Samsung Xpress M2070) и программы PhotoM1.21 А. Черниговского. Для дерева процент площади листьев, покрытой мучнистой росой (S_{mp}), вычислялся как среднее из измерений 10 листьев.

Для оценки ФА листьев (ненаправленных отклонений от симметричного развития) свежесобранные листья сканировали, линейные измерения проводили с использованием программы Черниговского. Первый способ оценки флуктуирующей асимметрии заключался в вычислении интегрального показателя стабильности (ИПС) развития, предложенного Захаровым (Захаров и др., 2000) и основанным на соотношении разности и суммы промеров с правой и левой сторон листа. Чем более выражена была асимметричность листовых пластин, тем выше значения показателей стабильности. Для второго способа оценки ФА использовали только длины жилок второго порядка: $\frac{|b_l - b_r|}{(b_l + b_r)}$.

Статистическая обработка данных включала вычисление коэффициентов корреляции Пирсона (r_p для) неранжированных рядов и коэффициента корреляции Спирмана (r_s) для ранжированных.

Значимая положительная корреляционная связь между содержанием элементов в различных слоях почвы под деревьями и концентрацией этих элементов в ветвях деревьев наблюдается только для валовых форм Fe в слоях 0–10 см и 20–40 и K на глубинах 20–40 и 20–60 см. В листьях аналогичный тип связи был выявлен только для содержания K на глубине 20–40 см.

Важным параметром, влияющим на подвижность тяжелых металлов (ТМ) в почве, является величина pH почвенного раствора. В исследованных почвах значения pH верхних горизонтов изменялись от 6,3 до 7,4. Известно, что в щелочной среде ТМ менее подвижны. Тем не менее была выявлена положительная корреляция между содержанием ТМ в ветвях и значениями pH в верхних слоях почвы (табл. 2).

Таблица 2

Слой почвы, см	Zn	Fe	Ca	K	S	Mg	P
0–10	0.50*	0.67*	0.47*	-0.67*	0.57*	-0.45*	-0.61*
10–20	0.43*	0.48*	0.42*	-0.60*	0.47*	-0.41*	-0.60*
20–40	0.35	0.35	0.32	-0.48*	0.39	-0.50*	-0.65*

Высокие отрицательные значения коэффициентов корреляции между содержанием К, Р и Mg в ветвях и значениями pH (табл. 2), вероятно связаны с одинаковым распределением значений pH и содержанием водорастворимых и обменных форм Ca и Na в верхних горизонтах почвы из-за применения антиголландных средств и с конкуренцией ионов K^+ и Mg^{2+} с ионами Na^+ и Ca^{2+} при поглощении их растениями. Выявлена также отрицательная корреляция между значениями pH и концентрацией Р, которая может быть обусловлена его закреплением в верхних горизонтах почвы в виде малорастворимых фосфатов кальция. Коэффициент корреляции между содержанием общего Р и Са в почве был высоким – $r_p=0.77$ ($n=72$).

При загрязнении почв ТМ возникает дисбаланс между поступлением в растение макро- и микроэлементов из почвы. Повышенное содержание в почве комплекса ТМ, имеющее место при автотранспортном загрязнении, приводит к сложной системе взаимодействий при поглощении ТМ, К, Р и Mg растениями.

Таблица 3 Коэффициенты корреляции Пирсона (r_p) между содержанием различных элементов в листьях и в ветвях (выделено курсивом)

Статистически значимые корреляции ($p \leq 0,05$; $n=28$) отмечены *

	Zn	Fe	Cu	Pb	Ca	K	S	Mg	P
Zn	1	<i>0.78*</i>	–	–	<i>0.63*</i>	<i>0.60*</i>	<i>0.45*</i>	<i>0.47*</i>	<i>0.71*</i>
Fe	<i>0.80*</i>	1	–	–	<i>0.62*</i>	<i>0.67*</i>	<i>0.61*</i>	<i>0.53*</i>	<i>0.68*</i>
Cu	<i>0.21</i>	<i>0.20</i>	1	–	–	–	–	–	–
Pb	<i>0.22</i>	<i>-0.05</i>	<i>-0.02</i>	1	–	–	–	–	–
Ca	<i>0.63*</i>	<i>0.79*</i>	<i>0.18</i>	<i>-0.04</i>	1	<i>0.55*</i>	<i>0.40*</i>	<i>0.63*</i>	<i>0.67*</i>
K	<i>-0.65*</i>	<i>-0.79*</i>	<i>0.16</i>	<i>-0.06</i>	<i>-0.69*</i>	1	<i>0.60*</i>	<i>0.39*</i>	<i>0.60*</i>
S	<i>0.86*</i>	<i>0.93*</i>	<i>0.24</i>	<i>0.04</i>	<i>0.76*</i>	<i>-0.75*</i>	1	<i>0.49*</i>	<i>0.65*</i>
Mg	<i>-0.13</i>	<i>-0.41*</i>	<i>0.32</i>	<i>0.28</i>	<i>-0.42*</i>	<i>0.48*</i>	<i>-0.35</i>	1	<i>0.52*</i>
P	<i>-0.55*</i>	<i>-0.68*</i>	<i>0.29</i>	<i>-0.11</i>	<i>-0.64*</i>	<i>0.80*</i>	<i>-0.70*</i>	<i>0.65*</i>	1

Была обнаружена положительная корреляция между содержанием в ветвях таких элементов, как Zn, Fe, S и Ca и отрицательная – между содержанием этих элементов и концентрацией К и Р (табл. 3). В листьях концентрация К и Р наоборот положительно коррелировала с концентрацией Zn, Fe, S и Ca.

Между концентрациями цинка, железа, кальция и серы в ветвях и жизненным состоянием деревьев существовала тесная отрицательная зависимость ($r_p = -0,49, -0,54^* - 0,58^*, -0,58^*$), калием и фосфором – положительная ($r_p = 0,60, 0,58$). Последняя закономерность отсутствует в листьях. Мы полагаем, что в условиях автотранспортного загрязнения есть дефицит К и Р в растениях, который в листьях растений покрывается за счет уменьшения концентрации элементов в ветвях. Это предположение подтверждает статистически значимая положительная корреляция между отношением концентрации К и Р в ветвях и листьях деревьев и номером группы, характеризующим жизненное состояние деревьев ($r_s = 0,63$ и $0,70$ соответственно).

Анализ зависимости величины площади, занятой на листьях мучнистой росой (Smp), от концентрации поллютантов, калия и фосфора в листьях показал значимое влияние высоких концентраций Zn, Fe и Ca ($r_c=0.60, 0,50$ и $0,39$; $n=28$) на инфицирование грибом для всей

совокупности деревьев и низкой концентрации К в группе 15–20-летних деревьев у МКАД ($r_s = -0.71$; $n=10$) (таблица 4). В условиях загрязнения воздуха окислами азота, входящими в состав автотранспортных выбросов, расстояние дерева от магистрали оказывало заметное влияние на степень инфицирования (таблица 4).

Таблица 4. Коэффициенты корреляции между площадью листьев, покрытых мучнистой росой (S_{mp}) и содержанием элементов в листьях и ветвях деревьев, расстоянием от автомагистрали (r_p), жизненным состоянием деревьев (r_s)

Концентрация в листьях				Концентрация в ветвях					баллы жизненности	расстояние от дороги
n=28			n=10 (МКАД, 15-20 лет)	n=28					n=28	n=20 (МКАД 15-20 и 100 лет)
Zn	Fe	Ca	K	Zn	Fe	Ca	K	S		
60	50	39	-0,71	0,58	0,73	0,53	-0,54	0,74	-0,48	0,48

Во всей совокупности деревьев обнаружены положительные корреляции значений ИПС с концентрациями Ca, S, Fe в листьях, с содержанием Na, Mg, Ca, Cu, Fe и Zn в почве, с величиной S_{mp} и отрицательные – с жизненным состоянием деревьев и концентрацией Р в листьях (таблица 5). В небольших выборках деревьев (при $n=8-10$) влияние концентрации поллютантов на ПФА проявлялось только у группы молодых деревьев у МКАД, а влияние S_{mp} – у деревьев, произрастающих в наиболее чистых условиях местообитания. В листьях деревьев среднего и наилучшего состояния не сказывалось влияние железа и кальция.

Таблица 5. Коэффициенты корреляции (r_p) между значениями ИПС и ДПЖ и содержанием различных элементов в листьях, в ветвях, в почве, S_{mp} и (r_s) группой жизненного состояния

объект	элемент	ИПС	ПДЖ
ветви 15-20 лет, МКАД, n=10	Pb	0,67	
листья n=28	P	-0,85	-0,95
	Mg	-0,7	
	Ca	0,51	
	Fe	0,39	
	S	0,38	
листья группы II и III, n=23	S	0,85	
	Fe	0,46	
баллы жизненности, n=28		-0,33	
баллы жизненности, 15-20 лет, МКАД, n=10		-0,50	
почва n=28	элемент	0-10 см	10-20 см
	Na	0.42	0.04
	Mg	0.47	0.16

	P	0.34	0.49
	K	0.09	-0.16
	Ca	0.61	0.52
	Fe	0.41	0.14
	Cu	0.43	0.08
	Zn	0.53	0.24
	Pb	-0.16	-0.06
Smp, n=28		0,49	
Smp, n=8 15-20 –лет парк		0,78	

Выводы

Поступление ТМ, Ca, S, Na, K, P и Mg в органы дуба черешчатого в большей степени контролируется значениями pH верхних горизонтов почвы (при значениях pH почвы, близких к нейтральным), чем содержанием валовых или подвижных форм этих элементов в почве.

Антагонистическое поступление ТМ, Ca и серы с одной стороны и K, P и Mg с другой, проявляется в отрицательных корреляционных зависимостях между концентрацией этих элементов в органах дуба и, вероятно, приводит к дефициту последних в растениях.

Показатели жизненности связаны более тесной отрицательной зависимостью с концентрацией ТМ, S, Ca и более тесной положительной зависимостью с концентрацией K, P и Mg, в ветвях, чем с в листьях, что на наш взгляд, является проявлением защиты ассимиляционного аппарата в условиях избыточного накопления поллютантов и дефицита K, P и Mg в растениях.

Зависимость ПФА от разных факторов определялась интенсивностью их воздействия – на участке у МКАД ИПС (интегральные показатели стабильности) наиболее тесно были связаны с концентрацией ТМ в органах дуба, на менее подверженном автотранспортному влиянию участке в парке – с площадью покрытия листьев мучнистой росой.

Расчеты ФА на основе одного показателя оказались не эффективными.

Список литературы

1. Каплина Н. Ф., Селочник Н. Н. Текущее и долговременное состояние дуба черешчатого в трех контрастных типах леса южной лесостепи // Лесоведение. – 2015. – №. 3. – С. 191-201.
2. Здоровье среды: методы оценки / Захаров В.М, Баранов А.С., Борисов В.И., Валецкий А.В., Кряжева Н.Г. Чистякова Е.К., Чубинишвили А.Б. ООО УМК «Психология». Москва. 2000. 66 с.

References

1. Kaplina N. F., Selochnik N. N. Current and long-term state of common oak in three contrasting forest types of the southern forest-steppe // Forest Science. - 2015. - No. 3. – P. 191-201.
2. Environmental health: assessment methods / Zakharov V.M., Baranov A.S., Borisov V.I., Valetsky A.V., Kryazheva N.G., Chistyakova E.K., Chubinishvili A.B. ООО УМК "Psychology". Moscow. 2000. 66 p.

ОЦЕНКА ЖИЗНЕСПОСОБНОСТИ ЛЕСНЫХ КУЛЬТУР НА КАРБОНОВОМ ПОЛИГОНЕ ВОРОНЕЖСКОЙ ОБЛАСТИ

А.В. Поддубная, Д.А. Литовченко

Воронежский государственный лесотехнический университет имени Г.Ф. Морозова,
г. Воронеж, Россия, e-mail: nastya23021999@mail.ru

Аннотация. Оценка жизнеспособности лесных культур показала, что большую приживаемость имеет береза повислая «УГ-1», диапазон варьирования составляет от 50 до 86%, в зависимости от схемы смешения. В среднем приживаемость на исследуемых участках лесных культур в 93 квартале 1 выделе составила 54,06%. Во всех схемах смешения тополь «Э.С.-38» и береза повислая «УГ-1» показывают высокую приживаемость – до 89%.

Ключевые слова: карбоновый полигон, схема смешения, береза повислая «УГ-1», тополь «Э.С.-38», сосна обыкновенная.

ASSESSMENT OF VIABILITY OF FOREST CROPS AT THE CARBON POLYGON OF THE VORONEZH REGION

A.V. Poddubnaya, D.A. Litovchenko

Voronezh State University of Forestry and Technologies named after G.F. Morozov,
Voronezh, Russia, e-mail: politunovalera02@mail.ru

Abstract. The assessment of the viability of forest crops showed that silver birch "UG-1" has a higher survival rate, the range of variation is from 50 to 86%, depending on the mixing scheme. On average, the survival rate in the studied areas of forest crops in the 93rd quarter of the 1st section was 54.06%. In all mixing schemes, poplar "ES-38" and silver birch "UG-1" show high survival rates - up to 89%.

Keywords: carbon polygon, mixing scheme, silver birch "UG-1", poplar "ES-38", Scots pine

Введение

Цель исследования состояла в оценке жизнеспособности лесных культур, созданных в ходе лесовосстановления на участках гарей разных лет (2010-2021 гг.) в Левобережном участковом лесничестве Пригородного лесничества. В Российской Федерации идет тенденция к созданию карбоновых полигонов, предназначенных для мониторинга парниковых газов и

создания методики расчетов способности поглощения углерода окружающей средой из атмосферы. Первая карбоновая площадка в России была открыта в Калужской области компанией Ctrl2GO в сентябре 2020 года в национальном парке «Угра». Спустя год после открытия первой карбоновой фермы они стали появляться по всей стране в ускоренном темпе.

Объекты и методы исследования

Карбоновый полигон Воронежской области расположен на территории Пригородного лесничества Левобережного участкового лесничества, расположенного на территории земель лесного фонда северной части Воронежской области в пределах городского округа город Воронеж, общая площадь его составляет 753 га. Объектом исследования являлся 93 квартал выдел 1, находящийся на территории Левобережного участкового лесничества Пригородного лесничества Воронежской области (УОЛ ВГЛТУ). До посадки лесных культур выдел характеризовался лесными культурами 10-12 лет 2013 года посадки. Присутствовал подрост 8Ос2Б высотой 3,5 м, в количестве 3000 шт./га. В 2021 году произошел низовой устойчивый пожар.

В 2022-2024 годах в 93 квартале произведена уборка сгоревшей древесины, подготовка почвы под посадку, ручная посадка с дальнейшим агротехническим уходом за ними. Посадочный материал с ЗКС. В 2022 году на территории выдела 1 квартала 93 произведена посадка лесных культур различными схемами смешения – 4СЗБЗТ, 5БЗТ2С, 6СЗБ2Д с размещением $3,0 \times 1,0$ м. Нами изучена приживаемость и сохранность лесных культур сосны обыкновенной, березы повислой «УГ-1», тополя «Э.С.-38» и дуба черешчатого. Заложено три временных пробных площадей для оценки жизнеспособности культур.

При проведении исследований приживаемости, состояния и роста лесных культур использовать действующие «Правила лесовосстановления» [1], а также «Методические рекомендации по планированию, проектированию, приемке, инвентаризации, списанию объектов лесовосстановления и лесоразведения и оценке эффективности мероприятий по лесовосстановлению и лесоразведению» [2].

В основу исследования лесных культур положен метод временных пробных площадей (ВПП). Все ВПП закладывались с учётом требований ОСТ 56-69-83 «Площади пробные лесоустроительные» [3], а также на основании методических рекомендаций [4]. Каждая ВПП в натуре ограничивалась с помощью угломерных инструментов, обмерялась мерной лентой, а по углам закреплялась колышками. В процессе исследований устанавливалось количество посадочных мест, а также густота сохранившихся растений, расстояние между рядами и шаг посадки. При оценке качества лесных культур учитывали приживаемость деревьев главной породы, которое должно составлять для культур 1-го класса не менее 80%, а для культур 2-го класса качества – не менее 50% от общего числа посадочных мест главной породы.

Результаты исследования и их обсуждение

У 5-летних сеянцев сосны на ВПП 1 размах значений высоты составляет от 27 до 48 см (таблица 1). Коэффициент вариации достигает 33,5%. На ВПП 2 размах значений диаметра стволика сосны у корневой шейки составляет от 35 до 67 см. На ВПП 3 размах значений диаметра стволика сосны у корневой шейки составляет от 42 до 95 см (таблица 2).

Таблица 1 – Лесоводственно-технологическая характеристика ВПП на территории Левобережного участкового лесничества (схема смешения 4СЗБЗТ)

№ ВПП	Порода	Возраст, лет	Средние		Число растений, шт. /га	ТЛУ	Коэффициент вариации	
			Н, мм	Д, мм			Н, %	Д, %
ВПП 1	Сосна	5	37	46,9	1280	A ₂	33,5	22,8
	Береза	5	116	75,6	1060	A ₂	14,2	20,3
	Тополь	5	165	102,4	960	A ₂	9,3	11,8

Таблица 2 – Лесоводственно-технологическая характеристика ВПП на территории Левобережного участкового лесничества (схема смешения 6С2Б2Д)

№ ВПП	Порода	Возраст, лет	Средние		Число растений, шт. /га	ТЛУ	Коэффициент вариации	
			Н, мм	Д, мм			Н, %	Д, %
ВПП 3	Сосна	5	81	46,8	2064	B ₂	22,4	15,6
	Береза	5	125	75,6	605	B ₂	10,8	13,2
	Дуб	5	42	35,8	631	B ₂	8,6	6,4

Тополь «Э.С.-38» и береза имеют более высокие показатели высоты и диаметра. На ВПП 1 диапазон размаха диаметра стволика тополя у корневой шейки составляет от 99,5 до 118,3 мм. На ВПП 2 диаметр стволика тополя варьирует от 102,3 до 147,6 мм. На всех ВПП наблюдается наибольшее варьирование по диаметру у лесных культур сосны – от 15,6 до 32,6% и также по высоте – от 12,8 до 33,5%, в связи с неоднородным ростом лесных культур.

Наибольшие показатели в высоту и по диаметру отмечены у тополя «Э.С.-38». Отдельные растения тополя в высоту превышали 3 метра.

Нами проведено исследование сохранности растений в каждой изученной схеме смешения. На ВПП 1 при схеме смешения 4СЗБЗТ сохранность составляет 55 %. Всего учтено 1846 сохранившихся растений и 1454 погибших. В основном причиной может служить большое усыхание лесных культур сосны и ее низкая приживаемость при посадке 2022 года (таблица 2).

На ВПП 2 при схеме смешения 5БЗТ2С сохранность составляет 75 %. Всего учтено 2607 сохранившихся растений и 693 погибших. Высокая приживаемость за счет березы и тополя ЭС-38. Но при этом все растения сосны (около 90%) погибли.

На ВПП 3 при схеме смешения 6С2Б2Д сохранность составляет 33 %. Всего учтено 1044 сохранившихся растений и 2256 погибших. В основном вся сосна выпала, погибла или в первый год засохла (таблица 3).

Таблица 3 – Количество учтенных растений на ВПП 1 (5-летние культуры)

№ рядов	Размер проб		Порода	Учтено		Приживаемость, %
	кв.м	пог.м		сохранившихся	погибших	
1.		100	сосна	101	219	31,56
2.		100	сосна	96	224	30,00
3.		100	сосна	97	223	30,31
4.		100	сосна	101	219	31,56
5.		100	береза	290	60	82,86
6.		100	береза	301	54	84,79
7.		100	береза	297	58	83,66
8.		100	тополь	187	133	58,44
9.		100	тополь	189	131	59,06
10.		100	тополь	187	133	58,44
Всего на пробе		1000		277	218	55,07
В пересчете на 1 га				1846	1454	55,07

Даже при регулярном поливе и агротехнических уходах изначальная приживаемость сосны составила около 30%.

В среднем приживаемость на исследуемых участках лесных культур в 93 квартале 1 выделе составила 54,06%.

Среднее увеличение прироста за 2022-2024 гг. у сосны равно 25 см; по березе – 55 см, по тополя около 90 см, по дубу – 9 см, это свидетельствует об интенсивном росте и развитии растений. Коэффициент вариации равен 9,6%, при очень низкой погрешности в расчетах – 1,8%. Коэффициент вариации признака и точность уменьшаются, достоверность увеличивается. Показатели достоверности за каждый год > 3, а показатели точности < 5. Из этого можно сделать вывод, что данные исследования можно считать достоверными.

Заключение.

Большую приживаемость имеет береза повислая «УГ-1» диапазон варьирования составляет от 50 до 86%, в зависимости от схемы смешения. Худшую приживаемость показывает сосна обыкновенная – от 19 до 54%. Наблюдается массовое усыхание культур сосны, что возможно связано с технологией посадки, бедностью почвы, нарушением гидрологического режима почв и т.д.

В среднем приживаемость на исследуемых участках лесных культур в 93 квартале 1 выделе составила 54,06%. Во всех схемах смешения тополь «Э.С.-38» и береза повислая «УГ-1» показывают высокую приживаемость – до 89%.

Список литературы

1. Правила лесовосстановления / Утверждены Приказом Министерства природных ресурсов и экологии РФ от 25 марта 2020 г. № 188. Режим доступа – свободный, сайт – <http://www.rosleshoz.gov.ru>.
2. Методические указания по планированию, проектированию, приемке, инвентаризации, списанию объектов лесовосстановления и лесоразведения и оценке эффективности мероприятий по лесовосстановлению и лесоразведению. Москва / ФГУ ВНИИЛМ. – 2011. – 55 с.
3. ОСТ 56–69–83 Площади пробные лесоустроительные. Методы закладки. Введен 01.01.84. – 59 с.
4. ОСТ 56-99-93 Культуры лесные. Оценка качества. Дата введения 1994-04-01. – 10 с.

References

1. Forest restoration rules / Approved by the Order of the Ministry of Natural Resources and Environment of the Russian Federation dated March 25, 2020 No. 188. Access mode - free, website - <http://www.rosleshoz.gov.ru>.
2. Methodological guidelines for planning, design, acceptance, inventory, write-off of forest restoration and afforestation objects and assessment of the effectiveness of forest restoration and afforestation measures. Moscow / FGU VNIILM. – 2011. – 55 p.
3. OST 56-69-83 Forest management trial areas. Planting methods. Introduced on 01.01.84. – 59 p.
4. OST 56-99-93 Forest crops. Quality assessment. Date of introduction 1994-04-01. – 10 p.

ДИНАМИКА РОСТА И РАЗВИТИЯ СМЕШАННЫХ ДУБРАВ ЦЧР, ОСОБЕННОСТИ ДЕПОНИРОВАНИЯ УГЛЕРОДА

А.И. Миленин, Д.Н. Мамонов

Воронежский государственный лесотехнический университет имени Г.Ф. Морозова,
г. Воронеж, Россия, e-mail: milenin2011@mail.ru

Аннотация. Приводятся данные изучения насаждений в условиях Центрально-Чернозёмной лесостепи и процессов, протекающих при этом, в частности, динамики поглощения углекислого газа и накопления углерода в различных пулах фитомассы насаждений. Актуальность исследования обусловлена постоянным ухудшением состояния окружающей среды в плане увеличения выбросов парниковых газов, что, в свою очередь, ведёт к значительному ухудшению климата на планете.

Ключевые слова: дубравы, фитомасса, депонирование углерода.

DYNAMICS OF GROWTH AND DEVELOPMENT OF MIXED OAK FORESTS OF THE CENTRAL BLACK EARTH REGION, FEATURES OF CARBON DEPOSITION

A.I. Milenin, D.N. Mamonov

Voronezh State University of Forestry and Technologies named after G.F. Morozov,
Voronezh, Russia, e-mail: milenin2011@mail.ru

Abstract. The article presents data on the study of plantations in the conditions of the Central Black Earth forest-steppe and the processes occurring in this case, in particular, the dynamics of carbon dioxide absorption and carbon accumulation in various pools of plantation phytomass. The relevance of the study is due to the constant deterioration of the environment in terms of increasing greenhouse gas emissions, which, in turn, leads to a significant deterioration in the climate on the planet.

Keywords: oak forests, phytomass, carbon sequestration.

Целью настоящего исследования является дальнейшее изучение особенностей роста и развития смешанных дубовых насаждений в условиях Центрально-Чернозёмной лесостепи и процессов, протекающих при этом, в частности, динамики поглощения углекислого газа и накопления углерода в различных пулах фитомассы насаждений. Актуальность исследования

обусловлена постоянным ухудшением состояния окружающей среды в плане увеличения выбросов парниковых газов, что, в свою очередь, ведёт к значительному ухудшению климата на планете [5].

Исследования были проведены в насаждениях, произрастающих в квартале 41 Правобережного участкового лесничества, Пригородного лесничества Воронежской области. Постоянные пробные площади были заложены Новосельцевым В. Д. [1] в 19... году. В 1993 г. на пробных площадях были проведены очередные исследования Милениным А. И.

Пробные площади заложены в типе леса – дубрава осоко-снытьевая, тип условий местопроизрастания – С₂Д, класс бонитета – II.

Подрост редкий, представлен ясенем обыкновенным, клёном остролистным, единично дубом.

Подлесок средней густоты. В его составе отмечены лещина, клён татарский, бересклет бородавчатый.

В составе напочвенного покрова встречаются папоротник орляк, купена лекарственная, осока волосистая, копытень европейский, медуница неясная.

Рельеф участка ровный.

Таксационная характеристика насаждений в динамике представлена в таблице 1.

Анализ представленных данных позволяет проанализировать динамику развития насаждений за 30 – летний период.

На пробной площади 1 по данным 1993 г. произрастало насаждение с преобладанием дуба, смешанное по составу, сложное по форме, достаточно высокопродуктивное II-го класса бонитета. За прошедший период произошли следующие изменения. Доля дуба в составе насаждения уменьшилась с 6-ти до 4-х единиц. Насаждение стало простым по форме, в составе насаждения из 2-го яруса в настоящее время присутствую 10% клёна остролистного и примесь липы и клёна полевого. Несмотря на снижение числа стволов за счёт естественного отпада, наблюдается повышение значений относительной полноты (с 0,95 в 1993 г. до 1,06 в 2021 г.) и запаса (с 278 м³/га в 1993 г. до 392 м³/га в 2021 г.). Запас сухостоя в настоящее время составляет 26 м³/га.

Выявленные тенденции в определённой степени характерны и для насаждений, произрастающих на пробных площадях 2 и 3. Общей закономерностью является увеличение за прошедший период доли спутников дуба (ясень, клён, липа) в составе насаждения. Эта закономерность носит положительный характер, поскольку взаимное влияние дуба и его спутников в значительной степени обуславливается разными сроками и активностью поглощения и выделения их корневыми системами минеральных питательных веществ [1,2]. При этом запас насаждений за 30-летний период в среднем увеличился на 22,3 %. Древесные породы с разными ритмами минерального питания более оптимально и рационально используют почвенно-грунтовые условия в своём развитии и накоплении органического вещества, что, в свою очередь, увеличивает интенсивность процесса фотосинтеза, а значит, и величины поглощения углекислого газа и накопления углерода [1].

В этом направлении мы провели оценку вышеуказанных величин. Расчёты проведены по «Методическим указаниям по количественному определению объёма поглощения парниковых газов», утверждённых распоряжением МПР от 30.06.2017 №20-р. [3].

Таблица 1 - Таксационная характеристика насаждений на пробных площадях

Тип леса / Кл. бонитета	№ яруса	Состав	Возраст, лет	Высота, м	Диаметр, см	Сумма пл. сеч., м2/га	Число стволов, шт./га	Полнота	Запас, м3/га	
									раст.	сух.
ППП 1, таксационная характеристика, перечень 1993 г.										
Досн/	1	6Д	80	24,8	29,6	12,120	176	0,37	114	
II		2Яс		25,4	29,6	4,700	68	0,17	56	
		1Кло		21,5	24,0	2,760	52	0,09	23	
		1Лп		23,8	31,0	1,812	24	0,04	21	
Итого						21,392	320	0,67	214	
	2	6Кло	40	16,1	14,7	4,580	268	0,19	37	
		4Лп		16,6	12,9	2,856	212	0,08	25	
		В		13,7	15,1	0,292	16	0,01	2	
Итого						7,728	496	0,28	64	
Всего						29,120	816	0,95	278	
Перечёт 2021 г.										
Досн/		4Д	110	26,0	38,3	11,980	104	0,35	147	18
II		2Яс		26,8	43,0	7,558	52	0,27	94	
		2Лп		24,2	38,8	7,088	60	0,16	76	5
		1Кло		24,3	33,8	3,219	36	0,15	37	
		1Кло	70	15,8	15,7	3,617	188	0,10	30	
		Лп		18,0	17,2	1,024	44	0,03	8	3
		Клп								
Итого						34,486	484	1,06	392	26
ППП 2, таксационная характеристика, перечень 1993 г.										
Досн/	1	5Д	80	24,0	31,0	16,000	212	0,50	179	
II		2Лп		24,2	32,3	4,930	60	0,19	56	
		2Яс		22,0	26,6	2,620	48	0,09	26	
		1Кло		24,3	32,5	5,280	64	0,12	61	
Итого						28,830	384	0,90	322	
	2	5Кло	40	13,2	11,6	3,12	296	0,14	20	
		5Лп		13,5	11,9	1,51	136	0,05	10	
Итого						4,63	432	0,19	30	
Всего						33,46	816	1,09	352	
Перечёт 2021 г.										
Досн/		4Яс	110	23,8	37,0	12,030	112	0,46	137	20
II		3Д		25,4	37,0	7,753	72	0,24	94	4
		1Лп		24,0	37,9	4,054	36	0,09	43	
		1Лп	70	18,3	19,5	4,030	136	0,12	33	1
		1Кло		17,7	17,6	2,536	104	0,10	21	
		Кло	110	24,0	33,0	1,370	16	0,04	15	1
Итого						31,773	476	1,05	343	26

Окончание таблицы 1

Тип леса / Кл. бонитета	№ яруса	Состав	Возраст, лет	Высота, м	Диаметр, см	Сумма пл. сеч., м2/га	Число стволов, шт./га	Полнота	Запас, м3/га	
									раст.	сух.
ППП 3, таксационная характеристика, перечень 1993 г.										
Досн/	1	5Д	80	24,6	29,2	13,2	192	0,39	155	
II		2Кло		21,8	22,6	4,74	120	0,16	49	
		2Яс		25,3	29,2	3,73	56	0,13	44	
		1Лп		22,5	26,0	2,55	48	0,06	29	
Итого						24,22	416	0,74	277	
	2	5Кло	40	15,3	12,9	2,288	172	0,10	15	
		5Лп		16,3	12,4	1,744	140	0,05	3	
Итого						4,032	312	0,15	18	
Всего						28,252	728	0,89	295	
Перечёт 2021 г.										
Досн/		3Д	110	22,6	31,5	6,856	88	0,22	100	5
III		2Яс		26,3	42,6	5,700	40	0,21	70	-
		2Кло		23,8	32,5	7,293	88	0,23	82	-
		1Лп		22,7	32,6	2,670	32	0,06	26	-
		1Кло	70	16,2	16,6	4,982	232	0,20	41	
		1Лп		18,7	20,4	2,351	72	0,07	19	8
Итого						29,852	552	0,99	338	13

Данная методика с 2010 года используется в Национальном кадастре парниковых газов для формирования отчётности по сектору лесного хозяйства [4]. Эта методика полностью соответствует руководящим указаниям МГЭИК по эффективной практике для землепользования, изменений в землепользовании и лесном хозяйстве (МГЭИК, 2003), а также руководящим принципам МГЭИК для национальных инвентаризаций парниковых газов (МГЭИК, 2006). Это положение подтверждается неоднократными проверками экспертами РКИК ООН, традиционно уделяющих пристальное внимание национальной отчетности по стокам углерода в управляемых лесах. Методика была доработана с учетом замечаний по результатам проверки НДК парниковых газов в 2009-2010 г.

Средние количественные показатели по динамике бюджета углерода на пробных площадях представлены в табл. 2.

Таблица 2 – Динамика бюджета углерода на пробных площадях

Пул углерода	Количество депонированного углерода, т/га по годам наблюдения	
	1993 г.	2021 г.
Фитомасса	158,02	170,49
Мёртвая древесина	24	23,28
Подстилка	5,58	5,62
Слой почвы 0-30 см	50,6	51,4
Итого	238,20	250,79

Данные табл. 2 показывают, что в 80 – летних дубовых фитоценозах депонировано 238,2 т углерода/га, в 110 – летних – 250,79 т/га.

Нами проведён средний ежегодный расчёт накопления углерода в пуле фитомассы насаждения. Для 80 – летних насаждений эта величина составляет 1,98 т/га, для 110 – летних – 1,55 т/га. Наши данные сопоставимы с аналогичными показателями для лесов ЦЧР, которые варьируют от 1,2 т/га (Курская область) до 1,6 т/га (Белгородская область). Для Воронежской области этот показатель составляет 1,45 т/га.

Список литературы

1. Новосельцев, В. Д. Дубравы / В.Д. Новосельцев, В.А. Бугаев. – М.: Агропромиздат, 1985. – 214 с.
2. Глебов, В. А. Особенности роста молодняков кленово-липовых дубрав / В. А. Глебов // Лесное хозяйство. – 1982. – № 1. – С. 40-42.
3. Методические указания по количественному определению объёма поглощения парниковых газов. Утверждены распоряжением МПР от 30.06.2017 №20-р.
4. Национальный доклад о кадастре антропогенных выбросов из источников и абсорбции поглотителями парниковых газов, не регулируемых Монреальским протоколом за 1990-2018 гг. – М., 2020. – Ч. 1. – 480 с.
5. Замолодчиков, Д. Г. Динамика бюджета углерода лесов России за два последних десятилетия / Д.Г. Замолодчиков, В.И. Грабовский, Г.Н. Краев // Лесоведение. – 2011. – № 6. – С. 16-28.

References

1. Novosel'tsev, V. D. Dubrava / V. D. Novosel'tsev, V. A. Bugaev. - M.: Agropromizdat, 1985. - 214 p.
2. Glebov, V. A. Features of growth of young maple-linden oak groves / V. A. Glebov // Forestry. - 1982. - No. 1. - P. 40-42.
3. Guidelines for quantitative determination of the volume of greenhouse gas absorption. Approved by the order of the Ministry of Natural Resources dated 30.06.2017 No. 20-r.
4. National inventory report of anthropogenic emissions by sources and removals by sinks of greenhouse gases not controlled by the Montreal Protocol for 1990-2018. - M., 2020. - Part 1. - 480 p.
5. Zamolodchikov, D. G. Dynamics of the carbon budget of Russian forests over the past two decades / D. G. Zamolodchikov, V. I. Grabovsky, G. N. Kraev // Forest Science. - 2011. - No. 6. - P. 16-28.

DOI:10/58168/FECC2025_177-181

УДК 57.03

ОЦЕНКА СОСТОЯНИЯ ЛЕСНЫХ ЭКОСИСТЕМ ПОРЕЦКОГО УЧАСТКОВОГО ЛЕСНИЧЕСТВА МОСКОВСКОЙ ОБЛАСТИ

Е.В. Моисеева, Т.Н. Крамарева

Воронежский государственный лесотехнический университет имени Г.Ф. Морозова,
г. Воронеж, Россия, e-mail: evjen23.82@rambler.ru

Аннотация. В статье представлены результаты исследований состояния лесных экосистем Порецкого участкового лесничества, входящего в состав Бородинского лесничества. Особое внимание уделено лиственным насаждениям, созданным Карлом Трюмером около 150 лет назад.

Ключевые слова. Лесные экосистемы, эколого-биологическая оценка, состояние насаждений.

ASSESSMENT OF THE STATE OF FOREST ECOSYSTEMS OF THE PORETSKOY DISTRICT FORESTRY OF THE MOSCOW REGION

E.V. Moiseeva, T.N. Kramareva

Voronezh State University of Forestry and Technologies named after G.F. Morozov,
Voronezh, Russia, e-mail: evjen23.82@rambler.ru

Abstract. The article presents the results of studies of the state of forest ecosystems of the Poretsky district forestry, which is part of the Borodinsky forestry. Particular attention is paid to the larch plantations created by Karl Trumer about 150 years ago.

Keywords. Forest ecosystems, ecological and biological assessment, condition of forest stands.

Лесные экосистемы являются неотъемлемой частью глобальной экосистемы нашей планеты – биосферы. По сути, леса являются одной из ее важнейших частей, которая формирует климат нашей планеты, обеспечивает постоянный состав атмосферы и выполняет много других важных функций. Кроме того, леса относятся к группе возобновляемых ресурсов и играют важную роль в экономике стран, на территории которых они произрастают.

Российская Федерация занимает 1-ое место в мире по лесным территориям (8153116 км², 49,8% от общей площади. Самые большие территории, покрытые лесами в нашей стране,

располагаются в Иркутской и Костромской областях, республике Коми и Пермском крае. В Московской области площадь лесов составляет около 2 млн га, около 41% от общей площади.

Целью нашей работы была оценка состояния лесных экосистем Порецкого участкового лесничества.

Объектом исследования послужила оценка состояния лесных экосистем Порецкого участкового лесничества, которое является частью Бородинского лесничества, расположенного в Московской области.

В соответствии с данными государственного лесного реестра от 1 января 2018 года общая площадь Бородинского лесничества составляет 128706 га.

В состав Бородинского лесничества входит 12 участковых лесничеств. Площадь Порецкого участкового лесничества составляет 7421 га и располагается в северо-западной части Бородинского лесничества [1].

В 1853 году граф Российской Империи Сергей Уваров в ходе европейского заграничного путешествия пригласил к себе в имение на работу немецкого лесоведа Карла Тюрмера. Фактически 1853 год стал годом создания Порецкого участкового лесничества [2]. Леса Бородинского лесничества отнесены к хвойно-широколиственным лесам Европейской части Российской Федерации. На изучаемой территории большую часть занимают сосново-еловые леса с отчетливым кустарничковым ярусом, в котором в основном произрастает черника.

В Порецком лесном участковом лесничестве в настоящее время сохранилось 358 таксационных выделов (участков) лесных культур. Общая площадь – 1603,2 га. Доминирующие породы ель (52 %) и сосна (40 %). Возраст древесных насаждений в среднем составляет 112 лет. В составе лиственничников отмечены древостои старше 121 лет. Доля насаждений в возрасте более 120-ти лет составляют около 72 %. Еловые и сосновые культуры преимущественно представлены растениями до 120-летнего возраста, 88 % и 70 % соответственно. В сосново-еловых насаждениях первый ярус представлен сосной, а второй ярус елью.

В составе изучаемых насаждений чистых культур мало. Преобладают елово-сосновые насаждения (84 %) с преобладанием сосны. В культурах лиственницы преобладают лиственнично-еловые и лиственнично-сосновоеловые – 42 % и 35 % соответственно. Участие в них пород различное: 9-6Л 4-1Е, 8-4Л 4-1С 2-1Е. На остальной части (около 7%) площади культур с преобладанием хвойных пород произрастают раритетные насаждения с редковстречающимся составом.

Среди них на отдельных участках имеются такие уникальные культуры, как, например, елово-липовые, елово-липово-сосновые, лиственнично-сосново-еловопихтовые, лиственнично-вязовые и некоторые другие. Растительными являются также смешанные культуры с преобладанием пихты (6П2Л2Е) и липы (6Лп4Е).

Анализ производительности хвойных культур показал, что их производительность высокая, т.к. средний класс бонитета I, также преобладают 1а1б бонитета.

Наиболее высокую производительность имеют культуры с преобладанием лиственницы. При среднем возрасте 121 год их средние высота (Н) – 38 м, диаметр (D) – 48 см, запас стволовой древесины (М) – 650м³/га, класс бонитета (Б) – Ia и полнота (Р)-0,9. Эти

показатели значительно выше в культурах старше 130 лет. Например, в квартале 214 лиственнично-еловые (9Л1Е) культуры в возрасте 132 года имели: Н-40 м, D-56 см, М 1010 м³/га, Б-1б и Р-1,3. На пробных площадях в 135-их лиственничных насаждениях эти показатели составляли: Н-41- 45 м, D-54-57 см, М 805-1305 м³/га. Наивысшую производительность имеют лиственничные культуры с составом 8-10Л 0-2Е.

Культуры с преобладанием сосны также, хотя в меньшей мере, чем насаждения лиственницы, характеризуются высокой производительностью. При среднем возрасте 113 лет их средние Н-32 см, D-38 см, М 425 м³/га, Б-1 и Р-0,72. Широко представлены высокопроизводительные сосняки Iа класса бонитета. Например, в квартале 104 сосново-еловые культуры (7С3У) в возрасте 107 лет имели Н-33 м, D-40 см, М 635 м³/га, Б-1а и Р-1. По сравнению с лиственничниками и сосняками, в аналогичных условиях произрастания, характерных для коренных ельников, культуры с преобладанием ели имеют более низкую производительность. При среднем возрасте 110 лет их Н-30 м, D-35 см, М 365 м³/га, Б-1 и Р-0,67. Снижение производительности ельников обусловлено, главным образом, ухудшения их состояния в возрасте старше 100 лет. Вместе с тем на ряде участков произрастают высокопроизводительные древостои ели. Например, в квартале 148 112-ие елово-сосновые культуры (6Е4С) имели: Н-32 м, D-38 см, М 530 м³/га, Б-1а и Р-0,8. На пробных площадях в 110-их елово-сосновых насаждениях (6Е4С) запас стволовой древесины превышает 600 м³/га. Производительность и жизнеспособность еловых культур повышаются при участии в их составе сосны до 20-30%. Особенно высокую производительность имеют сложные насаждения искусственно-естественного происхождения. В них, под пологом лесных культур, естественным путем сформировался ярус ели. Лучшие таксационные характеристики он имеет в лиственнично- и сосново-еловых культурах (122-132 лет) со вторым ярусом ели общий запас стволовой древесины равен 565-880 м³/га и полнота -1,0-1,2.

В хвойных культурах К.Ф. Тюрмера преобладали нормальные (без признаков распада) древостои: 1200,2 га, или 75,5 % от площади хвойных культур. Их удельный вес наиболее высок в лиственничниках (98%) и наименьший в ельниках (67%), в сосняках он составляет 82%. Полностью распавшихся насаждений мало (2,7 га – 0,2%). Распадающиеся древостои представлены на 368,8 га или на 24,3 % площади хвойных культур. С учетом этого площадь культур К.Ф. Тюрмера сократилась с 1603,2 га до 1213,7 га. Преобладающая часть распадающихся древостоев сосредоточена в еловых культурах (269,8 га -69,8%) на сосновые приходится 29,7 % (114,9 га) и лиственничные только 0,5 % (2,1 га). Тенденция к распаду насаждений наблюдается в культурах ели со 100 лет и сосны со 100-120 лет. При этом, распадающиеся древостои встречаются в культурах разного возраста, начиная со 100 лет. Меньше всего они представлены в насаждениях старше 130 лет. Все это свидетельствует о том, что назначение распадающихся и низкопроизводительных лесных культур в рубку должно производиться по участкам. Причины распада культур надежно не установлены.

На основании обследования насаждений были определены показательные (образцовые), имеющие нормальное состояние и высокую производительность, и в т.ч. эталонные (наиболее производительные) культуры.

В целом, площадь показательных культур с преобладанием в составе сосны, ели и лиственницы была равна 512,6 га, в том числе эталонных – 369,5 га, что составляет

соответственно около 43 или 31 % от общей площади хвойных культур, имеющих нормальное состояние. Максимально эти культуры представлены в лиственничниках и минимально в ельниках. В сосняках показательные и в т.ч. эталонные культуры выделены соответственно на 50% и 41% площади. В целом культуры с преобладанием в составе основных хвойных пород в порядке снижения их производительности и устойчивости располагаются следующим образом: лиственничники, сосняки и ельники.

В настоящее время в лесничестве создан заказник «Лиственничные насаждения Порецкого участкового лесничества», на территории которого произрастают раритетные лиственничные насаждения, представляющие значительный интерес, как в экологическом, так и в лесохозяйственном отношении.

Заказник в первую очередь был создан для охраны наиболее известного в нашей стране искусственного леса, созданного К. Тюрмером. Особый интерес представляет культура лиственницы европейской, не характерной породы для рассматриваемого региона. В настоящее время это величественные насаждения, средняя высота которых достигает 45 метров, а средний диаметр ствола – более 60 сантиметров.

Изучением хода роста культуры лиственницы в этом долговременном опыте регулярно занимались лесоводы разных поколений лесничества. В настоящее время выращенному лиственничному древостою более 150-ти лет. В ходе проведения исследований нами были получены и проанализированы данные о распределении экземпляров лиственницы европейской по ступеням толщины за последние 48 лет на постоянной пробной площади, заложенной еще К. Трюмером. Самые широкие стволы наблюдались у 158-летних экземпляров (88 сантиметров), у 130-летних деревьев диаметр ствола доходил до 76 см. Предварительные расчеты показали, что по достижению спелости эти культуры будут обладать значительными запасами стволовой древесины (около 1300 м³/га). Кроме того, необходимо учитывать запасы стволовой древесины, которые могут быть получены от рубок промежуточного пользования.

Следует отметить, что в настоящее время культура лиственницы выглядит достаточно неплохо (5-4 баллов по стандартной шкале оценки жизнестойкости деревьев), но некоторые деревья выглядят ослабленно, а часть повалены ветром. Вероятно, причиной такой ситуации является загущенность насаждений. При К. Трюмере велись очень активные лесоуходные работы. В настоящее время проводятся санитарные рубки, но явно в недостаточном количестве, т.к. у отдельных экземпляров наблюдается высоко поднятая нижняя граница кроны. Кроме того, нами был выявлен большой разброс в показателе диаметра ствола. Деревья с тонкими стволами и высоко поднятой нижней границей кроны не обладают достаточной устойчивостью и отличаются сильной ветровальностью. Это в свою очередь ведет к возникновению буреломов, ухудшению условий произрастания и затрудненному уходу за культурой.

По нашему мнению культура лиственницы европейской в заказнике требует более тщательного ухода, который должен заключаться в грамотно проведенных санитарных рубках и высадивании новых деревьев лиственницы европейской и ели обыкновенной. Ель европейская второго яруса по сравнению с лиственницей европейской отставала как по росту, так и по высоте, но рост и высота елей первого яруса соответствовали росту и высоте пологу

лиственницы. Выращивание ели обыкновенной совместно с лиственницей европейской помогает укреплять вертикальный профиль насаждений.

Проведенная оценка эколого-биологического состояния лесных экосистем Поречского участкового лесничества им. К. Трюмера позволяет сделать следующие выводы. Хвойные насаждения занимают 48,5 % территории, остальное относится к мягколиственным – 49,9 %, в том числе 21,9 % береза. Очень малую часть лесного фонда занимают твердолиственные породы 0,2, - 0,4 %. Для сосновых древостоев средняя полнота составляет 0,72 (0,56-0,8), средняя полнота сосново-еловых древостоев, которые преобладают по занимаемой территории, составляет 1,04 (0,9-1,23). В чистых сосновых насаждениях запас древесины составляет 320 м³/га, что в среднем меньше на 20-30 % чем в двухъярусных сосново-еловых древостоев. Запас древесины в сосново-еловых насаждениях составляет 450-550 м³/га в возрасте от 74 до 117 лет. Было отмечено, что запасы древесины в спелых древостоях выше почти во всех лесных культурах К. Трюмера, чем в естественных насаждениях. В древостоях преобладают деревья I-II классов роста по Крафту (75-90 %). Особый интерес имеют лиственничные насаждения, в составе которых преобладают лиственнично-еловые и лиственнично-сосново-еловые – 42 % и 35 % соответственно. Культура лиственницы была создана немецким лесоводом Карлом Францевичем Трюмером еще в середине 19 века. Наиболее высокую производительность имеют культуры с преобладанием лиственницы. При среднем возрасте 121 год их средняя высота (H) – 38 м, диаметр (D) – 48 см, запас стволовой древесины (M) – 650 м³/га, класс бонитета (Б) – Ia и полнота (P)-0,9. Эти показатели значительно выше в культурах старше 130 лет. В целом эколого-биологическая оценка лесных экосистем Поречского участкового лесничества им. К. Трюмера позволяет признать их состояние удовлетворительным, но с обязательным уходом и постоянным мониторингом ситуации.

Список литературы

1. Редько, Г. И. История лесного хозяйства России / Г. И. Редько, Н. Г. Редько. – М. : МГУЛ, 2002. – 458 с.
2. Рубцов, М. В. Лесоводственная экскурсия в тюрмеровские леса Поречья / М. В. Рубцов. – М. : Институт лесоведения Российской академии наук, 1998. – 34 с.

References

1. Redko, G. I. History of forestry in Russia / G. I. Redko, N. G. Redko. – M.: MGUL, 2002. – 458 p.
2. Rubtsov, M. V. Forestry excursion to the Thürmer forests of Porechye / M. V. Rubtsov. – M.: Institute of Forestry of the Russian Academy of Sciences, 1998. – 34 p.

DOI:10/58168/FECC2025_182-186

УДК 632.11:634.1/7

РЕЗУЛЬТАТЫ МОНИТОРИНГА ЭКОСИСТЕМЫ ПЛОДОВОГО САДА (НА ПРИМЕРЕ ЯБЛОНИ) В УСЛОВИЯХ ИЗМЕНЯЮЩЕГОСЯ КЛИМАТА ТЕРРИТОРИИ ВОЗДЕЛЫВАНИЯ

Е. А. Наместникова

Федеральное государственное бюджетное научное учреждение "Федеральный
научный центр им. И.В. Мичурина"

г. Мичуринск, Россия, e-mail: namiestnikova1983@mail.ru

Аннотация: Изложены результаты изучения сортовой реакции растений яблони на стрессоры осенне-зимнего и весеннего периодов 2024 г. по физиологическим и гистологическим показателям. Выявлены сортовые различия по степени уязвимости тканей растений яблони к стрессорам. Наибольшую устойчивость показал сорт Антоновка, наименьшую – сорт Лигол.

Ключевые слова: яблоня, сорта, стрессоры осенне-зимнего периода, генеративные почки, фотосинтетическая активность хлорофиллсодержащих тканей

RESULTS OF MONITORING THE FRUIT GARDEN ECOSYSTEM (ON THE EXAMPLE OF APPLE TREE) IN THE CONDITIONS OF CHANGING CLIMATE OF THE CULTIVATION TERRITORY

E. A. Namestnikova

Federal State Budgetary Scientific Institution "I.V. Michurin Federal Scientific Center"

Michurinsk, Russia, e-mail: namiestnikova1983@mail.ru

Abstract: The article presents the results of studying the varietal response of apple plants to stressors of the autumn-winter and spring periods of 2024 according to physiological and histological indicators. Varietal differences in the degree of vulnerability of apple plant tissues to stressors were revealed. The Antonovka variety showed the greatest resistance, the Ligol variety showed the least.

Keywords: apple tree, varieties, autumn-winter stressors, generative buds, photosynthetic activity of chlorophyll-containing tissues

Цель исследований - изучение сортовой реакции растений яблони на стрессоры осенне-зимнего и весеннего периодов по гистологическим и физиологическим показателям в условиях средней полосы России.

Введение. Одной из основных причин развития повреждений плодовых растений является возросшая, в последние десятилетия, стресснапряженность водно-температурного режима территорий возделывания. Усугубляет ситуацию одновременное воздействие нескольких стрессоров:

- аномально-высокие температуры воздуха, а также воздушная и почвенная засухи или низкие температуры на фоне переувлажнения в летний период;
- длительный период аномально-высоких температур воздуха на фоне оптимальной влажности или резкое понижение температуры воздуха на фоне отсутствия снежного покрова в осенний период;
- чередование глубоких оттепелей и экстремально низких температур воздуха в зимний период;
- аномально-раннее начало вегетации с последующим значительным понижением температур воздуха в весенний период и др.

Дополнительным фактором риска повреждений является способность многолетних растений аккумулировать последствия негативных воздействий. Вышеизложенное значительно ослабляет растения, усиливают восприимчивость к другим абиотическим и биотическим стрессорам, что приводит к снижению урожайности и ухудшению качества сельскохозяйственной продукции. [1-3]

Таким образом, изучение сортовой реакции растений яблони на стрессоры осенне-зимнего и весеннего периодов является достаточно актуальным и позволяет определить необходимость и вид корректирующего воздействия в весенний период для снижения или нивелирования последствий негативного воздействия для урожая.

Условия, материалы и методы. Исследования проводили в интенсивных насаждениях яблони ФГБНУ «ФНЦ им. И.В. Мичурина». Объектами исследований служили сорта яблони различных сроков созревания: Жигулевское, Лобо, Антоновка обыкновенная, Синап Орловский и Лигол

Мониторинг водно-температурного режима осуществляли по данным Мичуринской агрометеостанции, расположенной на территории проведения исследований.

Реакцию функциональных систем растений оценивали по показателю фотосинтетической активности хлорофиллсодержащих тканей (F_v/F_m) как в динамике, так и средневегетационное значение с помощью прибора FluorPen FP100 (флуориметрический индикатор физиологического состояния) по методу Genty et al [4], адаптированному к растительным объектам Цукановой Е.М. [1]. Дисперсию показателя в пределах одного растения определяли методом дисперсионного анализа первичных показателей F_v/F_m – не менее 100 точек на одно растение. Для анализа в зимне-весенний период использовали ткани вегетативных почек и камбиальную ткань.

Гистологические исследования проводили по общепринятым методикам [5-7]. Срезы осуществляли с помощью вибротома Leica VT 1000S, анализировали с использованием аппаратно-программного комплекса ВидеоТест-Морфология 4.0. Степень повреждения оценивали по изменению окраски тканей, с учетом доли поврежденных тканей в процентах от общей площади данной ткани на данном срезе. По результатам анализов проводили

математическую обработку, оценивая среднюю степень повреждения с учетом площади поврежденных тканей.

Статистическую обработку данных проводили с использованием дисперсионного анализа и программного обеспечения Microsoft Excel 2013

Результаты и обсуждение. Анализ водно-температурного режима 2023-2024 гг. выявил множественные отклонения от среднегодовых значений. К наиболее значимым из них следует отнести многократные резкие перепады температуры воздуха в зимний период, которые привели к образованию нескольких слоев ледяной корки. Это спровоцировало кислородное голодание корневой системы с одной стороны и кратковременные периоды интенсивного размножения клеток камбиального слоя (в периоды положительных температур воздуха в январе - марте) с другой. Последнее привело, в дальнейшем к гибели молодых, не сформированных клеток, и образованию разрывов на штамбе.

Температурный режим апреля 2024 г. значительно отличался от среднегодового - среднесуточные температуры воздуха на 7-11°C превышали среднегодовые значения. Помимо этого, несмотря на невысокое количество осадков в апреле наблюдалась оптимальная для начала вегетации влажность воздуха (68-78%), кроме того, следует отметить отсутствие промерзания почвы в зимний период. Все вышеуказанное спровоцировало ранее начало вегетации - по данным на 18 апреля наблюдали выраженный зеленый конус и начало выдвижения соцветий, а к 27-29 апреля отмечено начало цветения всех изученных сортов яблони.

Аномальные погодные условия первой декады мая - температура воздуха в ночные часы опускалась до значений...-6 - ...-8°C (экспозиция низких температур воздуха достигала 9 часов). Дополнительным стрессором для растений были высокие значения амплитуды суточного перепада температур (в дневные часы температура воздуха достигала значений ...+15-...+19°C), а также высокий уровень солнечного сияния

Не менее сложным был и влажностный режим территории возделывания насаждений. Следует отметить регулярное чередование периодов с обильными ливневыми осадками и засушливые периоды. В целом, данный водный режим также негативно сказался на состоянии плодовых растений и осложнил восстановительные процессы.

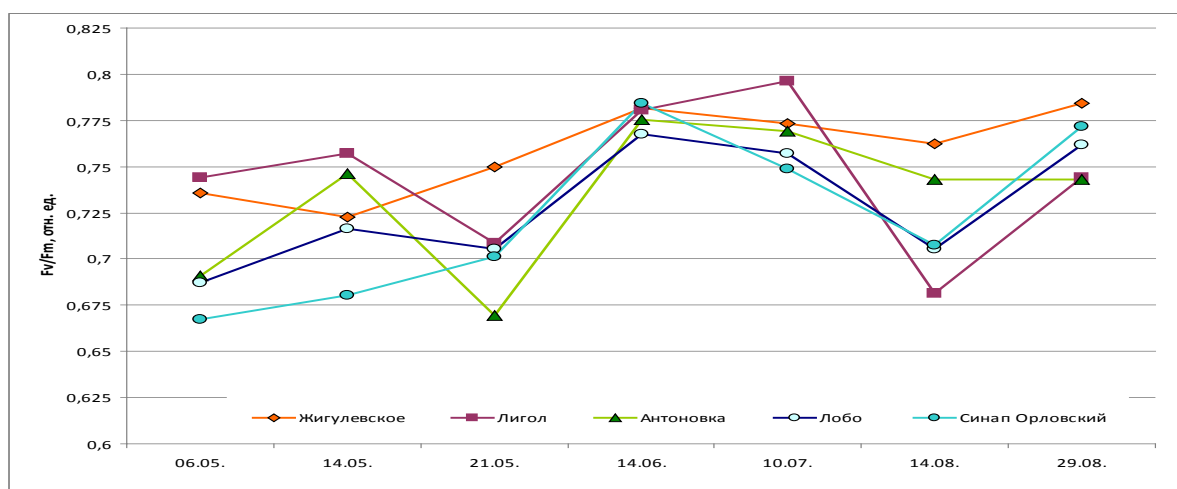


Рисунок 1 - Динамические показатели фотосинтетической активности листьев яблони в период вегетации 2024 г.

В ходе анализа фотосинтетической активности листьев в вегетационный период 2024г. выявить значительное снижение величин показателя в конце мая и в августе, что обусловлено температурно-влажностным режимом окружающей среды (рис.1).

Самые высокие значения показателя фотосинтетической активности листьев в среднем за период вегетации отмечены у сорта Антоновка обыкновенная до 0,7 отн. ед.. при самом низком уровне дисперсии показателя в пределах одного растения. Также очень низкий уровень дисперсии показателя F_v/F_m выявлен у сорта Жигулевское. Это может свидетельствовать о более высокой толерантности физиологических процессов у данных сортов в ответ на колебания факторов водно-температурного режима. В целом, данный водный режим также негативно сказался на состоянии плодовых растений и осложнил восстановительные процессы.

Гистологический анализ тканей генеративных почек и однолетних ветвей растений яблони с целью выявления низкотемпературных повреждений был проведен нами в феврале марте 2024 г.



Сорт Антоновка



Сорт Лигол

Рисунок 2 - Состояние генеративных почек сортов яблони в марте 2024 г.

По результатам анализа генеративных почек установлено, что степень поврежденности тканей изученных сортов яблони значительно различалась в зависимости от сорта. Результаты гистологических исследований генеративных почек показали, что плодовые почки сорта Антоновка не получили повреждений, наибольшее количество поврежденных почек и самая значительная глубина повреждений отмечены у сорта Лигол (рис. 2).

Заключение

По результатам анализов различных тканей генеративных почек яблони сортов Жигулевское, Лобо, Антоновка, Синап Орловский и Лигол в насаждениях ФГБНУ «ФНЦ им. И.В. Мичурина» в условиях зимы 2023-2024 гг. и периода вегетации 2024 г. установлено, что наименьшей устойчивостью к повреждающему действию стрессоров осенне-зимнего и весенне-летнего периодов отличаются ткани под почкой и конуса нарастания.

Выявлены сортовые различия по степени уязвимости тканей растений яблони к стрессорам осенне-зимнего периода. По нашим данным наибольшую устойчивость показал сорт Антоновка, наименьшую – сорт Лигол.

Список литературы

1. Цуканова, Е.М. Система диагностики состояния плодовых растений. Экспресс-диагностика функционального состояния растений и оценка эффективности применения технологий. / Е.М. Цуканова // LAP LAMBERT Academic Publishing, 2011. – 292 с.
2. Tsukanova E. and Tkachev E. Altered climate dynamics in the East-European forest-steppe incites fruitplants injury. //IOP.: Earth Environ. 2019. - Sci. 226 012034 IOP
3. Meteorological data archives 1931-2017 «Tsentral'no-Chernozemnoye UGMS» Tambov and Voronezh
4. Genty B, Briantais JM, Baker NR The relationship between the quantum yield of photosynthetic electron transport and quenching of chlorophyll fluorescence // Biochimica et Biophysica Acta (1989) V. 990, 87-92.
5. Кине, Ж.М. Развитие цветков / Физиология цветения Т.3 / Ж.М. Кине, Р. Сакс, Ж. М. Бернье. – М.: Агропромиздат, 1991. – 444с.
6. Дженсен У. Ботаническая гистохимия.- М.: Мир, 1965. – 377 с.
7. Ткачев Е. Н. Методы мониторинга результатов воздействия абиотических стрессоров в насаждениях яблони / Е. Н. Ткачев, Е. М. Цуканова // «Достижения науки и техники АПК», 2019 –№ 02– с. 17-22.

References

1. Tsukanova, E. System for diagnosing the state of fruit plants. Express diagnostics of the functional state of plants and evaluation of the effectiveness of technology. // Lap lambert Academic Publishing., 2011. - 292.
2. Tsukanova E. and Tkachev E. Altered climate dynamics in the East-European forest-steppe incites fruitplants injury. //IOP.: Earth Environ. 2019. - Sci. 226 012034 IOP
3. Meteorological data archives 1931-2017 «Tsentral'no-Chernozemnoye UGMS» Tambov and Voronezh
4. Genty B, Briantais JM, Baker NR The relationship between the quantum yield of photosynthetic electron transport and quenching of chlorophyll fluorescence // Biochimica et Biophysica Acta (1989) V. 990, 87-92.
5. Quinet, J.M. Flower development / Physiology of flowering Vol. 3 / J.M. Quinet, R. Sax, J.M. Bernier. - M.: Agropromizdat, 1991. - 444 p.
6. Jensen, W. Botanical histochemistry. - M.: Mir, 1965. - 377 p.
7. Tkachev, E. N. Methods for monitoring the results of exposure to abiotic stressors in apple tree plantations / E. N. Tkachev, E. M. Tsukanova // "Achievements of science and technology of the agro-industrial complex", 2019 - No. 02 - pp. 17-22.

ОСОБЕННОСТИ РОСТА И ВОДНОГО РЕЖИМА ХВОИ ЕЛИ (*Picea abies* (L.) Karst. x *P. obovata* (Ledeb.)) В ИЗМЕНЯЮЩИХСЯ КЛИМАТИЧЕСКИХ УСЛОВИЯХ НА ПРИМЕРЕ ГЕОГРАФИЧЕСКИХ КУЛЬТУР АРХАНГЕЛЬСКОЙ ОБЛАСТИ

Н.А. Прожерина

ФГБУН Федеральный исследовательский центр комплексного изучения Арктики им.
академика Н.П. Лаверова УрО РАН,
г. Архангельск, Россия, e-mail: pronad1@yandex.ru

Аннотация. Изучены особенности роста, сохранности, накопления биомассы хвои, ряд показателей водообмена хвои провениенций ели (*Picea abies* (L.) Karst. x *P. obovata* (Ledeb.)), растущей в географических культурах Архангельской области. Показано, что изменчивость происхождений в культурах по росту и водному обмену хвои оказалась достаточно низкой. Выявлены различия в росте и водном обмене между видами ели.

Ключевые слова. Ель сибирская, ель европейская, географические культуры, рост, водный обмен.

FEATURES OF GROWTH AND WATER REGIME OF SPRUCE NEEDLES (*Picea abies* (L.) Karst. x *P. obovata* (Ledeb.)) IN CHANGING CLIMATE ON THE EXAMPLE OF PROVENANCE TEST IN THE ARKHANGELSK REGION

N.A. Prozherina

Federal Research Centre for Comprehensive Study of the Arctic named after Academician
N.P. Laverov, UrB RAS, Arkhangelsk, Russia, e-mail: pronad1@yandex.ru

Abstract. The characteristics of growth, preservation, and biomass accumulation of needles, as well as a number of indicators of water exchange in the needles of spruce (*Picea abies* (L.) Karst. x *P. obovata* (Ledeb.)) growing in provenance test in the Arkhangelsk Region, were studied. Low variability of origins in provenance test in terms of growth and water exchange of needles was quite shown. Differences in growth and water exchange between spruce species were identified.

Keywords. Siberian spruce, European spruce, geographical cultures, growth, water exchange.

Наблюдаемые изменения климата происходят неравномерно в разных регионах Земли. Лесообразующие древесные растения, в том числе ель обыкновенная (*Picea abies* (L.) Karst. x *P. obovata* (Ledeb.)), имеют непрерывный ареал, вследствие чего воздействие климатических

изменений и отклик на него будет различным и во многом зависеть от особенностей устойчивости популяций, сформировавшихся под влиянием стабильного климата после расселения породы в голоцене. Географические культуры дают возможность изучить краткосрочный отклик основных лесообразующих пород на изменения климата [4, 5]. Устойчивость популяций древесных пород к изменяющимся условиям среды можно оценить по показателям выживаемости растений, их роста, накопления биомассы. Реакция видов на факторы среды, определяется в том числе и особенностями водного режима, способностью переносить периоды недостаточного почвенного водообеспечения [1]. Мы изучили особенности роста, сохранности, накопления биомассы хвои, ряд показателей водообмена хвои ели, растущей в географических культурах Архангельской области, для оценки устойчивости популяций разного географического происхождения к климатическим изменениям.

Материалы и методы

Географические культуры в Архангельской области созданы в 1977 году в средней подзоне тайги, Плесецком районе (62° 54' с.ш., 40° 24' в.д.). В коллекции произрастает потомство 27 климатипов ели, представленных елью сибирской, елью европейской и близкими к ним гибридными формами, каждый в трех повторениях. Куратор объекта – Северный научно-исследовательский институт лесного хозяйства (г. Архангельск). Описание объекта исследования, характеристики изученных климатипов ели и климатических условий мест произрастания материнских насаждений приведены в нашей работе [3]. В каждом климатипе измеряли диаметр на высоте груди, среднюю высоту деревьев, подсчитывали количество сохранившихся деревьев от числа высаженных в блоках по общепринятым методикам [2]. Водный режим хвои ели был изучен у 20 деревьев каждого происхождения по следующим показателям: общее содержание воды в хвое и в донасыщенном состоянии, реальный водный дефицит, время потери 40 % и 50 % воды, а также скорости водоотдачи изолированной хвои в течение 48 часов. Для популяционной оценки показателей роста и развития потомства ели различного географического происхождения в пределах коллекции их выразили в единицах стандартного отклонения. При статистическом анализе данных использовали корреляционный и однофакторный дисперсионный анализ.

Результаты и обсуждение

Сохранность климатипов в коллекции колеблется от 44% до 81%, наиболее низкую выживаемость показали потомства ели сибирской из Мурманской области, а также из Республики Коми и Свердловской области, материнские насаждения которых произрастают вблизи Уральских гор с характерным резкоконтинентальным климатом. Лучший рост по высоте и диаметру имеют климатипы ели европейской из юго-западных районов произрастания материнских насаждений, прежде всего из зоны смешанных лесов. Близки к ним по росту потомства ели из средней и южной подзон тайги. Показатели длины хвои варьировали в значениях от наименьших 10,7-10,8 мм у происхождений европейской ели из Эстонии (№8) и Тверской области (№30) до максимального – 14,5 мм у хвои ели сибирской из Пермского края (№39). Корреляционный анализ не показал связи длины хвои с изменением географической широты, в отличие от долготы, где с перемещением на восток длина хвои изученных происхождений увеличивалась ($r=0,58$). Это показывает, что у ели сибирской и

гибридов с преобладанием ели сибирской длина хвои была выше в эксперименте, что подтверждается и результатами однофакторного дисперсионного анализа влияния вида ели ($F=6,277$, $P=0,002$). Влияние фактора лесорастительной подзоны на длину хвои ели не было выявлено.

Масса 10 шт. хвои в насаждениях варьировала в пределах от 32,0 мг у происхождения из Карелии (№2) до 57,0 мг у Кировского (№28) происхождения, абсолютно сухая масса 10 шт. хвои от 15,3 мг у ели из Эстонии (№8) до 25,5 мг у происхождения из Костромской области (№27). Корреляционным анализом не обнаружено статистически значимых связей с климатическими характеристиками места происхождения и массы хвои ели как в естественных насаждениях, так и в абсолютно сухом состоянии, однофакторный дисперсионный анализ также не выявил влияния вида ели и лесорастительной подзоны на массу хвои, что говорит о низкой изменчивости этого показателя у ели в географических культурах.

Данные по длине и массы хвои были выражены в единицах стандартного отклонения (рис) и в дальнейшем были распределены по группам I-IV (от наименьшей величины, выраженной в стандартном отклонении, к наибольшему). Происхождения ели европейской и у гибридов ели европейской по длине хвои самой часто встречающейся была группы I, а у сибирской ели и её гибридов – группа IV, по массе хвои такой зависимости не было выявлено. Содержание воды в однолетней хвое ели колебалось в пределах от 37% (Костромская область, климатип №27) до 62 % (Кировская область, климатип №28). По результатам однофакторного дисперсионного анализа не было выявлено достоверных взаимосвязей в содержании воды в хвое с местом происхождения и видом ели. В целом можно сказать, что в коллекции ели разного географического происхождения содержание в хвое выравнено, что вероятно, связано с оптимальными условиями для вида ели по почвенной водообеспеченности в средней подзоне тайги Архангельской области.

По показателю реального водного дефицита – разнице между массой хвои в естественном состоянии и массой хвои после водонасыщения оценивали уровень насыщения водой хвои в коллекции географических культур Архангельской области. Ель из Архангельской области – местного Плесецкого (№19) и Котласского (№22) происхождения, наряду с елью из Республики Карелия (№ 2, 3, 4) не испытывают недостатка в водообеспеченности хвои, возможно потому, что растут в условиях максимально приближенным к условиям места происхождения климатипов. Максимальный процент дефицита воды испытывали происхождения ели сибирской по сравнению с гибридными формами и елью европейской.

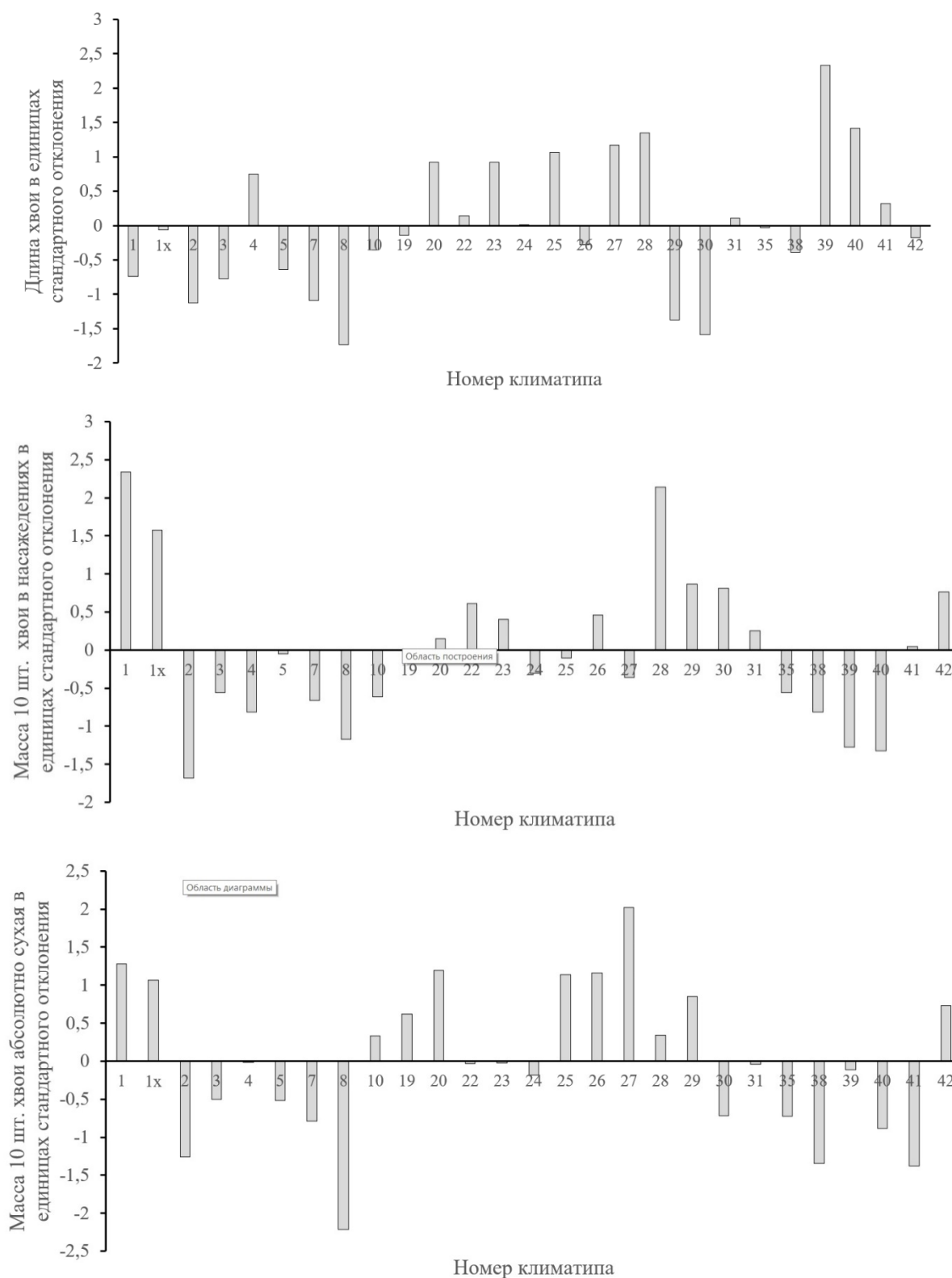


Рисунок – Показатели длины и массы хвой ели, выраженные в единицах стандартного отклонения, в географических культурах Архангельской области

Скорость дегидратации хвой за 24 и 48 часов показала невысокую изменчивость – до 10 % по коэффициенту изменчивости. Достоверных зависимостей скорости дегидратации хвой с климатическими характеристиками мест произрастания исходных происхождений,

видом ели и её гибридными формами выявлено не было. Быстрее всех достигали критического уровня потери воды – 40 % и 50 % от общего содержания воды в хвое в донасыщенном состоянии (критерии t_{40} и t_{50}) происхождения ели сибирской из Мурманской (№1) и Свердловской областей (№42), генотип которых сформировался в условиях минимального количества осадков в местах их происхождения, по сравнению с другими исследованными нами климатипами в коллекции географических культур. Позднее, чем другие климатипы, происхождения из Архангельской области (Котласский и Холмогорский районы) достигали критического уровня обезвоженности хвои.

Выводы

Изменчивость происхождений в культурах по росту и водному обмену хвои оказалась достаточно низкой. Это может быть связано с достаточно благоприятными для произрастания ели условиями места испытания (подзона средней тайги). Низкая изменчивость говорит о высокой пластичности породы в целом, и в большей мере ели европейской (*Picea abies* (L.) Karst.) и близких к ней гибридов. У менее экологически пластичного вида ели сибирской *Picea obovata* (Ledeb.) наблюдался несколько повышенный уровень реального водного дефицита и увеличение скорости водоотдачи на фоне выровненного уровня содержания воды в хвое в средней подзоне тайги Архангельской области.

Список литературы

1. Котов, М. М. Интеграция генетических систем и структура популяций сосны обыкновенной / М. М. Котов // Лесоведение. – 1996. – № 5. – С. 19-26.
2. Изучение имеющихся и создание новых географических культур: Программа и методика работ / Под ред. Е.П. Проказина. – Пушкино : ВНИИЛМ, 1972. – 52 с.
3. Наквасина, Е. Н. Оценка отклика на изменение климата в опытах с происхождениями *Picea abies* (L.) Karst. x *P. obovata* (Ledeb.) на севере Русской равнины / Е. Н. Наквасина, Н. А. Прожерина // Известия высших учебных заведений. Лесной журнал. – 2023. – № 1. – С. 22-37.
4. Assessing Population Responses to Climate in *Pinus sylvestris* and *Larix* spp. of Eurasia with Climate-Transfer Models / G. E.Rehfeldt, N. M. Tcebakova, L. I. Milyutin [et al.] // Eurasian Journal of Forest Research. – 2003. – Vol. 6 (2). – P. 83-98.
5. Impact of future climate on radial growth of four major boreal tree species in the Eastern Canadian boreal forest / J-G. Huang, Y. Bergeron, F. Berninger [et al.] // PLoS ONE. – 2013. – Vol. 8 (2), art: e56758.

References

1. Kotov, M. M. Integration of genetic systems and population structure of Scots pine / M. M. Kotov // Lesovedenie. – 1996. – No 5. – pp. 19-26.
2. Study of existing and creation of new geographical cultures: Programme and methodology of work / Edited by E.P. Prokazin. – Pushkino: VNIILM, 1972. – 52 p.
3. Nakvasina, E. N. Assessment of response to climate change in experiments with *Picea abies* (L.) Karst. x *P. obovata* (Ledeb.) origins in the north of the Russian Plain / E. N. Nakvasina,

N. A. Prozherina // Izvestiya vysshikh uchebnykh zavedenij. Lesnoj zhurnal. – 2023. – No 1. – pp. 22-37.

4. Assessing Population Responses to Climate in *Pinus sylvestris* and *Larix* spp. of Eurasia with Climate-Transfer Models / G. E.Rehfeldt, N. M. Tcebakova, L. I. Milyutin [et al.] // Eurasian Journal of Forest Research. – 2003. – Vol. 6 (2). – P. 83-98.

5. Impact of future climate on radial growth of four major boreal tree species in the Eastern Canadian boreal forest / J-G. Huang, Y. Bergeron, F. Berninger [et al.] // PLoS ONE. – 2013. – Vol. 8 (2), art: e56758.

**ОЦЕНКА СОВРЕМЕННОГО СОСТОЯНИЯ ДРЕВОСТОЯ 120-ЛЕТНЕЙ
ПРИБАЛОЧНОЙ ЛЕСНОЙ ПОЛОСЫ В ПРИРОДНОМ ЗАКАЗНИКЕ
«КАМЕННАЯ СТЕПЬ»**

В.В. Никитенко, Е.Н. Тихонова, С.С. Шешнищан

Воронежский государственный лесотехнический университет имени Г.Ф. Морозова,
г. Воронеж, Россия, e-mail: chuhlebovav73@mail.ru

Аннотация. Проведено комплексное исследование динамики структуры и состояния старовозрастной прибалочной лесной полосы №75, заложенной в 1902 году на территории природного заказника «Каменная степь». Полученные данные имеют прикладное значение для разработки адаптивных стратегий создания устойчивых агролесоландшафтов в условиях южной лесостепи, учитывающих динамику климатических и биотических факторов.

Ключевые слова: Каменная степь, агролесоландшафт, лесные полосы, таксация, древостой.

**ASSESSMENT OF THE CURRENT STATE OF THE 120-YEAR-OLD FOREST
SHELTERBELT IN THE NATURAL RESERVE KAMENNAYA STEPPE NATURE
RESERVE**

V.V. Nikitenko, E.N. Tikhonova, S.S. Sheshnitsan

Voronezh State University of Forestry and Technologies named after G.F. Morozov,
Voronezh, Russia, e-mail: chuhlebovav73@mail.ru

Annotation. A comprehensive study of the dynamics of the structure and condition of the old-growth forest shelterbelt No. 75, established in 1902 on the territory of the natural reserve 'Kamennaya Steppe', was carried out. The data obtained are of application significance for the development of adaptive strategies for creating sustainable agroforest landscapes in the southern forest-steppe, taking into account the dynamics of climatic and biotic factors.

Keywords: Stone steppe, agroforestry landscape, forest shelterbelts, forest inventory, forest stand.

Введение. В современном мире остро стоит проблема глобального изменения климата. Прибалочные лесные полосы не только способствуют устойчивому функционированию агроландшафта, но также играют ключевую роль в регулировании углеродного баланса

малолесных территорий в условиях лесостепной зоны. Значение данных насаждений выходит далеко за рамки защиты почвы от водной и ветровой эрозии и улучшения микроклиматических условий территории. Однако эффективность выполнения данных функций напрямую зависит от состояния древостоя, его видового состава, возрастной структуры и пространственного распределения. В связи с этим актуальным становится изучение таксационных характеристик защитных лесных насаждений и отдельных видов древесных пород в их составе в течение всего их жизненного цикла. [4,5]

Целью настоящей работы является проведение оценки современного состояния древостоя репрезентативной старовозрастной прибалочной лесной полосы №75, расположенной в Природном заказнике «Каменная степь» на озелененной Хорольской балке, являющейся одним из первых в России примеров рационального адаптивно-ландшафтного землепользования, благодаря проведенным агролесомелиоративным работам.

Объекты и методы исследования. Объектом исследования является прибалочная лесная полоса №75 в Природном Заказнике «Каменная степь», которая была заложена в 1902 году при проведении лесокультурных мероприятий под руководством лесничего Н.А. Михайлова, с целью предотвращения эрозионных процессов на склонах балок и берегах водоемов, излишнего испарения воды с поверхности прудов. [2]

Для проведения современной оценки состояния защитного лесного насаждения (ЗЛН) №75 были использованы данные таксационных описаний, собранные в предыдущие десятилетия. [1, 2] В 2024 году в лесополосе была заложена постоянная пробная площадь размером 0,25 га, определен породный состав насаждения, на основе сплошного перечета деревьев, получены таксационные характеристики древостоя.

Результаты и их обсуждение. Согласно представленным данным в таблице 1, состав прибалочной лесной полосы №75 за 123 года (с момента ее закладки и по 2024 год) претерпел значительные изменения. На момент создания (1902 г.) состав лесной полосы был представлен двумя рядами дуба черешчатого, одним рядом ясеня пушистого (4Д2Яп2Гр/Яб2КЛя*). Между ними высаживались разные виды кустарников (бересклет европейский, желтая акация, жимолость) и низкорослые породы деревьев (клен татарский, груша, яблоня, клен ясенелистный). Н.А. Михайловым в посадку было введено значительно большее количество кустарников, чем это делалось в прежние годы. Опыт был направлен на изучение влияния различных подгонов на рост дуба.

Согласно данным литературных источников, в 1941-1944 гг. отмечалось выпадение березы из лесной полосы в связи с переувлажнением почвы в начале периода вегетации. [2] Так как береза не вводилась в состав насаждения при посадке, можно сделать вывод, что она появилась в составе насаждения посредством анемохорного распространения семян. По материалам таксации 1952 года дуб черешчатый занимал доминирующее положение (70%) в лесной полосе, 30% приходилось на ясень пушистый, и лишь в редких случаях встречались отмирающие экземпляры березы повислой. [2] В 1992 году дуб стал преобладающей породой в ЗЛН № 75. А спустя 10 лет в лесной полосе ясень стал снова занимать 30%, а также появились такие виды, как вяз и липа. [1]

Таблица 1 – Смена породного состава ЗЛН №75 на территории ФЗ «Каменная степь»

по годам

Год учета	1902	1952	1992	2002	2024
Возраст, лет	0	50	90	100	122
Состав	4Д2Яп2Гр/ Я62Кяс*	7Д3Яп, ед. Б	1) 10Д 2) 4Д6Яп+Кяс	5Д3Яп1В1Лп	1)10Д + Лп 2) 10Ко
Число стволов, шт./га	-	620	1) 215 2) 55	1) 311	1)56 2)157
Полнота	-	0,8	1,0	0,9	1)0,6 2)0,9
Запас древесины, м ³ /га	-	297,8	1) 354,8 2) 25,5	325	1)242 2)155
Бонитет	-	I	III	II	II
Диаметр, см	-	25,4	1) 41,6 2) 26,8	34,5	1)44,5 2)19,2
Высота, м	-	19,1	1) 24,2 2) 16,4	22,2	1) 26,1 2) 15,0

*состав по количеству рядов древесных пород в схеме посадки

В настоящее время насаждение представлено в верхнем ярусе в основном дубом черешчатым, иногда встречается липа мелколистная (10Д+Лп). Ясень пушистый начал выпадать из состава насаждения в 2016 году [3] вследствие поражения вредителем — ясеновой изумрудной узкотелой златкой. Во втором ярусе древостоя доминирующее положение занимал клен остролистный.

В результате оценки состояния ЗЛП по данным лесной таксации за 2024 год были также построены графики для каждой древесной породы (рис. 1), согласно которым, средний показатель высоты (рис. 1.А) дуба черешчатого (*Quercus robur*) в исследуемой лесополосе составляет 25,5 м. На постоянной пробной площади (ППП) большинство экземпляров этого вида (51 шт.) имеют высоту в диапазоне от 24,2 до 26,8 м, при этом отдельные деревья достигают максимума – 29,5 м.

Клен остролистный (*Acer platanoides*), доминирующий во втором ярусе насаждения (147 шт.), демонстрирует более широкий разброс показателя высоты – от 6,3 до 26,0 м (рис. 1.А), чем другие породы, что может быть обусловлено его экологической пластичностью и способностью занимать разные ниши в насаждении за счет разновозрастности.

Для ясеня пушистого (*Fraxinus pubescens*) и липы мелколистной (*Tilia cordata*), представленными малочисленными экземплярами, характерны узкие интервалы: 10,4–11,6 м и 16,0–24,5 м соответственно (рис. 1.А), что может указывать на их низкую конкурентоспособность в данных условиях произрастания.

Как следует из графиков на рисунке 1.Б, дуб черешчатый (*Quercus robur*) демонстрирует наибольшие средние значения диаметра ствола на высоте груди, составляющие 40,1 см. Большинство экземпляров дуба имеют диаметр в диапазоне 37,8–46,2 см, при этом максимальный показатель равен 68,3 см.

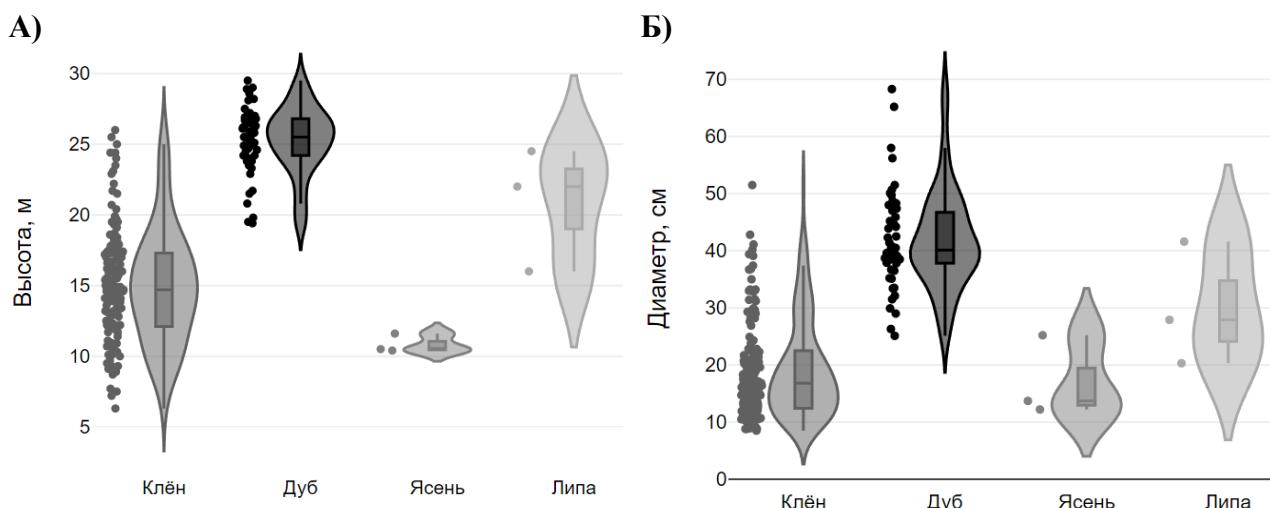


Рис. 1 - Распределение высоты (А) и диаметра (Б) по породам в ЗЛН №75

Клен остролистный демонстрирует асимметричное распределение показателя диаметра ствола с большей долей в интервале 12,4–16,8 см (min = 8,5 см; max = 51,5 см). У ясеня пушистого (3 экз.) диаметр ствола варьирует в пределах 12,2–25,2 см, у липы мелколистной (3 экз.) – 20,3–41,6 см, что подтверждает их незначительную роль в насаждении на современном этапе (рис. 1.Б).

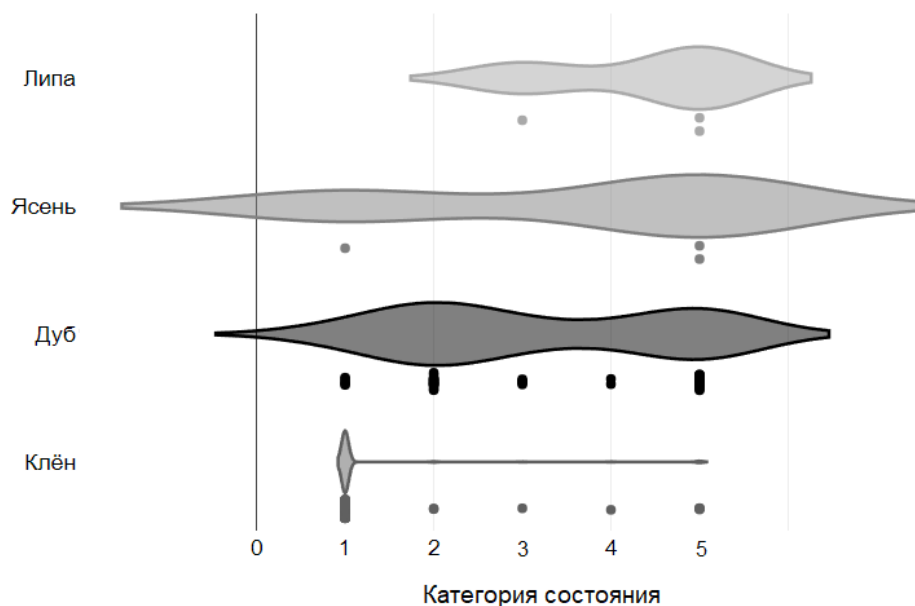


Рис. 2 – Распределение категорий состояния по породам в ЗЛН №75.

Несмотря на возраст древостоя (123 года), дуб черешчатый сохраняет эдификаторную роль, что подтверждается его максимальными биометрическими показателями (высота – до 29,5 м; диаметр – до 68,3 см). Однако деградация жизненного состояния (значительная доля деревьев 3, 4 и 5 категорий состояния) требует внедрения мероприятий по уходу и реконструкции для поддержания устойчивости насаждения (рис. 2).

Клен остролистный стал доминирующей породой во втором ярусе насаждения. Преобладание деревьев I категории состояния указывает на высокую адаптационную

способность клена к данным условиям произрастания (рис. 2).

Ясень пушистый, несмотря на свой первоначальный вклад (30% в 1952 г.), к настоящему времени выпал из состава древостоя (V категория состояния, рис. 2). Вяз и липа появились в насаждении позднее (после 1992 г.). И только липа мелколистная на 2024 г. сохранилась в небольшом количестве, однако большая часть ее экземпляров находится в угнетенном состоянии (V категория состояния, рис. 2).

Заключение. Исследование показало, что состав и состояние прибалочной лесной полосы №75 претерпели значительные изменения с момента её создания. Основным доминирующим видом остается дуб черешчатый, однако выявлено снижение его жизнеспособности, что требует дополнительных мер по реконструкции древостоя для предотвращения деградации насаждения и сохранения мелиоративных функций.

Клен остролистный демонстрирует высокую экологическую пластичность и является важным компонентом второго яруса. Исчезновение ясеня пушистого и березы повислой, вяза, угнетенное состояние липы мелколистной подчеркивает необходимость мониторинга и принятия мер для сохранения природной экосистемы и повышения ее устойчивости.

Проведенный анализ наглядно демонстрирует характерные особенности развития длительно существующих защитных лесных насаждений. Полученные данные представляют практическую ценность для проектирования устойчивых насаждений в условиях южной лесостепи, позволяя учесть многолетнюю динамику изменений и оптимизировать выбор породного состава при создании новых лесополос.

Список литературы

1. Ахтямов, А. Г. Разработка научно-технических основ повышения биолого-лесоводственных факторов агролесомелиоративных комплексов Центрально- Черноземной зоны: отчет по НИР НИИСХ ЦЧП им. В. В. Докучаева / А. Г. Ахтямов. – Каменная Степь, 2005. – 101 с.
2. Винокурова, И. К. Лесные полосы Каменной Степи / И. К. Винокурова – Воронеж, 1967. – 382 с.
3. Володченко, А. Н. Новые данные о юго-восточной границе инвазионного ареала *Agrilus planipennis* (Coleoptera: Buprestidae) в европейской части России / А. Н. Володченко // Российский журнал биологических инвазий. – 2022. – Т. 15, № 3. – С. 69- 78. – DOI 10.35885/1996-1499-15-3-69-78.
4. Тенденции смены породного состава лесомелиоративных насаждений Каменной степи (на примере вековой лесной полосы Г.Ф. Морозова) / Кулакова Е.Н., Шешнищан С.С., Кулаков В.Ю., Карташова Н.П., Ирковский Э.Р. // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета. 2023. № 192. С. 69-82. EDN: ПАНЛW
5. Никитенко, В. В. Современная оценка состояния древостоя полевозащитной лесной полосы в условиях агролесоландшафта "Каменной степи" / В. В. Никитенко // Адаптация лесного хозяйства к изменению климата: природоориентированные решения и цифровизация. Forestry - 2024: Материалы Международного лесного форума, Воронеж, 31 октября – 01 2024 года. – Воронеж: Воронежский государственный лесотехнический университет им.

Г.Ф. Морозова, 2024. – С. 147-152. – DOI 10.58168/FFYS2024_147-152. – EDN GTXISU.

6. Петров, П. Г. История создания оазиса лесных полос/ П. Г. Петров // Каменная степь 100 лет спустя: Юбилейный сборник. – Воронеж, 1992. –С. 24-32.

7. Работа выполнена в рамках государственного задания Министерства науки и высшего образования Российской Федерации № 1023013000012-7 «Биогеохимический мониторинг цикла углерода в природных и антропогенных экосистемах Воронежской области в условиях глобального изменения климата (FZUR-2023-0001)».

References

1. Akhtyamov, A.G. Development of scientific and technical bases for increasing the biological and silvicultural factors of agroforestry complexes of the Central Chernozem zone: report on research and development of the Research Institute of Central Black Earth Zone named after V. V. Dokuchaev / A. G. Akhtyamov. - Kamennaya Steppe, 2005. -101 с.

2. Vinokurova, I. K. Forest strips of the Kamennaya Steppe / I. K. Vinokurova - Voronezh, 1967. - 382 с.

3. Volodchenko, A. N. New data on the south-eastern border of the invasive range of *Agrilus planipennis* (Coleoptera: Buprestidae) in the European part of Russia / A. N. Volodchenko // Russian Journal of Biological Invasions. - 2022. - Т. 15, № 3. - С. 69- 78. - DOI 10.35885/1996-1499-15-3-69-78.

4. Trends in the change of species composition of forest ameliorative plantations of the Kamennaya steppe (on the example of the century-old forest belt of G.F. Morozov) / Kulakova E.N., Sheshnitsan S.S., Kulakov V.Y., Kartashova N.P., Irkovskiy E.R. // Polythematic network electronic scientific journal of the Kuban State Agrarian University. 2023. № 192. С. 69-82. EDN: IIAHLW

5. Nikitenko, V. V. Modern assessment of stand condition of the field protective forest strip in the conditions of agroforest landscape "Kamennaya Steppe" / V. V. Nikitenko // Adaptation of forestry to climate change: nature-oriented solutions and digitalisation. Forestry - 2024: Materials of the International Forestry Forum, Voronezh, 31 October - 01 2024. - Voronezh: Voronezh State Forestry University named after G.F. Morozov. G.F. Morozov, 2024. - С. 147-152. - DOI 10.58168/FFYS2024_147-152. - EDN GTXISU.

6. Petrov, P. G. History of the creation of the forest belt oasis / P. G. Petrov // Stone Steppe 100 Years Later: Anniversary Collection. – Voronezh, 1992. – pp. 24–32.

7. The study was carried out within the state assignment of Ministry of Science and Higher Education of the Russian Federation (theme No. 1023013000012-7 "Biogeochemical monitoring of the carbon cycle in natural and anthropogenic ecosystems of the Voronezh region under conditions of global climate change (FZUR-2023-0001)").

DOI: 10/58168/FECC2025_199-204
УДК 630*182.21

ДИНАМИКА РАЗВИТИЯ ЗАЩИТНЫХ ЛЕСНЫХ ПОЛОС КАМЕННО-СТЕПНОГО АГРОЛЕСОМЕЛИОРАТИВНОГО КОМПЛЕКСА В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ПОРОДНОГО СОСТАВА

Н.В. Рыбалкина, В.Д. Тунякин
ФГБНУ «Воронежский ФАНЦ им. В.В. Докучаева»,
Воронежская обл. Таловский р-н, Россия, e-mail: rybnv@mail.ru

Аннотация. В статье представлена краткая история создания и развития лесных полос, заложенных в период работы Особой экспедиции В.В. Докучаева (1892-1898 гг.) и Каменно-Степного опытного лесничества (1899-1908 гг.). Показана динамика смены породного состава с 1936 по 2024 гг. Доказана перспективность дуба черешчатого, ясеня обыкновенного и пушистого, клена остролистного и липы для создания долговечных насаждений в ЦЧЗ.

Ключевые слова. Полезащитные лесные полосы, дуб, ясень, клен остролистный, береза, клен ясенелистный, лесные опушки, таксация лесных полос, породный состав, запас древостоя.

DYNAMICS OF DEVELOPMENT OF PROTECTIVE FOREST STRIPS STONE STEPPE AGROFORESTRY COMPLEX DEPENDING ON THE BREED COMPOSITION

N.V. Rybalkina, V.D. Tunyakin
FGBSI «Voronezh FASC named after V.V. Dokuchaev»,
Voronezh region, Talovskiy district, Russia, e-mail: rybnv@mail.ru

Abstract. The article presents a brief history of the creation and development of forest belts established during the work of the Special Expedition of V.V. Dokuchaev (1892-1898) and Kamennno-Stepnoye Experimental Forestry (1899-1908). The dynamics of the change in the species composition from 1936 to 2024 is shown. The prospects of English oak, common and downy ash, Norway maple and linden for the creation of long-lasting plantations in the Central Chernozem Region are proven.

Keywords: Protective forest strips, oak, ash, holly maple, birch, ash maple, forest edges, forest strip taxation, species composition, stand stock.

В России положительная роль лесных полос из деревьев и кустарников на урожайность сельскохозяйственных культур была выявлена еще в начале 19 века. Но истоки научного

обоснования этого явления идут от «Особой экспедиции Лесного департамента по испытанию и учету различных способов и приемов лесного и водного хозяйства в степях России», организованной проф. В.В. Докучаевым в 1892 году.

Экспедиция работала на трех участках России: Хреновском (далее Каменная Степь), Старобельском и Великоанадольском. Целевое агролесомелиоративное направление научных исследований сформировалось в основном на Каменно-Степном участке.

В настоящее время наблюдается фактически повсеместное отсутствие лесохозяйственных уходов в защитных лесонасаждениях на сельскохозяйственных угодьях, что приводит к деградации лесных полос, в том числе и насаждений с участием дуба [3, 5].

Ухудшение состояния лесных полос, а в некоторых случаях и их гибель, может быть и от неправильного подбора древесных пород. Поэтому анализ развития искусственно созданных лесных биоценозов, доживших до возраста спелости, является актуальным, имеющим теоретическую и практическую ценность.

Лесная полоса №37 заложена К.Э. Собеневским в 1898 г. Ширина при закладке была 53,4 м, длина 526 м. Было высажено 10 пород, из них лесообразующих три: дуб черешчатый (Д), ясень пушистый (Яп) и сосна (С); две породы высокорослых кустарников – клен татарский (Кт) и лох узколистный; две породы плодовых – абрикос (Абр) и яблоня (Ябл); три вида кустарников – акация желтая (Аж), боярышник мелкоплодный (Бм) и жимолость татарская (Жт). Северная и южная опушки трехрядные из лоха, Аж и Бм. За южной опушкой высадили два ряда абрикоса. За абрикосом блок рядов с циклом чередования: Аж-С-Д-Кт-Кя-Абр-С-Абр-Д-Жт-Ябл. Посадочных мест в переводе на 1 га 9116, из них дуб занимал 14,8 %.

Многопородный состав насаждений по таким схемам давал возможность выявить породы, которые смогут адаптироваться к лесорастительным условиям Каменной Степи, но породы, способствующие росту и развитию дуба при таких схемах выявить невозможно.

Лесная полоса №23 заложена в 1900 году лесничим Каменно-Степного опытного лесничества Г.Ф. Морозовым. Посадка проводилась чистыми поперечными рядами. Главная порода – дуб черешчатый, подгон – быстрорастущие породы береза и сосна. Между дубом и подгоном кустарники: клен татарский и акация желтая. Г.Ф. Морозов сохранил экспедиционные параметры размещения посадочных мест. Расстояние между рядами 1,4-1,5 м, расстояние между посадочными местами в ряду 0,5-0,7 м [4]. В насаждении проводились рубки ухода и санитарные рубки.

Лесная полоса №29 заложена Г.Ф. Морозовым в 1899 г. по двухкустарниковому типу. Главная порода – Д, подгон из низкорастущих и высокорослых кустарников. Сопутствующей дубу породой были ясень обыкновенный (Яо) и Яп. Они же должны были выполнять и роль подгона дуба. Чередование пород в ряду: Аж-Жим-Д-Брск.евр.-Буз.-Яп-Птля-Жим.-Д-Брск.бор.-Кт-Яо [4]. Ширина полосы при закладке 21,3 м, расположение в пространстве с СЗ на ЮВ. Лесные опушки двухрядные, в первом ряду лох узколистный, во втором – боярышник. Дуб занимал 16,7 % посадочных мест.

Целью данной работы является показ реальной картины развития за более чем столетний период искусственно созданных лесных полос, посаженных с разным породным составом.

Исследования проводились путем сбора информации по истории лесных полос из архивных и фондовых материалов и собственных полевых исследований в лесных полосах с применением общепринятой методики таксации лесных насаждений, модернизированной Е.С. Павловским применительно к защитным лесным полосам, расположенным на сельскохозяйственных угодьях [6].

Результаты исследований

Лесная полоса № 37, заложенная в период работы Особой экспедиции В.В. Докучаева, является детищем 19 века, когда только велся поиск пород деревьев и кустарников, пригодных для почвенно-климатических условий переходной зоны от лесостепи к степи. Поэтому схема смешения пород при закладке этого насаждения не может быть образцом для полезащитного лесоразведения. Г.Ф. Морозов проводил дополнения погибших культур экспедиционного периода дубом, ясенем, кленом остролистным и ильмовыми. В результате породный состав на 1936 год представлен формулой, где присутствуют породы, не указанные при характеристике объектов исследования (табл. 1).

Анализируя данные таксационных описаний этого насаждения с 1936 по 2024 годы, приходим к выводу, что Д, Яо и Яп, Ко и липа (Лп) сформировали устойчивое насаждение, активно функционирующее до 84-летнего возраста. Клен ясенелистный (Кя) и ильм (Илм) выпали из первого яруса до таксации 1952 года [6]. Дуб превалирует до 2002 года. В 103-летнем возрасте Ко сравнялся по запасу с Д при 20 %-ном участии Яо и частично Лп, но в 126 лет дуб снова занял господствующее положение, а 20% наличия Ко в первом ярусе и 100 % во втором ярусе указывает на перспективность этой породы в защитном лесоразведении.

Уникальность лесной полосы №23 в том, что Г.Ф. Морозов при ее создании отказался от традиционного в то время ильмового подгона для дуба и ввел березу (Б) и, начиная с 1900 года, посадку лесных полос проводил чистыми поперечными рядами. По данным таксации лесных полос Каменной Степи за 1936 год [2] к 39-летнему возрасту в первом ярусе преобладала береза, дуб находился во втором ярусе в угнетенном состоянии, что показал запас древесины дуба через 23 года [7]. Такой незначительный прирост могут давать только угнетенные деревья. Последнюю березу здесь вырубili в 1949 году, т. е. дуб рос без конкуренции 13 лет.

Обращает на себя внимание и ширина полосы. К 1962 году она увеличилась на 23 м. Это можно объяснить разрастанием лесных опушек. По таксационному описанию того же года лесные опушки были густые из Кя, Кт, боярышников, Аж, бузины (Буз), Жт, крушины, реже бересклета европейского (Брск), терна и груши. В 1952 году рядом с л. п. №23 был распахан участок для закладки опыта по лесомелиорации солонцовых земель. Защитная зона между ним и лесополосой зарастала вышеуказанными породами, формирующими опушку. В последующие годы насаждение на солонцовом участке сомкнулось с л. п. №23, в результате южная опушка полосы исчезла, а северная разрасталась в сторону поля. В 2024 году ширина северной опушки неравномерная, в местах пересечения ложбин она достигает 22-23 м и состоит в основном из Кя. Куртины терна встречаются в восточной опушке, а в западной – боярышник и груша.

По данным таблицы видно, что через 33 года после полного удаления березы, запас дуба увеличился на 24 %, а через 37 лет в 119-летнем насаждении, где в первом ярусе только дуб, запас древостоя увеличился на 32,4 %, а запас второго яруса, состоящего из Ко, составляет 8,4 % от запаса дуба первого яруса. Судя по формуле состава, от 82-летнего до 119-летнего насаждения, можно прийти к выводу, что Д в период от 8 до 12-летнего класса возраста находится в хорошем состоянии, жизнеспособность его высокая, а завоевание второго яруса Ко и появление его в первом ярусе говорит о перспективности этой породы (Ко) в формировании дубово-кленовых древостоев.

Таблица 1 – Динамика формирования древостоя в лесных полосах с разным породным составом

№ л. п./ год таксаци и	Авторы таксации (ФИО)	Воз- раст , лет	Шири -на, м	Формула породного состава	Количест- во деревьев шт./га	Запас, м ³ /га	% сухи х
1	2	3	4	5	6	7	8
37/ 1936	Ключников Ю.В.	38	34,1	4Д2Яп1Яо1Ко1Кя1Ил м		246	
37/ 1962	Павловский Е.С.	64	33,0	6Д2Яп1Яо1Ко, ед Лп 4Д4Яп1Ко1Лп+Кяс, В 8Ко2Кяс+Яп, Лп, ед Д	253 <u>93</u> 346 877	200,7 <u>29,3</u> 230 24,6	3,5
37/ 1982	Петров П.Г., Скачков Б.И.	84	34,0	6Д2Яо1Яп1Ко+Лп 7Ко2Кяс1Д+Лп, Яо 6Ко4Кяс+Лп, Чер	311 <u>148</u> 459 390	285,4 <u>18,2</u> 303,6 20,2	7 4,1 10,0
37/ 2002	Ахтямов А.Г.	103		4Д4Ко2Яо+Лп	216	270	0,5
37/ 2024	Тунякин В.Д., Рыбалкина Н.В.	126		8Д2Ко 10Ко ед. Лп 10Ко ед. Лп	200 <u>171</u> 371 185	352 <u>51,3</u> 403,3 17,42	0,3
23/ 1936	Ключников Ю.В.	39	43	10Б 9Д1КТ	нет данных	213,0	-
23/ 1962	Павловский Е.С.	62	60	10Д 10Д, ед. Кя 4В2Д2Кя1КоЧр	330 <u>130</u> 460 383	213,1 <u>24,5</u> 237,6 10,9	3,8
23/ 1982	Петров П.Г., Скачков Б.И.	82	54	10Д 8Д2Кя, ед. В 3Д3Чр2Ко1В1Кя, ед. Яо	212 <u>68</u> 280 332	295,1 <u>17,0</u> 312,1 19,2	- 11,8 12,1
23/ 2002	Ахтямов А.Г.	102	57,8	10Д+Ко	254	372	0,5
23/ 2019	Тунякин В.Д., Рыбалкина Н.В.	119	54,8	10Д 10Ко 6Ко3В1Яо	214 <u>128</u> 342 66	426,0 <u>35,9</u> 461,9 4,2	

29/ 1936	Ключников Ю.В.	39	21,3	4Яа3Яо3Д 6Я4Д	нет данных	126	-
29/ 1962	Павловский Е.С.	63	33,0	7Д2Яо1Яп 6Яп4Д+Яо 4Яо3Яп2Кя1Д, ед. Ко	368 <u>80</u> 448 408	268,6 <u>25,1</u> 293,7 9,9	2,2 5,0
29/ 1982	Петров П.Г., Скачков Б.И.	83	33,0	7Д1Яо2Яп, ед. Ко 6Д2Яп1Яо1Ко 4Яп3Яо3Ко	340 <u>208</u> 548 360	327,3 <u>57,1</u> 384,4 9,1	7,0 19,2 1,1
29/ 2002	Ахтямов А.Г.	102		5Яо4Д1Ко	330	366,0	0,5
29/ 2021	Тунякин В.Д.	123	42	6Яо4Д, ед. Ко 5Яо3Д1Ко1Кя 7Ко2Яо1Кя	149 <u>85</u> 234 86	440,0 <u>61,2</u> 501,2 3,4	63

Анализ изменения породного состава за 123-летний период в л. п. 23 показывает, что, несмотря на высокорослые кустарники, окружающие ясень и притормаживающие его рост, к 39-летнему возрасту в насаждении преобладал ясень, но через 24 года, к 63-летнему возрасту дуб занимает господствующее положение и сохраняет его до 94-летнего возраста. При таксации 1992 года формула состава древостоя этого насаждения была в I ярусе 7Д1Яо2Яп; во II ярусе 3Д2Яп2В2Ко1Кп, в III ярусе 5В4Ко1Кп+Яп. [1]. Необходимо отметить высокий процент усыхающих деревьев первого и второго ярусов к 83-летнему возрасту – 26,2 %. Судя по составу второго яруса, где дуб составляет 30 %, а это явно угнетенные деревья, можно предположить, что высокий процент сухих деревьев получился за счет гибели дуба. Это подтверждают и данные таксации последующих лет.

В настоящее время по визуальному обследованию этой лесной полосы в первом ярусе из живых деревьев остался только дуб. Подрост редкий из Я, В и Ко. Ширина полосы неравномерная, от 36 до 42 м. В составе опушек находится в основном Кя с диаметром 14-19 см и высотой до 14 м, но встречаются жизнеспособные Ко диаметром от 4 до 12 см, высотой 4,5-10 м. Во с диаметром от 2 до 4 см, высотой 3-4 м, куртины бузины черной и красной, среди них сухие кусты с диаметром на высоте 1,3 м до 8 см.

В переходной зоне (пространство между материнским древостоем и лесной опушкой) имеется подрост Яо с диаметром 12-15 см и высотой 9 м, но его состояние неудовлетворительное, деревья усыхающие или ограниченно жизнеспособные. Причиной гибели подроста ясеня, который по параметрам можно отнести к деревьям третьего яруса, предположительно является недостаток света, так как кроны лесной опушки и материнского древостоя сомкнулись.

Анализируя данные таблицы, приходим к выводу, что правильное сочетание дуба с ясенем и кустарниками, примененное Г.Ф. Морозовым, дало хороший результат – к 123-летнему возрасту запас древесины составил 501,2 м³/га, к сожалению 60 % этого запаса – погибший ясень.

Результаты проводимых исследований позволяют прогнозировать направление развития защитных лесных насаждений (ЗЛН) на сельскохозяйственных угодьях в ЦЧЗ, что будет использовано при планировании рубок ухода в лесных полосах. Необходимо отметить значение ясеня при использовании его в полезащитном лесоразведении. Безусловно, он на определенных этапах развития ЗЛН является конкурентом главной породе – дубу черешчатому, но при правильном размещении пород и своевременных рубках ухода в лесных полосах можно создавать высокоэффективные во всех отношениях насаждения.

Список литературы

1. Вавин, В. С. Создание долговечных защитных лесных насаждений в условиях юго-востока ЦЧП / В. С. Вавин, В. Т. Рымарь, А. Г. Ахтямов, Л. Т. Свиридов. Воронеж.: Воронежская государственная лесотехническая академия, 2007. 240 с.
2. Ключников, Ю. В. Таксационное описание 1936 года (приложение к «Описанию лесонасаждений Каменно-Степного оазиса») // 1940.
3. Кулакова, Е. Н. Тенденция смены породного состава лесомелиоративных насаждений Каменной Степи (на примере вековой лесной полосы Г.Ф. Морозова) / Е. Н. Кулакова, С.С. Шешницан, В.Ю. Кулаков, Н.П. Карташова, Д.Р. Ирковский. // Научный журнал КубГАУ . 2023. № 192(08). С. 1–14.
4. Морозов, Г. Ф. Лесные культуры в Каменно-Степном опытном лесничестве 1896-1900 гг. / СПб., 1900.С. 105–184.
5. Маштаков, Д. А.. Состояние дубовых полезащитных лесных полос в условиях южного чернозема степ / Д.А. Маштаков, Н.Г. Берлин, П.Н. Проездов, В.В. Дубровин // Научная жизнь. 2015. № 6. С. 143–156.
6. Павловский, Е. С. Таксационные описания лесных насаждений Каменной Степи (1952 г.) // 1954.
7. Павловский, Е. С. Таксационное описание лесных насаждений Каменной Степи // 1962.

References

1. Vavin V. S., Rymar V. T., Akhtyamov A. G., Sviridov L. T. Creation of long-lasting protective forest plantations in the conditions of the south-east of the Central Asian Republic. Voronezh.: Voronezh State Forestry Academy, 2007. 240 p.
2. Klyuchnikov, Yu.V. Taxation description of 1936 (appendix to the "Description of forest plantations of the Stone Steppe oasis") // 1940.
3. Kulakova, E. N., S.S. Sheshnitsan, V.Yu. Kulakov, N.P. Kartashova, D.R. Irkovsky, The tendency to change the breed composition of forest reclamation plantations in the Stone Steppe (on the example of the century-old forest strip of G.F. Morozov). // Scientific journal of KubGAU. 2023. No. 192(08). Pp. 1-14.
4. Morozov, G. F. Forest crops in the Stone Steppe experimental forestry of 1896-1900 / St. Petersburg:, 1900.Pp. 105-184.
5. Mashtakov, D. A. The state of oak protective forest belts in the southern chernozem steppe / D.A. Mashtakov, N.G. Berlin, P.N. Proezdov, V.V. Dubrovin // Scientific life. 2015. № 6. С. 143–156.
6. Pavlovsky, E. S. Taxation descriptions of forest plantations of the Stone Steppe (1952) // 1954.
7. Pavlovsky, E. S. Taxation description of forest plantations of the Stone Steppe // 1962.

DOI:10/58168/FECC2025_205-209

УДК 634.11:631.81

АЛГОРИТМ ВОЗНИКНОВЕНИЯ АНОМАЛИЙ В РАЗВИТИИ РАСТЕНИЙ ЯБЛОНИ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ФЛУКТУАЦИЙ ВОДНО-ТЕМПЕРАТУРНОГО РЕЖИМА

Е.М. Цуканова, Е.Н. Ткачев

Федеральное государственное бюджетное научное учреждение "Федеральный научный
центр им. И.В. Мичурина"

г. Мичуринск, Россия, e-mail: Elenam31@yandex.ru

Аннотация: Дан анализ основных изменений водно-температурного режима территории Центрального Черноземья, указаны наиболее значимые для плодовых растений погодные аномалии и основные типы повреждающего воздействия на растительный организм. Приведен алгоритм (причины и примерная очередность) возникновения аномалий в развитии растений яблони в зависимости от флуктуаций водно-температурного режима.

Ключевые слова: плодовые растения, водно-температурный режим, температурные флуктуации, яблони, повреждение тканей.

ALGORITHM FOR THE OCCURRENCE OF ANOMALIES IN APPLE PLANTS DEPENDING ON WATER-TEMPERATURE REGIME FLUCTUATIONS

E.M. Tsukanova, E.N. Tkachev

Federal State Budgetary Scientific Institution "I.V. Michurin Federal Scientific Center"
Michurinsk, Russia, e-mail: Elenam31@yandex.ru

Abstract: The analysis of the main changes in the water-temperature regime of the Central Black Earth Region is given, the most significant weather anomalies for fruit plants and the main types of damaging effects on the plant organism are indicated. An algorithm (reasons and approximate sequence) of the occurrence of anomalies in the development of apple plants depending on water-temperature regime fluctuations is given.

Keywords: fruit plants, water-temperature regime, temperature fluctuations, apple trees, tissue damage.

Многолетний ретроспективный анализ метеорологических наблюдений и обобщение результатов исследований прошлых лет позволили установить, что основной тренд изменения водно-температурного режима на территории Центрального Черноземья – дестабилизация, и, в первую очередь, увеличение амплитуды перепада дневных и ночных температур, усиление

дискретности распределения осадков в пределах года. Указанное, несомненно, сказывается на состоянии развитии плодовых растений, причем наиболее отзывчивы на воздействие погодных аномалий многолетние растения, в связи с тем, что любые негативные последствия остаются и накапливаются в течение всей жизни растительного организма. Помимо этого аномальные погодные условия привели к изменению ритмики прохождения фазов плодовых культур (в частности яблони) и, в частности, сроков вступления растений в состояние зимнего покоя [1].

Систематизация результатов многолетнего мониторинга водно-температурного режима территории позволила определить наиболее значимые для плодовых растений погодные аномалии в годичном цикле развития, а также выделить наиболее опасные их сочетания:

- Резкое понижение температуры воздуха в октябре-ноябре (перепад до 15-20°C не более чем за 48 ч.) или длительный период (более 7 суток) низких отрицательных температуры воздуха (ниже ...-10°C) при отсутствии снежного покрова;
- Глубокие (выше +4°C) или длительные (не менее 5-7 дней) оттепели в декабре январе с дальнейшим резким понижением температуры воздуха не менее чем на 15-20° за сутки;
- Длительные (от 10 дней) низкие отрицательные (ниже ...-20°C) температуры воздуха в январе-феврале
- Длительные оттепели (не менее 7 дней) в феврале с последующим понижением температуры воздуха
- Резкие перепады температур (более 15°C за 1 сутки) в феврале марте
- Значительная разница (более 15°C) дневных и ночных температур воздуха на фоне высокой интенсивности ультрафиолетового излучения в марте-апреле
- Низкие температуры воздуха (до отрицательных значений) в 3 декаде апреля - мае, особенно после длительных высоких (выше +10°C) среднесуточных значениях температуры воздуха в 3 декаде марта - апреле;
- Низкие среднесуточные температуры воздуха (не выше 13-15°C) в мае - июне, особенно на фоне высокой влажности воздуха ($\geq 80\%$) и регулярных осадках;
- Переувлажнение: количество осадков в июне, июле августе (превышение среднемноголетней нормы не менее, чем на 30%)
- Засуха: количество осадков в период вегетации ниже среднемноголетней нормы не менее чем на 30%
- Высокие температуры воздуха в сентябре-октябре (среднесуточная температура воздуха выше 15°C), оптимальная влажность почвы

Объекты и методика исследований: В качестве модельных объектов исследований использовали растения яблони осенних и зимних сортов, произрастающие в интенсивных садах различных хозяйств Тамбовской области.

- мониторинг водно-температурного режима осуществляли по данным Мичуринской агрометеостанции, расположенной на территории проведения исследований.

- контактный мониторинг функционального состояния растений осуществляли по интегральному показателю работы фотосистемы 2 хлорофиллсодержащих тканей по методу Genty et al. [2], адаптированному к растительным объектам Цукановой Е.М. [3].
- гистологические и цитологические исследования производили по общепринятым методикам [4, 5]. с помощью аппаратно-программного комплекса ВидеоТест-Морфология 4.0.
- статистическую обработку данных проводили с использованием дисперсионного анализа с использованием программного обеспечения Microsoft Excel 2013

Результаты и и обсуждение. С целью определения алгоритма возникновения и развития повреждений растений яблони в различные периоды годичного цикла были проведены физиологические и гистологические анализы, определены основные типы повреждений, выявлены критические сочетания водно-температурного режима, фазы развития растения, определены наиболее уязвимые ткани и органы (табл. 1).

Таблица 1 – Наиболее опасные аномалии водно-температурного режима вызывающие повреждения плодовых растений (на примере яблони)

Аномалии водно-температурного режима, вызывающие повреждения	Виды повреждений растений на примере яблони
<i>Весенне-летний период</i>	
Резкое понижение температуры воздуха (до отрицательных значений) в 3 декаде апреля – мае (т.н. "возвратные заморозки")	Повреждение тканей листьев и завязей (от незначительных до фатальных в зависимости от силы воздействия стрессора)
Солнечная инсоляция более 10 тыс. люкс, особенно на фоне регулярного выпадения осадков при слабой степени облачности	Повреждение листовых пластинок и плодов - краевой некроз листьев, ожоги плодов
Переувлажнение почвы в июне, июле и августе (превышение среднесезонной нормы осадков не менее, чем на 30%, особенно при выпадении осадков с интервалом менее 5-7 дней)	Повреждение тканей листьев и корней в результате воздействия гипоксии корневой системы вызванной переувлажнением и переуплотнением почвы.
<i>Осенне-зимний период</i>	
Высокие температуры воздуха (более чем на 10°C превышающие среднесезонные значения) на фоне оптимальной (не ниже 60%) влажности воздуха в сентябре	Повреждение апикальной части однолетних побегов
Глубокие (до +6°C) или длительные (не менее 5-7 дней) оттепели в декабре январе с дальнейшим резким понижением температуры воздуха не менее чем на 15-20° за сутки Длительные (от 10 дней) низкие температуры воздуха (от -25°C) в январе-феврале Длительные (не менее 7 дней) оттепели в феврале и высокая амплитуда суточного перепада температур воздуха (не менее 20°C за 1 сутки)	Повреждение тканей одно-двух летних ветвей, вегетативных и генеративных почек. Глубина повреждений зависит от частоты воздействия повреждающего фактора и глубины покоя растения яблони
Резкие перепады дневных и ночных температур воздуха на фоне высокой интенсивности ультрафиолетового излучения в марте-апреле	Повреждение тканей коры в результате перепада суточных температур воздуха (нагрев коры в солнечные дни при отрицательных ночных температурах)

Установлено, что алгоритм возникновения любого типа повреждений - противоборство двух факторов - воздействие стрессора и функциональное состояние самого растения. Именно эти факторы определяют возможность и степень повреждения растений.

Далее рассмотрим алгоритм развития повреждений в зависимости от флуктуаций водно-температурного режима, фазы вегетации и уязвимости тканей растительного организма.

Зимний период. С конца октября до декабря на растения воздействуют в первую очередь низкие температуры воздуха, отсутствие или крайне низкий уровень снежного покрова. Наиболее опасные стрессоры периода января-февраля - резкие перепады температуры воздуха, чередование оттепелей и морозов. Нами определено, какие ткани повреждаются даже при невысоком уровне стрессорности водно-температурного режима, а каким для повреждения необходимо более жесткое воздействие стрессоров (табл. 2).

Таблица 2 – Динамика развития повреждений тканей плодовых растений в осенне-зимний и ранневесенний периоды

Период	Причины	ТИПЫ ПОВРЕЖДЕНИЙ ТКАНЕЙ		
		физиологические	гистологические	
			вегетативные	генеративные
Осенний период (сентябрь, октябрь, начало ноября)	затянутая вегетация	аномально высокая активность обменных процессов	слабая закалка плодовых растений, отсутствие сброса листьев	
	ранние низкие температуры воздуха ($\leq \dots -10^{\circ}\text{C}$)	Резкое торможение физиологической активности тканей	черешки листьев в месте прикрепления к побегу камбиальные ткани и сердцевина верхушек однолетних ветвей	
Начало зимнего периода (ноябрь, декабрь)	температуры воздуха ($\leq \dots -15^{\circ}\text{C}$)	физиологические реакции минимальны	ткани однолетних ветвей	
	температуры воздуха ($\leq \dots -20^{\circ}\text{C}$) или резкие перепады температуры (до 15°C)		ткани сердцевины двух- и трехлетних ветвей	переходные тканей под почкой
	температуры воздуха ($\leq \dots -25^{\circ}\text{C}$) или резкие перепады температуры (до 15°C)		ткани древесины двух- и трехлетних ветвей	Ткани основания почки зачатки плодолистиков
Зимний период (январь-февраль)	температуры воздуха ($\leq \dots -25^{\circ}\text{C}$) более 10 суток или оттепели с последующим резким понижением температуры (перепад $\geq 15^{\circ}\text{C}$),	аномальная активизация обменных процессов во время оттепели с последующим резким торможением	ткани сердцевины, древесины, камбиальные ткани двух- и трехлетних ветвей	меристематические тканей конуса нарастания почек, зачатки тычинок, зачатки плодолистиков, гибель отдельных почек
Ранневесенний период (март, начало апреля)	резкие перепады дневной и ночной температуры воздуха ($\geq 10^{\circ}\text{C}$)	выход растений из вынужденного покоя, активизация всех физиологических процессов	камбиальные ткани, ткани коры (солнечные ожоги)	ткани конуса нарастания почки, зачатки тычинок, плодолистиков, семязачатков

Аналогичная картина отмечена и в ранневесенний период - здесь основные стрессоры это значительные различия дневной и ночной температуры воздуха, атак же жесткость солнечной инсоляции на фоне морозного иссушения тканей. Дополнительным фактором уязвимости является активизация всех функциональных систем в данный период.

Заключение. Таким образом, показаны алгоритмы возникновения и развития повреждений растительного организма в различные периоды вегетации в годичном цикле. Обобщающим является тот факт, что в любом случае идет противоборство двух сил воздействия - с одной стороны глубина и длительность стрессорного воздействия, обусловленная дестабилизацией водно-температурного режима, с другой - степень уязвимости тканей и функциональных систем растения, которое складывается из генетически обусловленной устойчивости организма и величины энергетического пула пригодного для активизации защитных систем растения.

Список литературы

1. Tsukanova E. and Tkachev E. Altered climate dynamics in the East-European forest-steppe incites fruitplants injury., IOP.: Earth Environ. – 2019. - Sci. 226 012034.
2. Genty, B. The relationship between the quantum yield of photosynthetic electron transport and quenching of chlorophyll fluorescence / B. Genty, J.M. Briantais, N.R. Baker // *Biochimica et Biophysica Acta*. –1989. – V. 990. – P. 87-92.
3. Цуканова, Е. М. Система диагностики состояния плодовых растений. Экспресс-диагностика функционального состояния растений и оценка эффективности применения технологий / Е. М. Цуканова // LAP LAMBERT Academic Publishing, 2011. – 292 с.
4. Пронзина, М. Н. Ботаническая микротехника / М. Н. Пронзина. – М.: Высшая школа, 1960. – 206 с.
5. Дженсен, У. Ботаническая гистохимия / У. Дженсен. - М.: Мир, 1965. – 377 с.

References

1. Tsukanova E. and Tkachev E. Altered climate dynamics in the East-European forest-steppe incites fruitplants injury., IOP.: Earth Environ. – 2019. - Sci. 226 012034 (2019).
2. Genty, B. The relationship between the quantum yield of photosynthetic electron transport and quenching of chlorophyll fluorescence / B. Genty, J.M. Briantais, N.R. Baker // *Biochimica et Biophysica Acta*. –1989. – V. 990. – P. 87-92.
3. Tsukanova, E. M. System for diagnosing the state of fruit plants. Express diagnostics of the functional state of plants and evaluation of the effectiveness of technology / E. M. Tsukanova. // LAP LAMBERT Academic Publishing. 292 (2011).
4. Pronzina, M. N. Botanical microtechnics / M. N. Pronzina. - M.: Higher school, 1960. - 206 p.
5. Jensen, W. Botanical histochemistry / W. Jensen. - M.: Mir, 1965. - 377 p.

ИЗМЕНЧИВОСТЬ ЭЛЕМЕНТНОГО СОСТАВА КСИЛЕМЫ СОСНЫ ОБЫКНОВЕННОЙ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ СПЕЦИФИКИ ПОЧВЕННО-ГРУНТОВЫХ УСЛОВИЙ ПРОИЗРАСТАНИЯ И ФАЗЫ ВЕГЕТАЦИИ

А.Н. Хох

Научно-практический центр Государственного комитета судебных экспертиз
Республики Беларусь,
г. Минск, Беларусь, e-mail: 1ann1hoh@gmail.com

Аннотация. Приведены результаты экспериментального исследования содержания Ca, Cu, Ka, Mn, Pb, Rb, Sr и Zn в ксилеме сосны обыкновенной в зависимости от почвенно-грунтовых условий произрастания и фазы вегетации. На основе сравнения элементного состава построены матрицы парных корреляций и дендрограммы распределения исследованных типов леса по кластерам.

Ключевые слова. Сосна обыкновенная, элементный состав, рентгенофлуоресцентный анализ, почвенно-грунтовые условия, фаза вегетации, корреляционные связи, кластерный анализ.

VARIABILITY OF THE ELEMENTAL COMPOSITION OF XYLEM OF SCOTS PINE DEPENDING ON THE SPECIFICITY OF SOIL AND GROUND CONDITIONS OF GROWTH AND THE PHASE OF VEGETATION

A.N. Khokh

Scientific and Practical Center of The State Forensic Examination Committee of
The Republic of Belarus,
Minsk, Belarus, e-mail: 1ann1hoh@gmail.com

Abstract. The results of an experimental study of the content of Ca, Cu, Ka, Mn, Pb, Rb, Sr and Zn in the xylem of Scots pine depending on the soil and ground conditions of growth and the vegetation phase are presented. Based on the comparison of the elemental composition, matrices of pair correlations and dendrograms of the distribution of the studied forest types by clusters are constructed.

Keywords: Scots pine, elemental composition, X-ray fluorescence analysis, soil and ground conditions, vegetation phase, correlation links, cluster analysis.

На физико-биохимические процессы, протекающие в растениях, помимо общеклиматических факторов, большое влияние оказывают и конкретные условия произрастания [1]. Они находят отражение в химическом составе растений, различия которого могут быть весьма значительны даже в пределах двух рядом расположенных участков. Химизм растений, произрастающих в естественных условиях, формируется под воздействием ряда факторов. Главными факторами, определяющими содержание какого-либо элемента в растениях, являются: 1) содержание его в почве; 2) относительное количество в почвах его форм, усвояемых растениями; 3) орган растения; 4) время его поглощения; 4) вид растения [2-4].

Цель работы заключалась в изучении изменчивости содержания ряда элементов в ксилеме сосны обыкновенной (*Pinus sylvestris* L.) в зависимости от почвенно-грунтовых условий произрастания как основного показателя, характеризующего тип леса, и фазы вегетации.

Сосна обыкновенная была выбрана в качестве объекта исследования, поскольку является наиболее распространенной лесообразующей древесной породой в Беларуси.

Для определения элементного состава ксилемы сосны методом рентгенофлуоресцентного анализа в 2023 году в начале и конце вегетационного периода отбирались буровые керны у 25 деревьев на высоте 1,3 м по 1-му с дерева: один – в конце апреля, второй – в начале сентября.

На первом этапе работы наружная поверхность каждого керна срезалась ножом с керамическим лезвием и зачищалась с помощью гравера с насадкой из карбида вольфрама, чтобы избежать загрязнения древесины металлами, из которых изготовлен возрастной бур.

Впоследствии керны измельчались до мелкодисперсного состояния, отбиралась навеска массой 2-3 г, которая помещалась в фарфоровый тигель и проводилось озоление путем прокаливании в муфельной печи при температуре 600°C в течение 4 часов. Далее золынные остатки перетирались в агатовой ступке, после чего на специальной пресс-форме из WC формировались «таблетки» диаметром 13 мм, толщиной около 1 мм для проведения измерений.

Определение содержания Ca, Cu, K, Mn, Pb, Rb, Sr и Zn проводилось на энергодисперсионном рентгенофлуоресцентном спектрометре EDX600B (Skyray Instruments, Китай).

Статистическая обработка данных проводилась с помощью программы IBM SPSS Statistics. При сравнении содержания элементов весной и осенью в пределах одного места отбора использовался W-критерий Вилкоксона, а при сравнении типов леса – H-критерий дисперсионного анализа Краскела-Уоллиса. Различия считались достоверными при $p < 0.05$. Процедуры классификации были проведены с использованием кластерного анализа (мера сходства – евклидово расстояние; дендрограммы составлялись по методу Уорда).

Отметим, что аналогичные исследования ранее были проведены для территории государственного природоохранного учреждения «Березинский биосферный заповедник» [5]. Для подтверждения выявленных закономерностей во взаимоотношениях между элементами в данной работе была изучена территория Томашевского лесничества Брестского лесхоза. Анализировались те же типы леса, за одним исключением: вместо сосняка сфагнового временная пробная площадь была заложена в сосняке осоково-

сфагновом (таблица 1).

Таблица 1 – Таксационно-лесоводственные показатели древостоев сосны обыкновенной на временных пробных площадях в Томашевском лесничестве

№	Квар- тал	Вы- дел	Тип леса	ТЛУ	Породный состав	Средний возраст, лет	Класс бонитета	Пол- нота	Средний диаметр, см	Средняя высота, м
									$M_x \pm SD$	
1	3	3	С. вер.	A2	10С	100	3	0,7	32±0,7	20±1,3
2	72	1	С. мш.	A2	10С+С	95	2	0,7	26±0,8	21±1
3	324	26	С. ор.	B2	10С	100	1	0,5	32±1,1	27±1,2
4	13	13	С. кис.	C2	10С	90	1	0,6	30±1,4	27±0,9
5	152	7	С. дм.	A4	10С	90	2	0,7	28±1,7	24±1,1
6	282	6	С. баг.	A5	10С	90	5А	0,7	18±1,1	15±1,4
7	271	15	С. ос.-сф.	A5	6С4Б	90	5А	0,7	8±0,8	9±0,7

Примечание: С. вер. – сосняк вересковый, С. мш. – сосняк мшистый, С. ор. – сосняк орляковый, С. кис. – сосняк кисличный, С. дм. – сосняк долгомошный, С. баг. – сосняк багульниковый, С. ос.-сф. – осоково-сфагновый, ТЛУ – тип лесорастительных условий, M_x – среднее значение, SD – стандартное отклонение.

В таблице 2 представлены усредненные данные по содержанию элементов в ксилеме сосны, рассчитанные с учетом количественных измерений у 25 деревьев для каждого из семи исследованных типов леса в весенний и осенний периоды вегетации.

Таблица 2 – Содержание элементов в ксилеме (мг/кг)

Элемент	С. вер.		С. мш.		С. ор.		С. кис.		С. дм.		С. баг.		С. сф.	
	весна	осень	весна	осень	весна	осень	весна	осень	весна	осень	весна	осень	весна	осень
Ca	562,3	608,7	624,3	593,6	556,9	553,8	635,6	592,9	528,5	555,6	494,8	475,1	413,8	433,7
±SD	80,8	83,5	67,5	70,6	82,7	80,1	94,0	96,8	82,1	67,7	59,6	70,1	53,4	56,6
Cu	1,6	1,0	1,6	1,0	1,6	1,1	1,6	1,0	1,7	1,1	1,6	1,1	1,7	1,0
±SD	0,3	0,2	0,2	0,2	0,2	0,1	0,2	0,1	0,4	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2
K	551,2	561,2	553,8	525,6	541,0	561,5	549,1	595,3	451,7	433,6	421,3	448,8	266,0	277,9
±SD	67,4	62,9	96,2	67,1	71,2	82,9	72,9	59,8	66,8	61,9	43,5	60,2	60,9	67,2
Mn	42,4	47,9	75,6	74,6	74,6	77,4	66,5	67,9	43,6	41,6	41,6	41,8	43,9	49,2
±SD	3,9	6,3	5,6	5,1	6,4	6,2	6,4	5,9	4,3	4,6	4,4	3,9	4,6	5,7
Pb	2,1	2,2	2,2	2,5	2,4	2,1	2,1	2,3	2,2	2,2	3,2	3,2	4,5	4,6
±SD	0,5	0,5	0,4	0,4	0,5	0,4	0,4	0,6	0,4	0,4	0,5	0,5	0,6	0,7
Rb	1,1	1,1	1,1	1,0	1,1	1,1	1,1	1,1	1,4	1,5	1,4	1,5	1,7	1,7
±SD	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2
Sr	1,1	1,1	1,1	1,0	1,1	1,1	1,0	1,1	1,4	1,5	1,3	1,5	1,5	1,4
±SD	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,3	0,2	0,2	0,2	0,1	0,2
Zn	6,7	7,1	7,9	7,6	7,7	7,9	6,7	7,2	8,0	8,5	8,3	8,3	11,4	12,1
±SD	1,1	1,3	1,3	1,1	1,2	1,2	1,3	1,4	0,8	1,3	1,0	1,1	2,7	2,7

Примечание: SD – стандартное отклонение.

Экспериментально установлено, что вне зависимости от почвенно-грунтовых условий произрастания к концу вегетационного периода в ксилеме сосны отмечается уменьшение содержания Cu в 1,6 раза и увеличение содержания Mn – в 1,1 раза ($p < 0,05$). С ухудшением условий по богатству почвы и увлажнению фиксируется уменьшение содержания Ca в 1,4 раза, K в 2 раза, Mn в 1,5 раза и увеличение содержания Pb в 2 раза, Rb в 1,5 раза, Sr в 1,3 раза

и Zn в 1,6 раза. Различия для всех элементов по типам леса обнаружены на высоком уровне статистической значимости ($p < 0,0001$), исключение составила Cu, для которой изменчивость по типам леса отсутствует. Отмеченные тенденции экологической и сезонной изменчивости содержания исследованных элементов хорошо согласуются с результатами, полученными ранее [5], что говорит о возможности их экстраполяции на аналогичные объекты из других районов Беларуси.

Расчет парных коэффициентов ранговой корреляции Спирмена между элементами приведен в таблице 3.

Таблица 3 – Корреляционные связи между содержанием элементов

	Ca_весна	Cu_весна	K_весна	Mn_весна	Pb_весна	Rb_весна	Sr_весна	Zn_весна
Ca_весна	1							
Cu_весна	-0,038	1						
K_весна	0,581**	0,026	1					
Mn_весна	0,398**	-0,024	0,481**	1				
Pb_весна	-0,488**	-0,101	-0,576**	-0,290**	1			
Rb_весна	-0,443**	-0,031	-0,552**	-0,434**	0,491**	1		
Sr_весна	-0,291**	0,017	-0,451**	-0,306**	0,343**	0,400**	1	
Zn_весна	-0,378**	-0,017	-0,407**	-0,193*	0,413**	0,271**	0,332**	1
	Ca_осень	Cu_осень	K_осень	Mn_осень	Pb_осень	Rb_осень	Sr_осень	Zn_осень
Ca_осень	1							
Cu_осень	0,123	1						
K_осень	0,488**	-0,030	1					
Mn_осень	0,227**	0,029	0,330**	1				
Pb_осень	-0,424**	0,016	-0,485**	-0,393**	1			
Rb_осень	-0,382**	0,027	-0,543**	-0,494**	0,461**	1		
Sr_осень	-0,284**	0,032	-0,444**	-0,462**	0,357**	0,938**	1	
Zn_осень	-0,299**	0,057	-0,484**	-0,150*	0,316**	0,390**	0,311**	1
	Ca_осень	Cu_осень	K_осень	Mn_осень	Pb_осень	Rb_осень	Sr_осень	Zn_осень
Ca_весна	0,436**	-0,083	0,509**	0,393**	-0,485**	-0,470**	-0,389**	-0,399**
Cu_весна	-0,027	-0,130	0,042	0,045	-0,061	-0,038	-0,035	-0,158*
K_весна	0,482**	-0,034	0,596**	0,455**	-0,569**	-0,535**	-0,441**	-0,491**
Mn_весна	0,277**	-0,025	0,478**	0,771**	-0,308**	-0,535**	-0,487**	-0,271**
Pb_весна	-0,460**	-0,027	-0,523**	-0,348**	0,545**	0,430**	0,327**	0,387**
Rb_весна	-0,404**	0,123	-0,552**	-0,415**	0,416**	0,562**	0,486**	0,370**
Sr_весна	-0,413**	-0,039	-0,429**	-0,315**	0,307**	0,395**	0,322**	0,361**
Zn_весна	-0,415**	0,091	-0,448**	-0,125	0,392**	0,352**	0,291**	0,401**

Примечание – *корреляция значима на уровне 0,05; **корреляция значима на уровне 0,01.

Результаты корреляционного анализа выявили наличие положительных и отрицательных корреляционных связей между содержанием ряда элементов. При этом для меди корреляционные связи с другими изучаемыми элементами отсутствуют (исключение Cu_весна-Zn_осень).

Также в рамках данной работы был проведен кластерный анализ полученных данных о содержании элементов в ксилеме сосны для исследованных типов леса отдельно для весеннего

и осеннего периодов.

Как можно видеть из представленных на рисунке 1 дендрограммах, в начале и в конце вегетационного периода деревья сосны, произрастающие в исследованных типах леса, формируют 3 обособленных кластера. В обоих случаях индивидуальный кластер (кластер 1) формируют деревья из сосняка сфагнового, в кластер 2 попадают деревья из сосняка долгомошного и сосняка багульникового, деревья из сосняка верескового, сосняка мшистого, сосняка орлякового и сосняка кисличного образуют кластер 3.

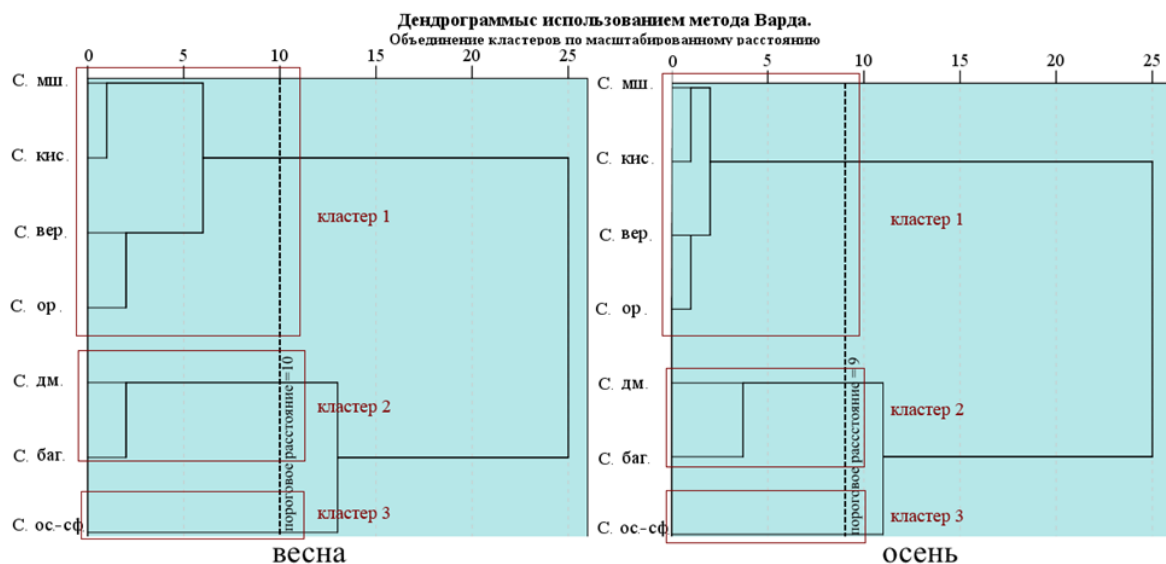


Рисунок 1 – Горизонтальные дендрограммы распределения исследованных типов леса по кластерам на основе сравнения элементного состава ксилемы сосны

Кластеризация сосняков по содержанию элементов в ксилеме согласуется с результатами ранее проведенного кластерного анализа [4] и соответствует трем группам древесно-кольцевых хронологий, выделенных по богатству почвы и режиму увлажнения: сосняки на почвах неустойчивого и нормального увлажнения, сосняки на почвах избыточного увлажнения, сосняки на верховых болотах.

Таким образом, полученные дополнительные результаты согласуются с уже полученными для территории Березинского биосферного заповедника и подтверждают ранее выявленные закономерности. Так, показано, что с ухудшением условий по богатству почвы и увлажнению отмечается уменьшение содержания в ксилеме Ca, K, Mn и увеличение содержания Pb, Rb, Sr, Zn; к концу вегетационного периода независимо от условий роста отмечается уменьшение содержания Cu и увеличение содержания Mn.

Список литературы

1. Hafeez M. B. Growth, physiological, biochemical and molecular changes in plants induced by magnetic fields: A review/ M. B. Hafeez [et al.] //Plant Biology. – 2023. – Vol. 25. – №. 1. – P. 8-23.
2. Phuong H. T. Accumulation and distribution of nutrients, radionuclides and metals by roots, stems and leaves of plants / H. T. Phuong [et al.] //Nuclear Engineering and Technology. – 2023. – Vol. 55. – №. 7. – P. 2650-2655.

3. Asare M. O. The fate of secondary metabolites in plants growing on Cd-, As-, and Pb-contaminated soils—a comprehensive review/ M. O. Asare, J. Száková, P. Tlustoš //Environmental science and pollution research. – 2023. – Vol. 30. – №. 5. – P. 11378-11398.

4. Štofejová L. Analysis of heavy metal content in soil and plants in the dumping ground of magnesite mining factory Jelšava-Lubeník (Slovakia) / L. Štofejová, J. Fazekaš, D. Fazekašová //Sustainability. – 2021. – Vol. 13. – №. 8. – P. 4508.

5. Хох А. Н. Особенности элементного состава древесины сосны обыкновенной в зависимости от условий местопроизрастания и фазы вегетации / А. Н. Хох, В. Б. Звягинцев // Известия Саратовского университета. Новая серия. Серия: Химия. Биология. Экология. – 2022. – Т. 22. – № 1. – С. 47–56.

References

1. Hafeez M. B. Growth, physiological, biochemical and molecular changes in plants induced by magnetic fields: A review/ M. B. Hafeez [et al.] //Plant Biology. – 2023. – Vol. 25. – №. 1. – P. 8-23.

2. Phuong H. T. Accumulation and distribution of nutrients, radionuclides and metals by roots, stems and leaves of plants / H. T. Phuong [et al.] //Nuclear Engineering and Technology. – 2023. – Vol. 55. – №. 7. – P. 2650-2655.

3. Asare M. O. The fate of secondary metabolites in plants growing on Cd-, As-, and Pb-contaminated soils—a comprehensive review/ M. O. Asare, J. Száková, P. Tlustoš //Environmental science and pollution research. – 2023. – Vol. 30. – №. 5. – P. 11378-11398.

4. Štofejová L. Analysis of heavy metal content in soil and plants in the dumping ground of magnesite mining factory Jelšava-Lubeník (Slovakia) / L. Štofejová, J. Fazekaš, D. Fazekašová //Sustainability. – 2021. – Vol. 13. – №. 8. – P. 4508.

5. Khokh A. N. The characteristics of the elemental composition of the scots pine wood in accordance with the conditions of a growing site and a vegetation phase/ A. N. Khokh, V. B. Zviagintsev // Izvestiya of Saratov University. Chemistry. Biology. Ecology. – 2022. – Vol.. 22. – No. 1. – pp. 47–56.

УСТОЙЧИВОСТЬ СЕМЕННЫХ И ПОРОСЛЕВЫХ НАСАЖДЕНИЙ ЯСЕНЯ ПРИ ПОРАЖЕНИИ *HYMENOSCYPHUS FRAXINEUS*

С. И. Шабанов, В. А. Сиволапов, Ю. С. Оруджов, А. М. Чаплин

Филиал ФБУ Российский центр защиты леса – Воронежский центр защиты леса
г. Воронеж, Россия, e-mail: czl136@rcfh.rosleshoz.gov.ru

Аннотация. Проведён анализ выявленных в ходе Государственного лесопатологического мониторинга (далее ГЛПМ) очагов халарового некроза ветвей ясеня *Hymenoscyphus fraxineus* на территории лесного фонда Курской области. На примере пунктов постоянного наблюдения проанализирована динамика развития заболевания и ослабления насаждения.

Ключевые слова: халаровый некроз, *Hymenoscyphus fraxineus*, *Armillaria*, ясень обыкновенный, *Fraxinus excelsior*, усыхание.

RESISTANCE OF SEED AND GROWTH PLANTINGS OF ASH UNDER THE INFLUENCE OF *HYMENOSCYPHUS FRAXINEUS*

S. I. Shabanov, V. A. Sivolapov, Yu. S. Orudzhov, A. M. Chaplin

The Federal Budget Institution Russian Centre of Forest Health – Forest Protection Center of the
Voronezh Region Voronezh, Russia, e-mail: czl136@rcfh.rosleshoz.gov.ru

Annotation. The article provides an analysis of investigated plots for *Hymenoscyphus fraxineus* damage in the Kursk region, which was detected during observations of the sanitary and forest pathology state of forests. The dynamics of the chronic fungal disease of ash trees was monitored using the constant observation objects.

Keywords: ash dieback, *Hymenoscyphus fraxineus*, *Armillaria*, common ash, *Fraxinus excelsior*, dieback.

Введение. Ясень обыкновенный (*Fraxinus excelsior* L.) в лесостепной зоне является ценной лесообразующей породой, отличающейся быстрым ростом и долговечностью, с красивой кроной, что обуславливало его использование помимо лесных насаждений так же в озеленении и создании лесомелиоративных насаждений и защитных полос вдоль дорог.

До конца двадцатого века данный вид характеризовался как относительно устойчивый к вредителям и болезням и отличался достаточно хорошим фитосанитарным состоянием [1].

Однако в настоящее время отмечается резкое ухудшение санитарного состояния ясенников. Угрозу несут два дальневосточных вида – гриб *Hymenoscyphus fraxineus*, вызывающий заболевание халаровый некроз ясеня, и стволовый вредитель – ясеневая узкотелая изумрудная златка.

Впервые массовый ветровал ясеня был отмечен в 2018 году в Клинковском участковом лесничестве Дмитриевского лесничества. Масштабы выпадения ясеня в отдельно взятом участковом лесничестве были таковы, что в 2019 в насаждении было проведено выездное занятие в рамках совместного семинара Комитета лесного хозяйства Курской области и филиала ФБУ «Рослесозащита» – «ЦЗЛ Воронежской области».

У поваленных деревьев практически полностью отсутствовали корни, имелись характерные признаки поражения грибами рода *Armillaria* (опенок), однако причин аномально агрессивного поведения данного паразита в отдельно взятом лесничестве тогда установить не удалось. В последующие годы аналогичное выпадение ясеня было отмечено в ряде других лесничеств области – Хомутовском, Рыльском, Курском, Льговском. При более детальном обследовании поврежденных насаждений были выявлены признаки поражения ясеня новым для России заболеванием – халаровым некрозом ветвей ясеня. Возбудитель данного заболевания *Hymenoscyphus fraxineus* (= *Chalara fraxinea*, = *H. pseudoalbidus*) [2] впервые выделен и описан польскими исследователями в 2006, предположительно завезен в Европу с Дальнего Востока, где находится естественный ареал данного вида, в естественной среде аскомицет специализируется на деструкции листового опада местных видов ясеня. Масштабы поражения ясеня в странах Центральной Европы и Белоруссии приняли характер эпифитотии, в Польше и Белоруссии вопрос стоит о сохранении ясеня обыкновенного как вида. Халаровый некроз признан наиболее вредоносным заболеванием ясеневых насаждений Европы за весь период фитопатологических наблюдений [3].

На территории Европейской части России в насаждениях лесного фонда массовые очаги данного заболевания не фиксировались. В 2014-2016 было проведено масштабное обследование ясеневых насаждений Европейской части России, в ходе которой наличие инфекции подтверждено лабораторным путём в 35 субъектах Центрального, Северо-Западного, Южного, Северо-Кавказского и Приволжского федеральных округов, при этом площадь и степень повреждения насаждений не определялись, очаги заболевания не фиксировались, до 2023 г не было даже статистического кода для возбудителя данного заболевания.

Заражение ясеня начинается с листьев, затем инфекция по центральной жилке и черешку переходит на ствол и ветви, вызывая некротические поражения тканей. Для компенсации потери ассимиляционного аппарата по мере отмирания ветвей происходит образование «вторичной кроны» за счет массового разрастания водяных побегов ниже места поражения. Водяные побеги вновь поражаются халаровым некрозом, ниже места поражения образуются два новых замещающих побега, которые так же поражаются – в итоге происходит разрастание поросли с формированием характерных «мётел». Патоген *Hymenoscyphus fraxineus* имеет две фазы жизненного цикла: половую и бесполоую. Бесполовая стадия (анаморфа) развивается на поражённых деревьях, повреждая листву и ветви. Половая, репродуктивная стадия (телеоморфа) развивается летом следующего года на черешках опавших листьях ясеня

[4]. Таким образом, источником распространения инфекции являются опавшие листья больных деревьев.



Фото 1 Поросль, пораженная *Hymenoscyphus fraxineus*.

В целом, порослевые насаждения в большей степени подвержены инфекции по сравнению с семенными и менее устойчивы. У подростка инфекция протекает в острой форме, нередко вызывая гибель растений, у взрослых деревьев болезнь чаще всего переходит в хроническую форму, уже ослабленные деревья поражаются армиллярными гнилями. Кроме того, помимо периферической гнили, вызываемой грибами рода *Armillaria* (опенок), значительная часть деревьев поражена так же центральной комлевой гнилью, вызванной устулиной (*Kretzschmaria deusta*). Исходя из того, что заражение деревьев устулиной происходит через повреждения корней, можно сделать вывод, что поражение данным грибом происходит уже после поражения опёнком. Таким образом приходится сталкиваться с комплексом заболеваний – халаровый некроз, к которому добавляется опёнок – а уже после происходит поражение устулиной.

Объекты и методы исследований. Исследование динамики развития халарового некроза (*Hymenoscyphus fraxineus*) проведено на пунктах постоянного наблюдения (далее ППН) № 052912.023, расположенной в квартале 188, таксационный выдел 8 Ольховского участкового лесничества Хомутовского лесничества и № 052902.023, расположенной в кв. 57 выдел 1 Клинковского участкового лесничества Дмитриевского лесничества.

ППН 052912.023 происхождения естественное, смешанное – среди ясеней в насаждении имеются как деревья семенного, так и порослевого происхождения. Состояние деревьев оценивали по шкале категорий состояния, приведенной в Правилах санитарной безопасности в лесах Российской Федерации [9]. Степень ослабления насаждений определяли, как средневзвешенную величину оценки распределения запаса деревьев разных категорий состояния. Для удобства сравнения категории погибших деревьев, обследованных в 2019 г, приведены в соответствии с Приложением 1 к Правилам санитарной безопасности в лесах, утвержденных Постановлением Правительства Российской Федерации от 9 декабря 2020 г. N 2047. При обследовании ясеней пользовались методикой, предложенной Т. Kowalski, A. Czekaj [5] для визуального определения заражения халаровым некрозом: фиксировались внешние признаки заболевания – раковые язвы и некрозы на стволах, водяные побеги, ажурность кроны, вывалы и пр., При этом отбирались образцы для ДНК анализа для подтверждения наличия связи между выявленными внешними признаками и наличием

возбудителя. В качестве образцов отбирались листья с некротическими повреждениями различной степени и побеги в местах образования раковых язв. Лабораторным путём при помощи молекулярно-генетического анализа на базе генетических лабораторий как Центра защиты леса Воронежской области, так и ФБУ «Рослесозащита» подтверждено наличие аскомицета *H. fraxineus* в представленных образцах.

Результаты и обсуждение. В ходе проведения Государственного лесопатологического мониторинга очаги заболевания на территории Лесного фонда Курской области выявлены на общей площади 566,6 га по состоянию на конец 2024 г. Динамика поражения насаждения халаровым некрозом представлена на примере пунктов постоянного наблюдения (ППН), расположенного в квартале 188, таксационный выдел 8 Ольховского участкового лесничества Хомутовского лесничества Курской области. В указанном насаждении *H. fraxineus* выявлен впервые в ходе плановой проверки ППН в 2023 году, при предыдущих проверках в 2019 и 2021 году признаков заболевания выявлено не было.

Данные перечета по годам приведены в таблице 1, распределение запаса по категориям санитарного состояния по годам – на диаграммах 1-3.

На указанной ППН на учет взято 51 дерево ясеня обыкновенного (таблица 1), по состоянию на 2019 год средняя категория состояния по породе составляла 1,2, на пробной площади было отмечено три погибших дерева – категории старый сухостой и одно усыхающее, все в ступени толщины 16 см, что составляло суммарно 1,0% запаса породы на ППН, кроме указанных деревьев, в данной ступени толщины другие деревья отсутствовали, что характеризует их как отставшие в росте и относит их к естественному отпаду. Ко 2-й категории санитарного состояния (ослабленные) – 16 деревьев (16,3% по запасу) и остальные деревья (82,7 % по запасу) – 1 категории (здоровые).

В 2021 году средняя категория санитарного состояния по породе снизилась незначительно – до 1,32, что так же является показателем здорового насаждения, погибло одно дерево, ранее отнесённое к 4-й категории, из числа отставших в росте – все 4 погибших дерева относятся к ступени толщины 16 см, гораздо ниже среднего диаметра, являются отставшими в росте, таким образом гибель данных экземпляров является естественным отпадом. При предыдущей проверке погибшее в межповерочный период дерево было отнесено к 4-й категории санитарного состояния (усыхающие), само насаждение и ясень оставались в категории здоровых насаждений. Четыре дерева были отнесены к 3-й категории санитарного состояния (сильно ослабленные), причиной ослабления на тот момент был определен опенок осенний.

В ходе плановой проверки этой же ППН в 2023 году установлено, что за межповерочный период состояние ясеня в данном насаждении резко ухудшилось, средняя категория состояния по породе снизилась до показателя 1,96, что соответствует ослабленному насаждению.

Количество погибших деревьев составляет 12 штук (17,9% от запаса), из них 4 погибшие до 2021 г в результате естественного отпада и 8 штук (16,8%) – свежий ветровал. Все, погибшие в 2023 году деревья относятся к порослевым, при предыдущих проверках относились к 1-й и 2-й категории санитарного состояния. Кроме того, 7 деревьев (11,4% по запасу) составляют сильно ослабленные деревья 3-й категории санитарного состояния. За

межповерочный период в данную категорию перешли два дерева. Учитывая, что проверка ППН проводилась 11 июля 2023 года – высока вероятность того, что до конца вегетационного периода общее санитарное состояние породы может ухудшиться ещё сильнее за счёт продолжающегося вывала сильно ослабленных деревьев. В целом же в результате воздействия инфекции в течении 2021-2023 гг пострадало 28,7% ясеня, что свидетельствует о стремительном развитии заболевания. При этом при падении ветровальные деревья ясеня повреждают деревья других пород, чем ещё сильнее ухудшают общее санитарное состояние насаждения.

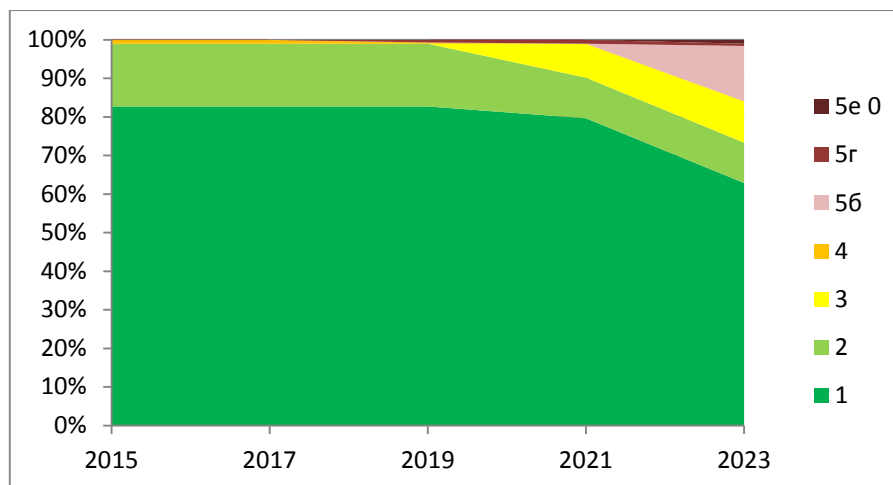


Рис. 1 График отпада ясеня на пробной площади 052912.023 – смешанное происхождение.

В квартале 57 выд 1 Клинковского участкового лесничества лесничества представлена на графике (данная ППН подлежала проверке в четные годы). На данном участке произрастал ясень семенного происхождения. Как отмечалось ранее – именно в Клинковском участковом лесничестве – на стыке границ Брянской, Орловской и Курской областей, в урочищах Клинок и Орлов Бугор впервые было отмечено аномальное выпадение ясеня, при этом в соседних урочищах того же лесничества в 2018 году ясень признаков поражения не имел.

У поваленных деревьев практически полностью отсутствовали корни, имелись характерные признаки поражения грибами рода *Armillaria* (опенок), однако причин аномально агрессивного поведения данного паразита в отдельно взятом лесничестве тогда установить не удалось. Причина была установлена только в 2023 году по результатам проведения анализа образцов в генетических лабораториях ФБУ «Рослесозащита» и Воронежского ЦЗЛ, показавших наличие в представленных образцах патогена *Hymenoscyphus fraxineus*. На тот момент заболевание охватило уже практически всю территорию Курской области

Регулярные обследования на пункте постоянного наблюдения показали прогрессирующее ухудшение состояния ясеня.

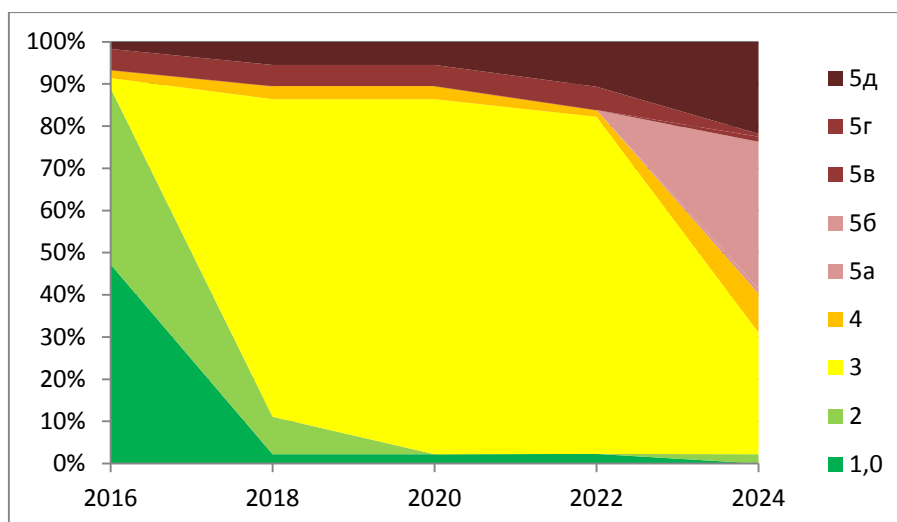


Рис. 2 График отпада ясеня на пробной площади 052902.023 – семенное происхождение.

Установлено также, что если в 2016 доля здоровых деревьев ясеня (1-2 категории санитарного состояния) составляла 89%, то в 2024 на ППН здоровых экземпляров не осталось, к категории ослабленных (2 категория санитарного состояния) отнесено только 1 дерево (2,2% по запасу), на погибшие приходится 59,5%, происходит постепенная смена пород – ясень вытесняется кленом остролистным. При анализе состояния деревьев, погибших с момента выявления признаков заболевания в 2018 г показывает, что состояние резко ухудшилось именно по результатам проверки в 2018 г, количество деревьев 3-й категории за межповерочный период возросла с 8,9% в 2016 до 75,3% в 2018. Но при этом, в отличие от порослевых насаждений в Хомутовском лесничестве в семенном насаждении гибель более растянута по времени – составляя 4-6 лет. Данная ППН в текущем году списана, как погибшая, в выделе назначена выборочно-санитарная рубка.

Заключение. В ходе проведения ГЛПМ выявлены очаги халарового некроза ветвей ясеня на территории Курской области. Заболевание развивается достаточно стремительно и приводит к выпадению ясеня из состава насаждений лесного фонда. При этом семенные насаждения показали более высокую резистентность к данному заболеванию, но так же подвержены гибели, хотя скорость развития болезни несколько ниже по сравнению с порослевыми насаждениями.

В то же время следует отметить, что аномально агрессивное поведение опёнка с вывалом ясеня происходит именно в насаждениях, повреждённых халаровым некрозом, в то время как в насаждениях, погибших вследствие заселения ясеновой изумрудной узкотелой златкой (*Agrilus planipennis*), где так же на корнях ясеня присутствует опенок, вывалы отсутствуют. Кроме того, ясеновые насаждения, поврежденные халаровым некрозом, златкой не заселяются. Наиболее характерно в данном плане Ленинское участковое лесничество Курского лесничества Курской области, где по соседству расположены очаги указанных вредных организмов – в ходе проведения лесопатологического обследования отмечена гибель ясенового древостоя от поражения златкой в квартале 85 таксационный выдел 6, и гибель ясеня от халарового некроза в квартале 88 таксационный выдел 3. Однако ограниченный объём фактического материала пока не позволяет сделать выводы об антагонизме этих двух вредных организмов. Но следует отметить, что информация о переносе халарового некроза

златкой, встречающаяся в отдельных публикациях, носит предположительный характер. В то же время при поражении златкой погибает только надземная часть дерева и живые корни дают обильную поросль, менее устойчивую по сравнению с семенными насаждениями к халаровому некрозу.

Заболевание является новым для России и меры борьбы с ним не выработаны. В рамках действующих санитарных правил допускается только уборка уже погибших деревьев, в то время, как источником распространения инфекции служит опавшая листва больных, но ещё живых деревьев, в основном сильно ослабленных и усыхающих (3-я и 4-я категории санитарного состояния), при этом плодовые тела развиваются на следующий после опадения год. И если в городских и парковых насаждениях удаление опавшей листвы вполне может снизить общий инфекционный фон, в лесах и защитных насаждениях такая мера экономически нецелесообразна.

В настоящее время сотрудниками Воронежского Центра защиты леса в сотрудничестве с белорусскими коллегами кафедры лесозащиты и древесиноведения Белорусского государственного технического университета, накопившими более обширный материал по распространению халарового некроза, разработан и направлен на рассмотрение в Рослесхоз проект рекомендаций по борьбе с халаровым некрозом.

Наличие одного дерева (2,2% по запасу) 2-й категории санитарного состояния на пробной площади подтверждает предположение о существовании генотипов ясеня, устойчивых к поражению *Hymenoscyphus fraxineus*. Именно отбор таких деревьев, в том числе их сохранение в виде семенников при проведении сплошных рубок должны послужить основой для возрождения ясеневых насаждений.

Список литературы

1. Звягинцев В. Б., Сазонов А. А. Новая угроза ясеневым лесам // Лесное и охотничье хозяйство. 2006. № 1. С. 12–16.
2. Kowalski T. *Chalara fraxinea* sp. nov. associated with dieback of ash (*Fraxinus excelsior*) in Poland // Forest Pathology. – 2006. – V. 36. P. 264.
3. *Hymenoscyphus fraxineus* (ash dieback) – Mode of access: <http://www.cabi.org/isc/datasheet/108083>. – Date of access: 28.09.2015.
4. Ash dieback (*Hymenoscyphus fraxineus*) <https://www.forestresearch.gov.uk/tools-and-resources/fthr/pest-and-disease-resources/ash-dieback-hymenoscyphus-fraxineus/>
5. Kowalski T., Czekał A. Symptomy chorobowe i grzyby na zamierających jesionach (*Fraxinus excelsior* L.) w drzewostanach Nadleśnictwa Staszów // Leśne Prace Badawcze (Forest Research Papers), 2010. Vol. 71 (4). P. 357–368.

Refereces

1. Zviagintsev V. B., Sazonov A. A. New danger to ash stands. Lesnoe i ohotnich'ye hozyaystvo [Forestry and Hunting Economy], 2006, no. 1, pp. 12–16 (in Russian).
2. Kowalski T. *Chalara fraxinea* sp. nov. associated with dieback of ash (*Fraxinus excelsior*) in Poland // Forest Pathology. – 2006. – V. 36. P. 264.

3. *Hymenoscyphus fraxineus* (ash dieback) – Mode of access: <http://www.cabi.org/isc/datasheet/108083>. – Date of access: 28.09.2015.
4. Ash dieback (*Hymenoscyphus fraxineus*) <https://www.forestresearch.gov.uk/tools-and-resources/fthr/pest-and-disease-resources/ash-dieback-hymenoscyphus-fraxineus/>
5. Kowalski T., Czekał A. Symptomy chorobowe i grzyby na zamierających jesionach (*Fraxinus excelsior* L.) w drzewostanach Nadleśnictwa Staszów // Leśne Prace Badawcze (Forest Research Papers), 2010. Vol. 71 (4). P. 357–368.

СОСТОЯНИЕ СОСНОВЫХ КУЛЬТУР РОССОШАНСКОГО ЛЕСНИЧЕСТВА ВОРОНЕЖСКОЙ ОБЛАСТИ И МЕРОПРИЯТИЯ ПО УЛУЧШЕНИЮ ИХ ПРОДУКТИВНОСТИ

А.И. Шестакова, А.И. Ревин, М.А. Тувышкина

Воронежский государственный лесотехнический университет имени Г.Ф. Морозова,
г. Воронеж, Россия, e-mail: airevin59@yandex.ru

Аннотация. В результате проведенной работы было изучено строение сосновых древостоев по диаметру в Россошанском лесничестве Воронежской области. На основе сравнительного анализа практического распределения диаметров и нормального распределения предложены мероприятия для улучшения состояния древостоя, его товарной структуры продуктивности изучаемых насаждений.

Ключевые слова: сосновые насаждения, естественные ступени толщины, строение по диаметру, продуктивность.

THE STATE OF PINE CROPS OF ROSSOSHANSKOE FORESTRY OF VORONEZH REGION AND MEASURES TO IMPROVE THEIR PRODUCTIVITY

A.I. Shestakova, A.I. Revin, M.A. Tuvyshkina

Voronezh State University of Forestry and Technologies named after G.F. Morozov,
Voronezh, Russia, e-mail: airevin59@yandex.ru

Abstract. As a result of the work carried out, the structure of pine stands by diameter in the Rossoshanskoye forestry of the Voronezh region was studied. Based on a comparative analysis of the practical distribution of diameters and normal distribution, measures were proposed to improve the condition of the stand, its commodity structure, and the productivity of the studied plantations.

Keywords: pine stands, natural thickness grades, diameter structure, productivity.

Сосна обыкновенная является одной из основных лесообразующих пород Воронежской области. К сожалению, площадь сосновых лесов за последние десятилетия существенно сократилась. Вследствие этого, опыт искусственного создания и выращивания сосновых насаждений имеет огромное значение [1,3].

Динамику лесного фонда и его показателей анализируют многие исследователи. Применительно к данному вопросу известна работа В.В. Успенского и В.К. Попова [2], где

изучена динамика развития культур ЦЧО. В этой работе исследованию особенностей роста и продуктивности культур сосны уделено наибольшее внимание.

Для выявления закономерности в строении сосновых насаждений по диаметру использованы данные перечета стволов на трех пробных площадях (табл.1).

Таблица 1 – Данные перечета пробных площадей

№ п.п.	Число стволов по ступеням									Всего	Средний диаметр, см
	10	12	14	16	18	20	22	24	26		
1	1	19	28	33	60	24	25	15	9	214	18,4
2	3	11	21	40	54	31	21	20	10	211	18,8
3	12	11	18	23	52	44	22	15	12	209	18,8

Данные распределения стволов по ступеням толщины свидетельствуют о большом размахе диаметров (от 9 до 27 см) и значительном варьировании их. В целях сопоставимости результатов, число стволов по ступеням толщины выразили в процентах, а значения ступеней толщины – в долях среднего диаметра, т.е. сопоставление проводили по естественным ступеням толщины.

Результаты распределения числа стволов по естественным ступеням толщины для исследуемых пробных площадей представлены в таблице 2, а также были нанесены на график в виде полигона распределения (рис. 1).

Таблица 2 – Строение сосновых насаждений по диаметру

Естественные ступени толщины	Пробные площади			
	1	2	3	По А.В. Тюрину
0,5	1,0	1,0	3,0	0,7
0,6	3,0	2,0	4,5	3,5
0,7	10,0	6,5	6,0	9,5
0,8	12,5	10,5	8,0	16,1
0,9	13,5	18,5	12,0	18,4
1,0	25,9	22,6	22,0	18,1
1,1	11,1	14,4	19,5	13,1
1,2	13,0	9,9	9,0	8,9
1,3	5,0	8,1	7,5	6,3
1,4	3,0	5,0	6,5	3,3
1,5	2,0	1,5	2,0	1,5
1,6	-	-	-	0,5
1,7	-	-	-	0,1
Место среднего дерева, %	52,95	49,8	44,5	57,25

Проведенный анализ распределения показал следующее: распределение деревьев по естественным ступеням толщины примерно одинаково для всех пробных площадей, но несколько отличается от стандартного распределения А.В. Тюрина. Если левая часть распределения насаждений пробных площадей начинается так же со ступени 0,5, то правая ветвь более короткая и заканчивается в ступени 1,5, в отличие от распределения А.В. Тюрина,

доходящего до ступени 1,7. Это можно объяснить особенностями проводимого ухода за культурами сосны и стремлением хозяйственников вырубить наиболее толстые и ценные в товарном отношении стволы. Место среднего дерева в сосновых культурах по пробной площади № 1 – 52,95 %, по пробной площади № 2 – 49,8 %, и по пробной площади № 3 – 44,5 %. Наиболее близкое значение к месту среднего дерева по А.В.Тюрину – 57,25 %, имеет этот показатель для пробной площади № 1.

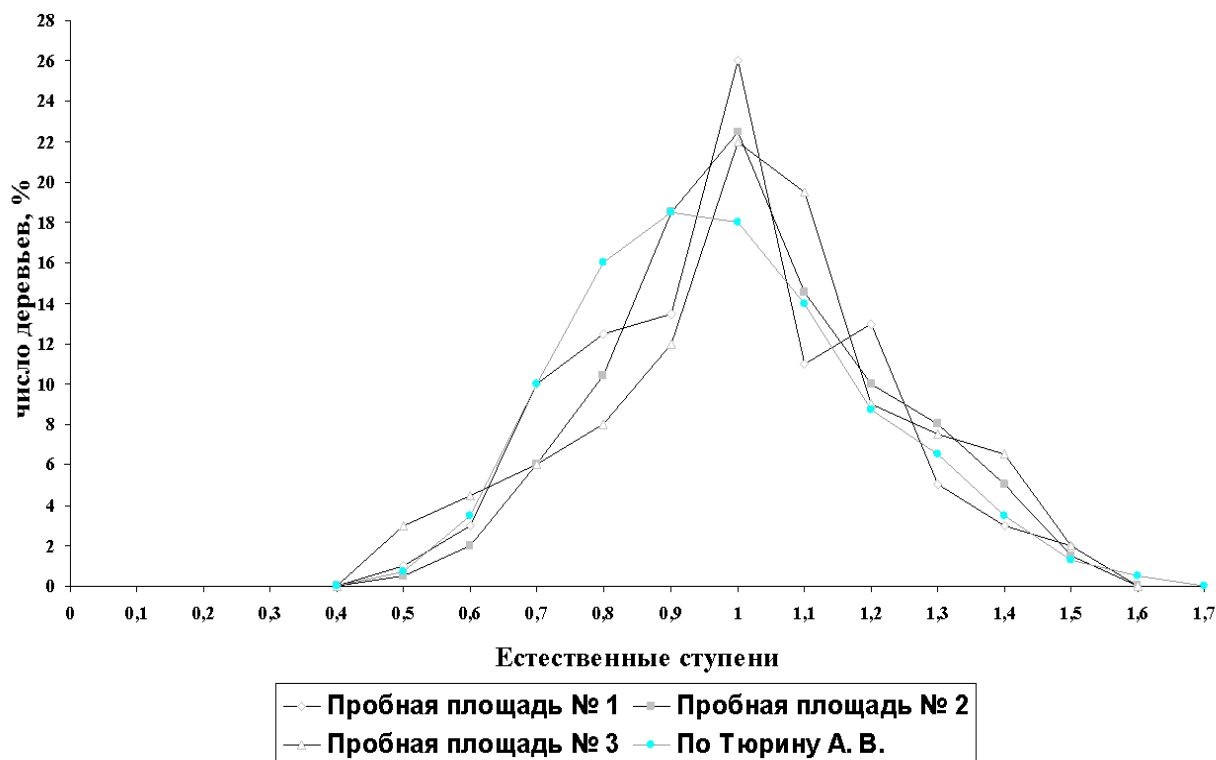


Рис. 1 Распределение числа деревьев по естественным ступеням толщины

В процессе камеральной обработки данных были вычислены статистические показатели, характеризующие данные распределения по диаметру. Ряды характеризует некоторая плосковершинность и малая правосторонняя асимметрия. Коэффициент варьирования не очень высок, однако для лесных культур все же значителен. Это объясняется отставанием в росте части стволов вследствие влияния экологических факторов и накоплением тонкомерной части древостоя.

По таблице ординат нормальной кривой по данным практического распределения были вычислены теоретические частоты, которые представлены для сравнения с практическими в таблице 3.

Для оценки согласия практического и теоретического распределений использовался критерий согласия Пирсона, вычисленное значение использовалось для получения величины $P(\chi^2)$, которое сравнивалось с критической вероятностью 0,05. Данные оценки согласия рядов распределения подтверждают несущественность различий, поэтому можно считать, что распределение деревьев по естественным ступеням толщины подчиняется закону нормального распределения.

На основе проведенных исследований динамики лесного фонда, состояния сосновых древостоев получены достоверные результаты. Они позволяют дать следующие рекомендации

Таблица 3 – Строение сосновых насаждений по диаметру

Естественные ступени толщины	Практические (числитель) и теоретические частоты на пробных площадях		
	1	2	3
0,5	$\frac{1,0}{1,2}$	$\frac{1,0}{0,9}$	$\frac{3,0}{1,4}$
0,6	$\frac{3,0}{3,4}$	$\frac{2,0}{2,6}$	$\frac{4,5}{3,3}$
0,7	$\frac{10,0}{7,3}$	$\frac{6,5}{6,1}$	$\frac{6,0}{6,7}$
0,8	$\frac{12,5}{12,7}$	$\frac{10,5}{11,3}$	$\frac{8,0}{11,1}$
0,9	$\frac{13,5}{17,4}$	$\frac{18,5}{16,6}$	$\frac{12,0}{15,8}$
1,0	$\frac{25,9}{18,3}$	$\frac{22,6}{19,1}$	$\frac{22,0}{17,1}$
1,1	$\frac{11,1}{16,4}$	$\frac{14,4}{17,6}$	$\frac{19,5}{16,1}$
1,2	$\frac{13,0}{11,4}$	$\frac{9,9}{12,8}$	$\frac{9,0}{12,6}$
1,3	$\frac{5,0}{6,3}$	$\frac{8,1}{7,4}$	$\frac{7,5}{8,1}$
1,4	$\frac{3,0}{2,8}$	$\frac{5,0}{3,4}$	$\frac{6,5}{4,3}$
1,5	$\frac{2,0}{1,0}$	$\frac{1,5}{1,2}$	$\frac{2,0}{1,9}$
Значение χ^2	7,9	3,3	8,2

и запроектировать мероприятия по улучшению возрастного распределения, состояния древостоя, его товарной структуры:

1. При проектировании мероприятий лесоводственного характера следует особое внимание уделять назначению хозяйственных распоряжений в молодняках культур сосны, необходим индивидуальный подход к каждому таксационному выделу, учет особенностей его состава, полноты, состояния древостоя.

2. При проведении рубок ухода и отвода лесосек под лесовосстановительные рубки следует ориентироваться на полное, а не частичное освоение таксационных выделов, не допускать их дальнейшего дробления.

3. В целях улучшения состояния сосновых культур провести выборку усыхающих и неперспективных стволов из тонкомерной части древостоя (естественные ступени – 0,5...0,7) до 13 см по диаметру; выборку осуществлять в процессе рубок ухода (проходные) и санитарных с уменьшением полноты древостоя до 0,6 единиц.

Список литературы

1. Кравченко, Г. Л. Закономерности роста сосны / Г. Л. Кравченко. – М.: Лесн. пром-сть, 1972. – 63 с.
2. Попов, В. К. Особенности роста, продуктивности и таксации культур / В. К. Попов, В. В. Успенский. – М.: Лесн. пром-сть, 1974. – 128 с.
3. Рубцов, В. И. Культуры сосны в лесостепи Центрально-черноземных областей / В. И. Рубцов. – М.: Лесн. пром-сть, 1964. – 316 с.

References

1. Kravchenko, G. L. Patterns of pine growth / G. L. Kravchenko. - M.: Forestry industry, 1972. - 63 p.
2. Popov, V. K. Features of growth, productivity and taxation of crops / V. K. Popov, V. V. Uspensky. - M.: Lesn. prom-st, 1974. - 128 p.
3. Rubtsov, V. I. Pine crops in the forest-steppe of the Central black earth regions / V. I. Rubtsov. - M: Lesn. prom-st, 1964. - 316 p.

ИЗМЕНЕНИЯ И КОЛЕБАНИЯ КЛИМАТА, ДЕНДРОХРОНОЛОГИЯ, ДЕНДРОКЛИМАТОЛОГИЯ

DOI:10/58168/FECC2025_229-233

UDC 551.583.2

CLIMATE DYNAMICS IN ARMENIA FROM 1938 TO 2023

A.M. Karapetyan¹, A.S. Stepanyan¹, Zh.A. Fafuryan¹, Y.A. Yanbaev²

¹Institute of Botany after A.L. Takhtajyan National Academy of Sciences of the Republic of Armenia, Yerevan, Armenia, e-mail: AregMKarapetyan@gmail.com

²Bashkir State Agrarian University, Ufa, Russia, e-mail: yanbaev_ua@mail.ru

Abstract. This study examines long-term climate patterns in Armenia through the analysis of data obtained from two meteorological stations located at different elevations above sea level. Information on precipitation, air temperature, and relative humidity over an 85-year period (1938–2023) was analyzed from October, marking the end of the tree growth period, to September of the next vegetation season. The results are useful for dendrochronological research.

Keywords. Long-term climate dynamics, precipitation, air temperature, relative humidity.

ДИНАМИКА КЛИМАТА В АРМЕНИИ В 1938-2023 ГГ.

А.М. Карапетян¹, А.С. Степанян¹, Ж.А. Фафурян¹, Ю.А. Ямбаев²

¹Институт ботаники им. А.Л. Тахтаджяна Национальной академии наук Республики Армения, г. Ереван, Армения, AregMKarapetyan@gmail.com

²Башкирский государственный университет, г. Уфа, Россия, yanbaev_ua@mail.ru

Аннотация. В работе рассматриваются долгосрочные климатические изменения в Армении на основе анализа данных с двух разновысотных метеорологических станций. Данные об осадках, температуре и относительной влажности воздуха за 85-летний период (1938-2023 гг.) были рассмотрены в порядке с октября, месяца окончания прироста древесных, по сентябрь следующего вегетационного сезона. Результаты полезны для дендрохронологических исследований.

Ключевые слова. Долговременная динамика климата, осадки, температура воздуха, относительная влажность.

Armenia, a mountainous country where about 85% of the territory lies above 1,000 meters

and 51% above 2,000 meters, has an average elevation of 1,800 meters. The entire territory is vulnerable to global climate change, and Armenia ranks among the most climate-sensitive countries in Europe and Central Asia [2]. While a general decline in precipitation is expected, accurate projections remain uncertain due to the complexity of influencing factors. Armenia's significant variation in temperature and precipitation is shaped by its geographic position, complex topography, and the combined effects of global and regional climate systems, including latitude, mountains, and nearby oceanic and continental influences [1, 3]. Unfortunately, using calendar year data has limitations in dendrochronology, as the annual growth of woody plants is influenced not only by the climate during the current growing season, but also by conditions in the preceding autumn and winter [4].

This study aims to analyze the dynamics of temperature, precipitation, and relative humidity from October to September in the two driest forest growth regions of the Republic of Armenia, assessing changes from 1938 to 2023 with a focus on identifying annual climate trends relevant to the growth periods of woody plants.

The climatic records were obtained from the Hydrometeorology and Monitoring Center, a State Non-Commercial Organization. For the analyzes, we used the climate data obtained for two meteorological stations for the period 1938-2023), each representing distinct geographical contexts and elevations. Amberd is located at a higher elevation (approximately 2,071 m) on the southern slopes of Mount Aragats in central Armenia, while Kapan station is situated much lower (705 m) in Syunik Province, southeastern Armenia, on the northern slopes of Mount Khustup. This substantial elevation difference between the stations (over 1,000 m) offers an opportunity to examine how elevation influences climate parameters in Armenia's mountainous regions. Based on this database, new variation series were formed, incorporating data from October of the previous year to the following September — the period corresponding to the end of the growing season under Armenian conditions. Calculations were conducted to determine the average monthly values for the year (air temperature, relative air humidity) and the annual total precipitation in these months. For descriptive and correlation analyses, as well as for figures creation, STATISTICA 13.3 software was used. Due to the non-binomial patterns of most distributions, parameters (including both arithmetic means and medians) and nonparametric statistical procedures were used. The Spearman coefficient was applied to evaluate the correlation in the dynamics of climatic parameters. The Shapiro-Wilk test was applied to verify the normality of data distributions. Statistical significance of differences was determined using the χ^2 test with the Kruskal-Wallis method, which is used to test equality of medians.

The results are presented in Tables 1 and 2, as well as Figures 1-3. They demonstrate significant differences in precipitation, air temperature and relative humidity patterns between the two stations. Amberd received considerably higher average annual precipitation compared to Kapan. The precipitation range during the study period was also more extensive at Amberd, compared to Kapan. Notably, precipitation showed the highest variability among all climate parameters examined, with coefficients of variation higher in Amberd, compared to Kapan (Table 1). This indicates that at higher elevation, Amberd received more annual precipitation and has more variation than Kapan. Mean annual temperatures differed substantially between the two stations, reflecting the elevation gradient. According to data from Table 1, Kapan is warmer, but this suggests greater temperature variability at higher elevations. These findings align with the data from [3], indicating that the most

mountain regions experience moderate to high temperature changes, while precipitation changes vary significantly across different mountainous areas, including in Armenia. Relative humidity was notably higher at Kapan compared to Amberd. The coefficients of variation for humidity were relatively low compared to other parameters indicating more stable humidity conditions over time, with Kapan being more humid and having stable humidity level.

Table 1 - Climate of Armenia according to data from the Kapan and Amber weather stations for 1938-2023

Parameters	Stations	Averages	Median	Minimum	Maximum	C
Relative air humidity	Kapan	73,07±0,40	72,50	64,67	85,99	5,06
	Amberd	63,05±0,46	63,27	51,92	72,78	6,79
Air temperature	Kapan	5,71±0,09	5,65	3,59	7,73	14,71
	Amberd	12,31±0,09	12,33	10,61	14,57	6,78
Precipitation	Kapan	549,21±11,52	547,15	322,10	907,4	19,45
	Amberd	692,91±20,00	689,10	375,90	1241,44	26,77

C - coefficient of variation, %

Table 2 - Spearman's correlation matrix between climatic variables in Armenia according to data of the Kapan and Amber weather stations 1938-2023

Parameters	Stations	Humidity	Temperature		Precipitation	
		Amberd	Kapan	Amberd	Kapan	Amberd
Humidity	Kapan	0,43***	0,02	0,30**	-0,13	-0,38***
	Amberd		-0,08	-0,16	0,09	0,12
Temperature	Kapan			0,67***	-0,30**	-0,28**
	Amberd				-0,58***	-0,55***
Precipitation	Kapan					0,36***

The symbols ** and *** show a correlation at the significance levels $p < 0.01$ and $p < 0.001$, respectively.

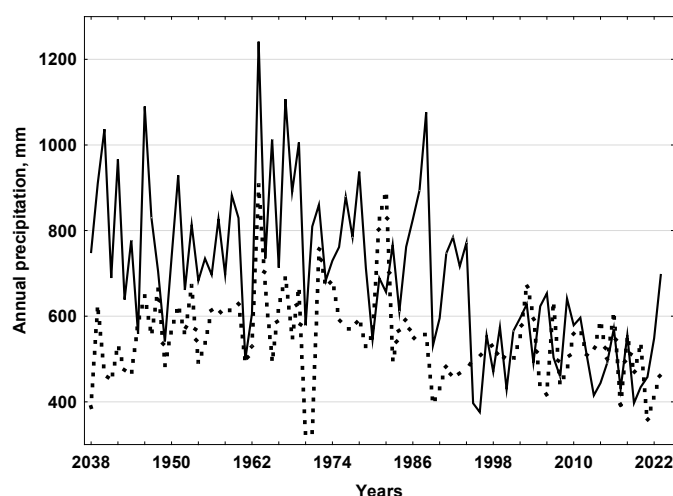


Figure 1 - Precipitation dynamics in Armenia in 1938-2023 according to Amberd (solid line) and Kapan (dashed) meteorological stations

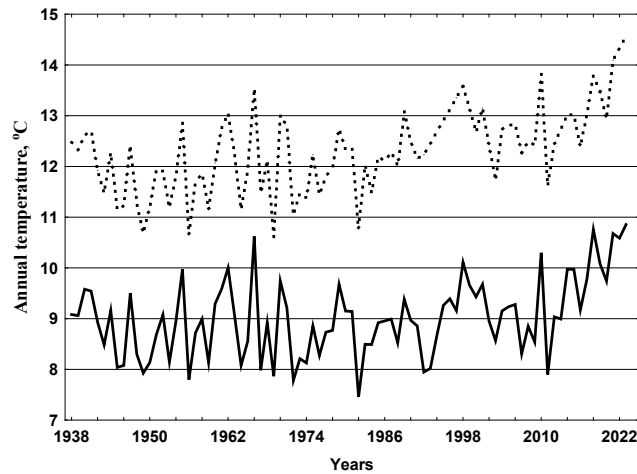


Figure 2 - Temperature dynamics in Armenia in 1938-2023 according to Amberd (solid line) and Kapan (dashed) meteorological stations

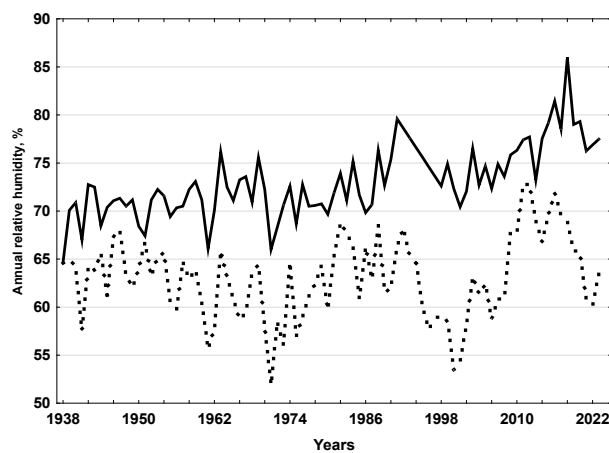


Figure 3 – Relative humidity dynamics in Armenia in 1938-2023 according to Amberd (solid line) and Kapan (dashed) meteorological stations

As shown in Table 2, Spearman correlation analysis revealed significant associations between climate indicators, including a strong positive correlation in temperature trends between the two stations and a notable negative correlation between temperature and precipitation in Amberd, reflecting complex climate dynamics across regions.

High-elevation environments are affected by the temperature gradient in the atmosphere, which refers to the variation in temperature with changes in elevation, commonly called as the "temperature lapse rate ". The observed differences between Kapan and Amberd clearly demonstrate the influence of elevation on climate parameters in Armenia's mountainous terrain. The temperature differential of approximately 6.6°C between stations aligns with the expected lapse rate of about 0.6°C per 100m of elevation gain, given their elevation difference of roughly 1,000 m.

The higher precipitation variability at Amberd indicates that precipitation patterns at high elevations could be more vulnerable to shifts in atmospheric circulation patterns.

Among the examined three climate parameters, precipitation showed the highest variability at both stations, while humidity demonstrated the most stability over the study period. The greater temperature variability at Amberd compared to Kapan suggests that higher-elevation environments in Armenia may experience more pronounced temperature fluctuations, potentially making them more sensitive to climate change impacts.

The long-term data from these two stations provide valuable insights into Armenia's climate patterns. The significant variations observed between stations separated by just over 1,000m in elevation highlight the importance of maintaining weather-monitoring stations across different elevation zones in mountainous regions to accurately characterize climate conditions. This analysis of over 85 years of climate data (1936-2023) from Amberd and Kapan meteorological stations reveals notable differences in precipitation, temperature, and relative humidity patterns between these locations in Armenia. The influence of elevation on climate parameters is evident, with higher-elevation areas experiencing increased precipitation, lower temperatures, and reduced humidity compared to those at lower elevations. The climate parameters show different degrees of temporal stability, with precipitation demonstrating the highest variability and humidity showing the greatest stability over the study period. These patterns of variability may have important implications for understanding the climate change patterns in Armenia.

The analytical approach used in this study is crucial for dendrochronological studies, as October to September time frame typically demonstrates a complete biological growth year, including both: dormancy and active growth phases.

The authors thank Eva Danielyan and Artur Gevorgyan for providing the climate data and valuable suggestions.

Our study was supported by the Higher Education and Science Committee of the Republic of Armenia, project 23RL-1F017, "Current trends of forest tree species adaptation in the face of climate change in Armenia".

References

1. Distribution of biodiversity of wild beet species (Genus *Beta* L.) in Armenia under ongoing climate change conditions / A. Avetisyan, T. Aloyan, A. Iskandaryan, M. Harutyunyan, L. Jaakola, A. Melikyan // Plants. – 2022. – Vol. 11, No. 19. doi: 10.3390/plants11192502.
2. Galstyan, H. Long term variability of annual temperature in Armenia in the context of changing climate / H. Galstyan, L. Sfică, P. Ichim // World Academy of Science, Engineering and Technology. International Journal of Environmental, Chemical, Ecological, Geological and Geophysical Engineering. – 2016. – Vol. 10. doi:10.15551/SCIGEO.V60I2.331
3. Gevorgyan, A. Surface and tropospheric temperature trends in Armenia / A. Gevorgyan // International Journal of Climatology. – 2014. – Vol. 34, No. 13. – P. 3559–3573. DOI:10.1002/joc.3928.
4. Climate responses of tree-ring width and $\delta^{13}\text{C}$ signatures of sessile oak (*Quercus petraea* Liebl.) on soils with contrasting water supply / W. Haerdle, T. Niemeyer, T. Assmann et al. // Plant Ecology. – 2013. – Vol. 214. – P. 1147-1156.

ДИНАМИКА РАДИАЛЬНОГО ПРИРОСТА СОСНЫ ОБЫКНОВЕННОЙ (*PINUS SYLVESTRIS. L.*) В ЛЕСОРАСТИТЕЛЬНЫХ УСЛОВИЯХ ВЛАЖНОЙ СУБОРИ

П.А. Буц, С.М. Матвеев, Д.А. Литовченко, А.В. Малюхова

Воронежский государственный лесотехнический университет имени Г.Ф. Морозова,
г. Воронеж, Россия, e-mail: yokoreyzichan@gmail.com

Аннотация. Анализ динамики радиального прироста сосны обыкновенной в ТЛУ В₃ показал наличие трех периодов депрессии за 140-летний период, среднюю синхронность прироста между отдельными деревьями и с гидротермическим коэффициентом (69%). Коэффициент корреляции с климатическими факторами за период роста очень мал – 0,22.

Ключевые слова: сосна обыкновенная, радиальный прирост, суммы осадков, ГТК

DYNAMICS OF RADIAL INCREAMENT OF SCOTS PINE (*PINUS SYLVESTRIS. L.*) ON WET, MEDIUM-FERTILE SOILS

P.A. Butz, S.M. Matveev, D.A. Litovchenko, A.V. Malukhova

Voronezh State University of Forestry and Technologies named after G.F. Morozov,
Voronezh, Russia, e-mail: yokoreyzichan@gmail.com

Abstract. Analysis of the dynamics of radial increament of Scots pine on wet, medium-fertile soils showed the presence of three periods of depression over a 140-year period, average synchronicity of increament between individual trees and with the hydrothermal coefficient (69%). The correlation coefficient with climatic factors during the growth period is very small – 0.22.

Keywords: Scots pine, radial increament, precipitation amounts, hydrothermal coefficient

Введение

Целью данного исследования является анализ динамики радиального прироста и реакции на динамику ключевых факторов климата (сумма атмосферных осадков и гидротермического коэффициента Селянинова (ГТК)) радиального прироста деревьев сосны обыкновенной в естественном древостое Усманского бора (Воронежская область, тип лесорастительных условий (ТЛУ) В₃). Исследования проводятся в рамках проекта РНФ с целью сохранения биоразнообразия и адаптационной способности к изменяющемуся климату сосновых древостоев Центральной лесостепи.

Объекты и методы исследования

Пробная площадь заложена в квартале 65, выделе 5 Левобережного участкового лесничества Пригородного лесничества в сосновом насаждении естественного происхождения с участием дуба. Средний возраст древостоя – 130 лет. Максимальный условный возраст (по кернам древесины) – 141 год. Бонитет II-й. Размер ПП составляет 0,25 га (50 × 50 м). Подлесок средней густоты представлен малиной обыкновенной, рябиной обыкновенной. Подрост состоит из клена остролистного, сосны обыкновенной.

Тип леса по схеме лесорастительных условий и типов леса Воронежской области – сосняк молиниевый (Смлн). Однако, злак молиния голубая практически не встречается в настоящее время в Усманском бору. В напочвенном покрове преобладают вербейник монетчатый, орляк обыкновенный, кукушкин лен, зеленый мох, грушанка клуглолистная. Соответственно, эдификатором в названии типа леса следует считать другой вид напочвенного покрова, например – зелёный мох или грушанку круглолистную или др.

Керны древесины отобраны на высоте 1,0 м при помощи возрастного бурава Пресслера с восточной стороны дерева. Отобранные образцы обработаны и датированы. С использованием установки LINTAB-6 и пакета программ TSAP-Win [1] проведены измерения ранней, поздней и общей древесины кернов сосны обыкновенной, а также статистический анализ данных измерений.

Расчет относительных индексов радиального прироста для исключения возрастного тренда выполнен в программе «TREND» [2]. Сглаживание проведено методом скользящих средних с дополнительным сглаживанием скользящей кривой полиномом 3-й степени.

В пакете программ TSAP-Win (версия профессиональная) [1] рассчитаны статистические коэффициенты, характеризующие сходство индивидуальных хронологий ширины годовых колец с осредненной хронологией по всем образцам в исследуемом древостое: коэффициент синхронности (GLK), уровень синхронности (GSL), коэффициент корреляции (CC), а также интегральный показатель – индекс перекрестного датирования индивидуальных хронологий со средней (CDI).

Коэффициент синхронности (GLK) оценивает в процентах отношение количества однонаправленных изменений прироста между календарными годами для двух хронологий к общему числу лет. Значение коэффициента синхронности (GLK) меньше 67 % означает низкую синхронность индивидуальных рядов со средним, т.е. значительные индивидуальные особенности и различия динамики прироста исследуемых образцов. Высокие значения коэффициента синхронности (79-100 %) означают наличие сильного климатического сигнала в исследуемом древостое.

Уровень синхронности (GSL) ниже 56% означает отсутствие синхронности, синхронность от 57 до 60% помечается одной звездочкой (*), от 61 до 64% – двумя, более 68% – тремя звездочками.

Коэффициент корреляции Пирсона (CC) измеряет степень линейных связей между переменными (индивидуальными хронологиями радиального прироста отдельных деревьев и осреднённой хронологией).

Данные о динамике ключевых климатических параметров (сумм атмосферных осадков и температур воздуха) взяты по метеостанции № 34123 «Воронеж» (51°42'55" с.ш., 39°12'57"

в.д.) [3], по этим же данным нами рассчитан гидротермический коэффициент Г.Т. Селянинова за период май-сентябрь (ГТК) [4]. Также нами рассчитаны коэффициенты корреляции осреднённых значений радиального прироста деревьев в обследованном древостое с суммами атмосферных осадков за тёплый период (апрель-сентябрь) и ГТК.

Результаты исследования и их обсуждение

Анализ графика средних значений ширины годовых колец сосны обыкновенной в абсолютных величинах (мм), показал наличие хорошо выраженного возрастного тренда. Древостои сосны произрастающие в ТЛУ В₃ отличаются дифференцированной и значительно менее чёткой реакцией на лимитирующие факторы климата (в первую очередь – суммы атмосферных осадков), чем в ТЛУ В₂. Однако и здесь в динамике прироста прослеживаются «реперные» годы, соответствующие благоприятным климатическим условиям и засушливым. Хорошо видны (узкие годовые кольца) засухи 1946 и 1936 годов. Засуха 1946 года наблюдается у 80% отобранных образцов, засуха 1936 года – у 64% образцов. У 92% образцов отмечены широкие годовые кольца 1990 г. и 2004 г. Самые узкие годовые кольца (ширина 0,5 мм) сформировались в 2012 и 2013 гг., как следствие засухи 2010 года. Максимум осреднённого радиального прироста наблюдался в 1907 и 1913 годах и составил 4,9 мм.

Статистический анализ данных измерений ширины годовых колец в обследованном древостое показал следующие результаты.

Значения коэффициента синхронности (GLK) распределены нами по шкале С.Г. Шиятова [5]. Менее 67% (низкая синхронность) показал лишь один образец. Большая часть образцов показывает среднюю синхронность 68-78%. Три образца имеют высокую синхронность 79-89%. Данные свидетельствуют об отсутствии сильного климатического сигнала в исследуемом древостое. По уровню синхронности (GSL) – все образцы имеют три звездочки (*), что означает более 68% синхронности.

CDI – индекс перекрестного датирования индивидуальных хронологий со средней. Здесь результат не столь однозначен. Семь образцов имеют значения от 40 до 60, девять – от 61 до 80, шесть от 81 до 100, у двух образцов, индексы превышают значение 101.

Результаты расчёта коэффициента корреляции (CC) индивидуальных хронологий ширины годовых колец с осредненной хронологией по всем образцам в исследуемом древостое распределены по шкале Чеддока и данные представлены в таблице.

Таблица. Распределение по тесноте связи индивидуальных хронологий образцов с осредненной хронологией

Теснота связи	Значения коэфф. корреляции Пирсона	Кол-во образцов
Слабая	0,1-0,3	-
Умеренная	0,3-0,5	1
Заметная	0,5-0,7	3
Высокая	0,7-0,9	10
Весьма высокая	0,9-0,99	10

Как видно из таблицы, большинство образцов показали высокую корреляцию с осреднённой хронологией (0,7-0,99), но при этом проявились две группы деревьев с более высокой и менее высокой теснотой связи. Имеется третья группа деревьев (4 дерева) значительно отличающихся индивидуальной реакцией на внешние условия (в первую очередь – воздействие лимитирующих климатических факторов).

Анализ графика динамики осреднённых значений прироста изученного древостоя в абсолютных единицах (мм) выявил выраженный возрастной тренд. Амплитуда колебаний в абсолютных единицах снижается с возрастом, однако, в относительных индексах наоборот, наблюдается резкое увеличение амплитуды с середины 1970-х гг по н.в. Отмечены три периода депрессии прироста за 140-летний период. В целом колебания значений ширины годичных колец довольно равномерные, хорошо выражены циклы разных порядков.

Коэффициент корреляции индексов радиального прироста обследованного древостоя с суммами атмосферных осадков тёплого периода (апрель-сентябрь) составил 0,22 для всего исследуемого периода (1884-2022 гг). Для периода с 1884 по 1953 гг. – 0,27. Для периода с 1954 по 2022 год – 0,17. Коэффициент корреляции снижается во второй половине жизни дерева. В соответствии со шкалой Чеддока, теснота прямой связи характеризуется как слабая.

Нами построен и проанализирован совмещённый график динамики индексов прироста обследованного древостоя и ГТК. Как для индексов прироста, так и для ГТК проведены линии тренда (рисунок). Отметим, что обе линии тренда показывают небольшой рост.

Коэффициент синхронности (доля однонаправленных интервалов изменения индексов прироста и ГТК) в сопоставляемой паре рядов показывает среднюю синхронность – 69%,

Диапазон амплитуды колебаний относительных индексов прироста составил от 51% до 197%. Диапазон амплитуды колебаний ГТК – от 0,42 до 2,24. Амплитуда и частота значений относительных индексов с середины 1980-х гг. принимает более хаотичный характер, наблюдается увеличение амплитуды. Колебания значений ГТК с конца 1980-х также становятся более нестабильны. В целом у обоих графиков амплитуда изменяется по-разному. Когда возрастает амплитуда колебаний у ГТК, наблюдается депрессия прироста в течение ряда лет. Данная тенденция наблюдается в периоды резких скачков ГТК как минимум трижды. Это может говорить о том, что древостой реагирует уменьшением прироста при резких изменениях внешних климатических факторов.

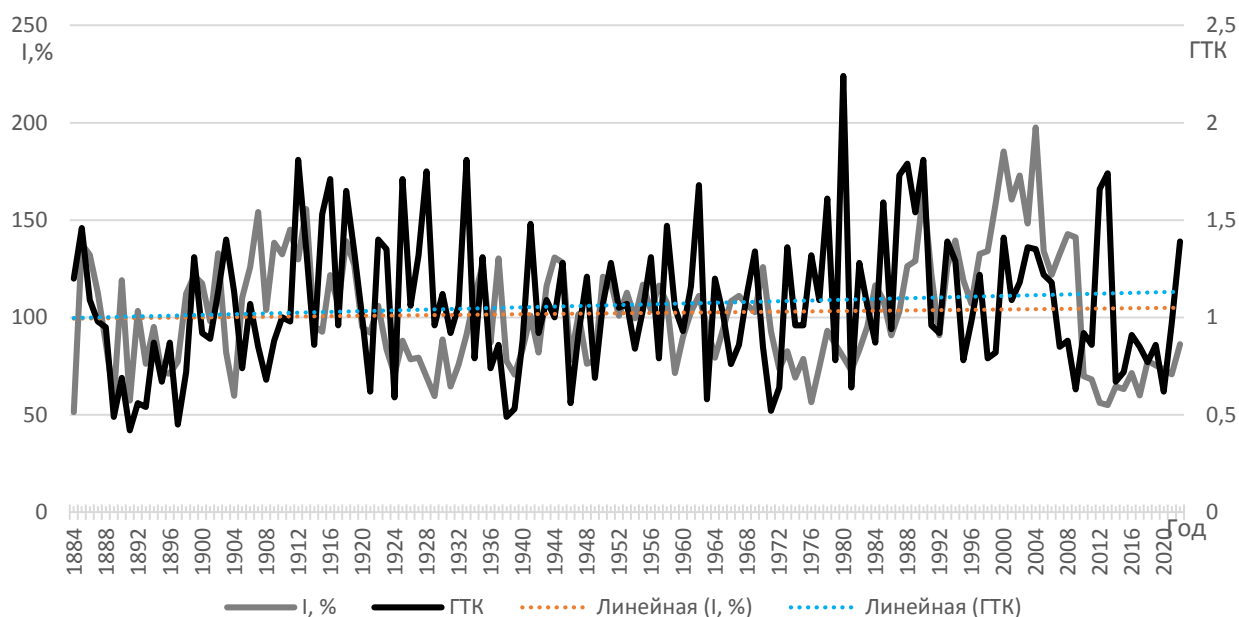


Рисунок. Динамика относительных индексов ширины годичных колец и ГТК

Так как гидротермический коэффициент является комплексным показателем и отражает изменения сумм атмосферных осадков и сумм среднесуточных температур теплого периода, вероятно резкие его изменения могут приводить к стрессу у многих деревьев. Наиболее ярко, во время увелечения и пика показателей ГТК в период с 2010 по 2019 год у многих деревьев наблюдается депрессия и маленький прирост.

Коэффициент корреляции индексов радиального прироста обследованного древостоя с ГТК составил 0,22 для всего исследуемого периода (1884-2022 гг). Для периода с 1884 по 1953 гг. – 0,30. Для периода с 1954 по 2022 год – 0,16. В соответствии со шкалой Чеддока, теснота прямой связи характеризуется как слабая.

Следует отметить, что рассчитанные нами ранее коэффициенты корреляции индексов прироста в ТЛУ В₂ с ГТК составили соответственно: 0,29 за весь период жизни деревьев (с 1880 по 2022 гг.), а за 30-летний период с 1961 по 1990 гг. достигли 0,59, значительно снизившись в последнем 30-лети (1991-2020 гг.).

Заключение.

Низкая корреляционная связь динамики радиального прироста сосны в ТЛУ В₃ за весь период роста (1884-2022 гг.) с суммами атмосферных осадков и ГТК (0,22) характеризует слабый отклик деревьев на воздействие лимитирующих факторов климата, в первую очередь – засух. Коэффициент корреляции снижается во второй половине жизни дерева (от 0,27/0,3 до 0,17/0,16). Причиной слабого отклика являются, очевидно, лесорастительные условия (более высокое чем в В₂ увлажнение почвы, неоднородные микроклиматические условия), но также, вероятно, и сформировавшееся в данном естественном древостое высокое внутривидовое разнообразие. Последнее подтверждается выявленными тремя группами деревьев показавших различную тесноту связи с осреднённой хронологией. Дальнейшее изучение внутривидовых особенностей деревьев в данном древостое может выявить устойчивые к изменениям климата экземпляры с высоким адаптационным потенциалом.

Список литературы

1. Rinn, F. TSAP. Version 3.0. Reference manual. Computer program for time series analysis and presentation / F. Rinn. – Heidelberg, 1996 – 262 p.
2. Мироненко, А. В. Программа для обработки временных рядов методами скользящего среднего и математического моделирования / А. В. Мироненко, С. М. Матвеев, Д. А. Литовченко // Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ 2023615502, 15.03.2023. Заявка № 2023614622 от 15.03.2023. – URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=50428361>
3. Погода и климат. Климат Воронежа, 2025. – URL: <http://www.pogodaiklimat.ru/monitor.php?id=34123>. Дата обращения: 20.04.2025.
4. Селянинов, Г. Т. Методика сельскохозяйственной характеристики климата / Г. Т. Селянинов // В кн.: Мировой агроклиматический справочник. – Л. М., 1937. – 428 с.
5. Шиятов, С. Г. Дендрохронология верхней границы леса на Урале / С. Г. Шиятов. – М.: Наука, 1986. – 136 с.

References

1. Rinn, F. TSAP. Version 3.0. Reference manual. Computer program for time series analysis and presentation / F. Rinn. – Heidelberg, 1996 – 262 p.
2. Mironenko, A. V. Program for processing time series using moving average and mathematical modeling methods / A. V. Mironenko, S. M. Matveev, D. A. Litovchenko // Certificate of state registration of a computer program 2023615502, 15.03.2023. Bid № 2023614622 ot 15.03.2023. – URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=50428361>
3. Weather and climate. Climate of Voronezh, 2025. – URL: <http://www.pogodaiklimat.ru/monitor.php?id=34123>. Date of access: 20.04.2025.
4. Selyaninov, G. T. Methodology of agricultural climate characteristics / G. T. Selyaninov // In the book: World agroclimatic reference book: L. M., 1937. – 428 p.
5. Shiyatov, S. G. Dendrochronology of the upper forest boundary in the Urals / S. G. Shiyatov. –M.: Nauka, 1986. – 136 p.

Работа выполнена при финансовой поддержке гранта РНФ № 24-16-20047 «Структура популяций и внутривидовая изменчивость дендрофенотипов сосны обыкновенной и дуба черешчатого как основа адаптационной устойчивости к изменениям климата и иным внешним воздействиям».

ЧИСТАЯ ПЕРВИЧНАЯ ПРОДУКЦИЯ ЖИВОГО НАПОЧВЕННОГО ПОКРОВА ЛЕСОСТЕПНЫХ ЭКОСИСТЕМ ОКСКО-ДОНСКОЙ РАВНИНЫ

Н.П. Карташова, В.В. Никитенко, Е.К. Карташов

Воронежский государственный лесотехнический университет имени Г.Ф. Морозова,
г. Воронеж, Россия, e-mail: Kartashova_73@mail.ru

Аннотация. В контексте глобального изменения климата, лесные экосистемы выступают важным фактором в сокращении выбросов CO₂. Оценка углеродного цикла в лесных биогеоценозах требует детального анализа содержания, аккумуляции и пространственного распределения углерода в различных структурных компонентах этих экосистем. Одним из самых динамичных компонентов лесного фитоценоза является живой напочвенный покров. Фитомасса живого напочвенного покрова в значительной степени определяет депонирование углерода, величину опада, пожарную опасность, его органическое вещество вносит большой вклад в общий круговорот углерода и азота в лесной экосистеме. На заложенных постоянных пробных площадях в разных типах лесных экосистем, характерных для Воронежской области, проведены измерения запасов фитомассы живого напочвенного покрова с целью определения запасов углерода и оценки годичной чистой первичной продукции (ЧПП). Выявили, что максимальный прирост живого напочвенного покрова наблюдается в условиях сухой дубравы, в типе леса дубняк осоково-злаковый.

Ключевые слова: живой напочвенный покров, лесные экосистемы, постоянные пробные площади, тип лесорастительных условий, фитомасса, запас углерода, чистая первичная продукция.

Финансирование: исследование выполнено в рамках государственного задания Министерства науки и высшего образования Российской Федерации № 1023013000012-7 «Биогеохимический мониторинг цикла углерода в природных и антропогенных экосистемах Воронежской области в условиях глобального изменения климата (FZUR-2023-0001)».

PURE PRIMARY PRODUCTION OF LIVING GROUND COVER OF FOREST-STEPPE ECOSYSTEMS THE OKA-DON PLAIN

N.P. Kartashova, V.V. Nikitenko, E.K. Kartashov

Voronezh State University of Forestry and Technologies named after G.F. Morozov,
Voronezh, Russia, e-mail: Kartashova_73@mail.ru

Abstract. In the context of global climate change, forest ecosystems are an important factor in reducing CO₂ emissions. Assessment of the carbon cycle in forest biogeocenoses requires a detailed analysis of the carbon content, accumulation and spatial distribution in various structural components of these ecosystems. One of the most dynamic components of the forest phytocenosis is the living ground cover. The phytomass of living ground cover largely determines carbon deposition, the amount of fall, fire hazard, and its organic matter makes a significant contribution to the overall carbon and nitrogen cycle in the forest ecosystem. On the established permanent test areas in different types of forest ecosystems characteristic of the Voronezh Region, measurements of the reserves of phytomass of living ground cover were carried out in order to determine carbon reserves and estimate annual net primary production (NWP). It was found that the maximum increase in living ground cover is observed in conditions of dry oak forests, in the type of oak-sedge-grass forest.

Keywords: living ground cover, forest ecosystems, permanent test areas, type of forest conditions, phytomass, carbon reserve, pure primary products.

Растения, произрастающие под пологом леса, активно участвуют в продукционном процессе: ассимилируя углекислый газ атмосферы, они создают свою биомассу и на время жизни выводят из оборота углерод [1]. В лесных экосистемах для оценки углеродного цикла необходимы данные по содержанию, накоплению и распределению углерода в отдельных структурных элементах биogeоценозов. Наиболее динамичным структурным элементом в лесном биogeоценозе является напочвенный покров. В связи с этим необходимо всестороннее изучение растений напочвенного покрова. Особый интерес представляют исследования продукционного потенциала напочвенного покрова в различных типах лесных насаждений. Продукционный потенциал лесных экосистем, выраженный в показателях чистой первичной продукции, является ключевым параметром, характеризующим способность лесов к поглощению и аккумуляции углерода [2,3].

Чистая первичная продуктивность (ЧПП) играет решающую роль в поддержании углеродного баланса экосистем. Она представляет собой количество углерода, которое поглощается растениями в процессе фотосинтеза и сохраняется в биомассе и является одним из важнейших показателей состояния и устойчивости экосистем [3].

Настоящая работа посвящена оценке чистой первичной продукции живого напочвенного покрова лесостепных экосистем Окско-Донской равнины. Для достижения поставленной цели предполагается определение запасов надземной и подземной фитомассы напочвенного покрова на постоянных пробных площадях карбонового полигона с последующим определением запасов углерода.

Актуальность исследований по данной проблеме заключается в необходимости повышения точности оценок запасов углерода в лесных экосистемах России, направленных на управление углеродным бюджетом лесов.

Для исследований живого напочвенного покрова были выбраны территории Левобережного и Правобережного участкового лесничеств Пригородного лесничества Воронежской области, отличающиеся видовым составом леса, по типам лесорастительных условий. Были заложены гектарные постоянные пробные площади с целью детального

изучения структуры, состава и продуктивности живого напочвенного покрова (ЖНП) в различных типах леса и установления взаимосвязей между характеристиками ЖНП и условиями произрастания.

Объектами исследования послужили насаждения, произрастающие в квартале № 60 выдел 2 (ППП № 3), квартале № 76 выдел 6 (ППП № 15) и квартале 59, выдел 5 (ППП № 16), расположенные в левобережном участковом лесничестве, леса которого имеют научное или историческое значение и квартал № 47, выдел 3 (ППП № 6), квартал № 9, выдел 52 (ППП № 11), квартал № 35, выдел 6 (ППП № 12) и квартал № 28, выдел 18 (ППП № 13), расположенные в правобережном лесничестве в водоохранной зоне. На каждой пробной площади определяли площадь занимаемого вида на учетных площадках размером 25х25 см. Таким образом, площадь монолита и укоса соответственно составили по 0,0625 м². Для получения массы абсолютно сухого вещества растительные образцы высушивались в сушильных шкафах при температуре 105 °С до достижения постоянной массы. При анализе полученных данных следует учитывать, что древостои на ППП имеют сходный возраст и относительную полноту, что дает возможность достаточно точно оценить влияние типологических факторов на накопление фитомассы в исследуемых насаждениях.

Запас фитомассы напочвенного покрова позволяет определить прирост, который в надземной части принимается равным запасу фитомассы трав, а прирост их корней условно принимается равным 30% от запасов корней [3,4].

Сравнительный анализ общих запасов биомассы живого напочвенного покрова в различных типах лесорастительных условиях показал, что максимальные значения характерны для условий сухой дубравы (дубняк осоко-злаковой) и составляют 4,9 т/га. Наиболее низкая фитомасса живого напочвенного покрова (1,87 т/га) наблюдалась в дубраве осоко-снытьевой в условиях достаточной влажности (свежая дубрава). В сосновых насаждениях наибольшие значения показателя биомассы живого напочвенного покрова зафиксированы в условиях влажной субори. Так в сосняке моллиниевом в условиях влажной субори запас биомассы живого напочвенного покрова составил 3,12 т/га, что в 1,2 раза больше запаса живого напочвенного покрова в сосняке травяном в условиях свежего бора (2,48 т/га). В сосняках с увеличением влажности увеличивается запас надземной фитомассы. Причем в надземном фракции напочвенного покрова значительный вес имеет масса мха. Так в условиях влажной субори в надземной фракции масса мхов составляет 34% от общей массы. В условиях свежего бора масса мхов имеет одинаковое значение с массой трав и составляет 1,56 т/га. В дубраве осоко-злаковой типа Д₁ биомасса живого напочвенного покрова превышает биомассу аналогичного покрова в моллиниевом сосняке, произрастающем во влажной субори, в 1,3 раза (табл. 1).

Таблица 1 – Фракционный состав и суммарная биомасса живого напочвенного покрова в разных типах лесных экосистем

№ППП	Надземная фитомасса				Подземная фитомасса		Суммарная фитомасса т/га
Тип леса	кг/ м ²		Всего на ППП, т/га		кг/ м ²	Всего на ППП, т/га	
	травы	мох	трав	мох			
3/Сосняк травяной с дубом (В ₂)	0,013	0,029	0,22	0,47	0,079	1,27	1,96
итого	0,042		0,69			1,27	
6/Дубняк осоко-снитевый (С ₂ Д)	0,047		0,76		0,083	1,33	2,09
11/Дубняк осоко-злаковый (D ₁)	0,048		0,78		0,26	4,16	4,94
12/Дубняк снитевый (D ₂)	0,033		0,52		0,095	1,52	2,04
13/Дубняк снитевый (D ₂)	0,022		0,35		0,095	1,52	1,87
14/ Дубняк осоко-снитевый (С ₂ Д)	0,019		0,31		0,099	1,58	1,89
15/Сосняк травяной (А ₂)	0,009	0,009	0,15	0,15	0,136	2,2	2,5
итого	0,018		0,3				
16/ Сосняк моллиниевый (В ₃)	0,046	0,024	0,75	0,38	0,12	1,99	3,12
итого	0,07		1,13				

Исходя из данных о фитомассе напочвенного покрова, были рассчитаны запасы углерода и продуктивность живого напочвенного покрова в лесах. Объем углерода, накопленного живым напочвенным покровом, варьируется от 0,93 до 2,44 тонн углерода на гектар (тС/га) в зависимости от условий произрастания леса, при этом максимальные значения характерны для старовозрастных насаждений в условиях сухой дубравы. Так общий суммарный запас углерода в живом напочвенном покрове в дубняке осоко-злаковом в условиях сухой дубравы составляет 2,4 т/га, причем большее количество сосредоточено в подземной фитомассе 2,08 тС/га, запас углерода в надземной фитомассе составляет 0,39 тС/га. Минимальное количество накопленного углерода наблюдается в дубняке осоко-снитевом в условиях свежей дубравы (0,93 тС/га).

Результаты определения чистой первичной продукции живого напочвенного покрова на пробных площадях приведены в таблице 2.

Таблица 2 – Прирост живого напочвенного покрова на пробных площадях

№ ППП	Прирост		Суммарный прирост т/га
	надземной части, т/га	подземной части, т/га	
3/Сосняк травяной с дубом (В ₂)	0,22	0,38	0,6
6/Дубняк осоко- снытьевый (С ₂ Д)	0,76	0,39	1,16
11/Дубняк осоко- злаковый (Д ₁)	0,78	1,25	2,03
12/ Дубняк снытьевый (Д ₂)	0,52	0,45	0,97
13/ Дубняк снытьевый (Д ₂)	0,35	0,45	0,8
14/ Дубняк осоко- снытьевый (С ₂ Д)	0,31	0,47	0,78
15/Сосняк травяной (А ₂)	0,15	0,66	0,81
16/ Сосняк моллиниевый (В ₃)	0,75	0,59	1,34

Результаты таблицы 2 показывают, что наибольший суммарный прирост живого напочвенного покрова наблюдается на пробной площади №11, заложенной в Правобережном участковом лесничестве, квартал 9, выдел 52 в условиях сухой дубравы, в типе леса дубняк осоково-злаковый и составляет 2,03 т/га. Причем прирост подземной части (1,25 т/га) в 1,6 раз превышает прирост надземной части (0,78 т/га). Наименьший прирост живого напочвенного покрова наблюдается в сосняке травяном (квартал 60, выдел 2, ППП №3) и составляет 0,6 т/га, причем на прирост надземной части приходится 0,22 т/га, подземной части – 0,38 т/га (рис. 1).

Установлено, что наибольший запас фитомассы и запас углерода в фитомассе напочвенного покрова наблюдается в условиях сухой дубравы.

Выявили, что продуктивность напочвенного покрова в лесных насаждениях, измеряемая как годовой прирост углерода фитомассы, тесно связано с условиями произрастания и породным составом. Наиболее высокие показатели отмечены в смешанных древостоях с доминированием дуба черешчатого.

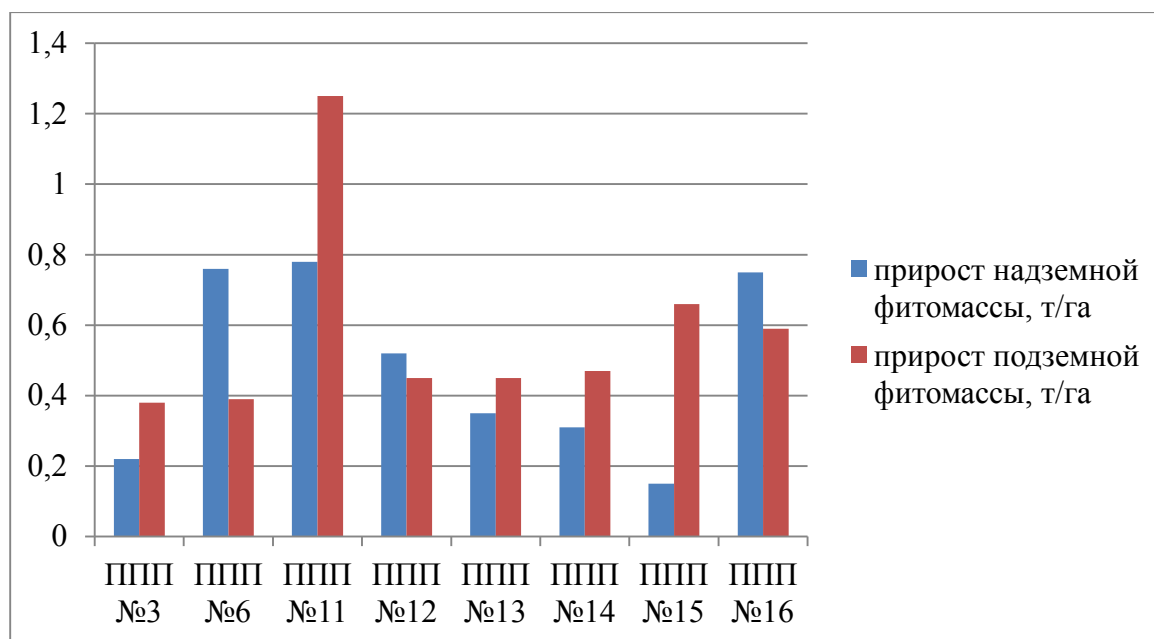


Рисунок 1 – Гистограмма соотношения прироста надземной и подземной фитомассы в живом напочвенном покрове на пробных площадях №3, 6, 11-16

Проведенное исследование позволяет дать представление о соотношении запасов углерода в разных фракциях надземной и подземной фитомассы. Полученные данные по содержанию углерода в живом напочвенном покрове можно рекомендовать для формирования базы данных о запасах углерода в фитомассе лесов.

Список литературы

1. Litton C.M., Raich J.W., Ryan M.G. Carbon allocation in forest ecosystems. *Global Change Biology* 2007; 13:2089–109. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2486.2007.01420.x>.
2. Запасы углерода в фитомассе и биологическая продуктивность спелых и перестойных древостоев пригородного лесничества Воронежской области / С.С. Шешнищан, Н.П. Карташова, Е.Н. Штепа, А.В. Царегородцев, А.А. Сафонова // *Лесотехнический журнал*. 2024. Т. 14. №4 (56). С. 97-110.
3. Усольцев, В.А. Географические градиенты чистой первичной продукции лиственных лесов Евразии / В.А. Усольцев, Д.С. Гаврилин // *Лесные биогеоценозы бореальной зоны: география, структура, функции, динамика: Матер. Всероссийской научной конференции с международным участием, посвященной 70-летию создания Института леса им. В.Н. Сукачёва СО РАН (Красноярск, 16-19 сентября 2014 г.)*. - Новосибирск: Изд-во СО РАН, 2014. - С. 40-43.
4. Усольцев В.А. Фитомасса и первичная продукция лесов Евразии. Евразии : монография / В.А. Усольцев ; [отв. ред. С. Г. Шиятов] ; РАН, УрО, Ботанический сад, УрГЛУ. - Екатеринбург, 2010. - 570 с.

References

1. Litton C.M., Raich J.W., Ryan M.G. Carbon allocation in forest ecosystems. *Global Change Biology* 2007; 13:2089–109. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2486.2007.01420.x>.
2. Carbon reserves in phytomass and biological productivity of ripe and over-ripe stands of the Prigorodny forestry of the Voronezh region / S.S. Sheshnitsan, N.P. Kartashova, E.N. Shtepa, A.V. Tsaregorodtsev, A.A. Safonova // *Forestry Engineering Journal*. 2024. Vol. 14. No. 4 (56). pp. 97-110.
3. Usoltsev, V.A. , Gavrilin Dr.I. Geographical gradients of pure primary production of Eurasian larch forests / *Forest biogeocenoses of the boreal zone: geography, structure, functions, dynamics: Mater. All-Russian Scientific Conference with international participation dedicated to the 70th anniversary of the establishment of the V.N. Sukachev Institute of Forestry SB RAS* (Krasnoyarsk, September 16-19, 2014). Novosibirsk: Publishing House SB RAS, 2014. pp. 40-43.
4. Usoltsev, V.A. *Phytomass and primary products of Eurasian forests. Eurasia : a monograph.* RAS, Ural Branch, Botanical Garden, Usu. - Yekaterinburg, 2010. - 570 p.

ДИНАМИКА ТЕМПЕРАТУРЫ ВОЗДУХА (СЕЗОННОЙ, ГОДОВОЙ) ПО ДАННЫМ МЕТЕОСТАНЦИЙ ЦЕНТРАЛЬНОЙ ЛЕСОСТЕПИ

С.М. Матвеев¹, Д.А. Литовченко¹, Ю.А. Нестеров²

¹ Воронежский государственный лесотехнический университет имени Г.Ф. Морозова,
г. Воронеж, Россия, e-mail: lisovod@bk.ru и

² Воронежский государственный университет,
г. Воронеж, Россия, e-mail: nland58@mail.ru

Аннотация. Анализ динамики температурного режима в Центральной лесостепи, по данным метеостанций «Воронеж», «Липецк», «Курск» и «Белгород» за период наблюдений 85-152 года показал общее повышение температур воздуха (особенно – января-марта и летних месяцев), а также увеличение амплитуды колебаний в последнем тридцатилетнем периоде 1991-2020 гг.

Ключевые слова: Центральная лесостепь, метеостанции, температуры воздуха

DYNAMICS OF AIR TEMPERATURE (SEASONAL, ANNUAL) ACCORDING TO DATA FROM WEATHER STATIONS OF THE CENTRAL FOREST-STEPPE

S.M. Matveev¹, D.A. Litovchenko¹, Yu.A. Nesterov²

¹ Voronezh State University of Forestry and Technologies named after G.F. Morozov,
Voronezh, Russia, e-mail: lisovod@bk.ru

² Voronezh State University,
Voronezh, Russia, e-mail: nland58@mail.ru

Abstract. An analysis of the dynamics of the temperature regime in the Central forest-steppe, according to data from the Voronezh, Lipetsk, Kursk and Belgorod meteorological stations for the observation period of 85-152 years, showed a general increase in air temperatures (especially in January-March and the summer months), as well as an increase in the amplitude of fluctuations in the last thirty-year period of 1991-2020.

Keywords: Central forest-steppe, weather stations, air temperatures

Анализ динамики температурного режима в Центральной лесостепи Русской равнины выполнен нами по данным метеостанций № 34123 «Воронеж», длительность ряда наблюдений

152 года (1873-2024 гг.); № 27930 «Липецк», длительность ряда наблюдений 85 лет (1940-2024 гг.); № 34214 «Белгород», длительность ряда наблюдений 95 лет (1930-2024 гг.); № 34009 «Курск», длительность ряда наблюдений 128 лет (1897-2024 гг.) [3].

Установлено, что годовые минимумы и максимумы температуры воздуха увеличиваются на всей территории Центральной лесостепи. Изменяются сезонные экстремумы по отдельным месяцам года. Растёт повторяемость, продолжительность и интенсивность волн жары, а аналогичные характеристики волн холода показывают тенденцию к уменьшению.

Динамика температур воздуха в регионе показывает значительный растущий тренд, в большей степени – в холодный период года, на фоне внутрисезонной и внутримесячной амплитуды температур (так называемые «качели»), особенно в 21 веке [2].

По результатам исследований В.А. Дмитриевой [1] наиболее низкие среднегодовые температуры возникают при высокой повторяемости восточного типа циркуляции в холодный период и западного переноса в тёплый период года. В аномальные по климатическим показателям годы нарушается ход атмосферной циркуляции. В холодные годы усиливается восточный перенос воздушных масс в зимние месяцы и западный – в летне-осенние месяцы. В жаркие годы в холодный период года господствует западная циркуляция, а в тёплый период доминирует циркуляция с восточной составляющей.

Динамика среднегодовой температуры воздуха по метеостанциям «Воронеж» и «Липецк» представлена на рисунке 1.

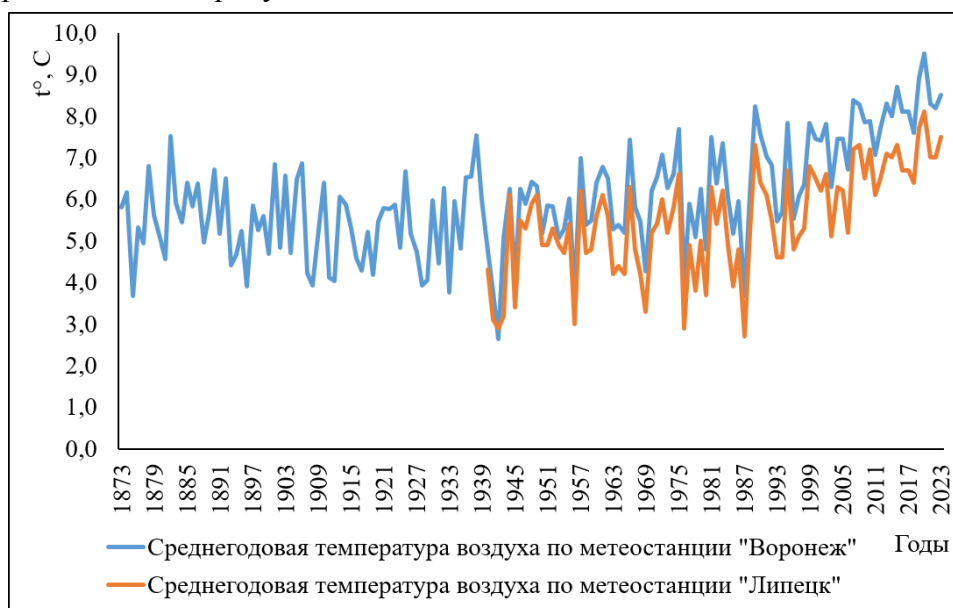


Рисунок 1 – Динамика среднегодовой температуры воздуха по метеостанциям «Воронеж», «Липецк»

Анализ динамики среднегодовой температуры воздуха по метеостанции «Воронеж» выявил, что полиномиальная линия тренда характеризует достаточно чёткую тенденцию их увеличения в последние десятилетия. Отмечается увеличение среднегодовых температур воздуха – на 3,67°C за последние 100 лет. Наиболее интенсивный рост температуры фиксируется с 1989 года по настоящее время – на 2,03°C. С 2013 года наблюдается увеличение

температуры более 8°C , что сохранилось до 2023 года, в 2020 году среднегодовая температура воздуха достигла $9,5^{\circ}\text{C}$, что на $3,1^{\circ}\text{C}$ выше, чем норма за 1961-1990 годы.

Динамика среднегодовой температуры воздуха по метеостанции «Липецк» показала более глубокие минимумы в отдельные годы (1956, 1976, 1987 гг.). В целом значения среднегодовой температуры воздуха по этой метеостанции ниже, чем по метеостанции «Воронеж».

В период с 1918 по 1990 гг. зимние среднемесячные температуры по метеостанции «Воронеж» варьируют от $-8,0$ до $-19,4^{\circ}\text{C}$. С 1990-х годов зимние среднемесячные значения не так сильно различаются между собой. Также с этого периода становится больше относительно теплых зим, наблюдается потепление. Летние среднемесячные температуры воздуха колеблются за данный период от $14,3^{\circ}\text{C}$ до $25,0^{\circ}\text{C}$. Выделяются периоды с 1923 по 1926 гг., с 1940 по 1943 гг. и с 1967 по 1969 гг., в которые среднемесячная температура июля не превышала 18°C . Зимы с 1919 по 1923 гг., с 1957 по 1962 гг. и с 1988 по 1993 гг. выделяются более высокими температурами по сравнению с другими годами. В целом, отмечается увеличение как летних, так и зимних значений температур в последние три десятилетия.

Динамика среднегодовой температуры воздуха по метеостанциям «Курск» и «Белгород» представлена на рисунке 2.

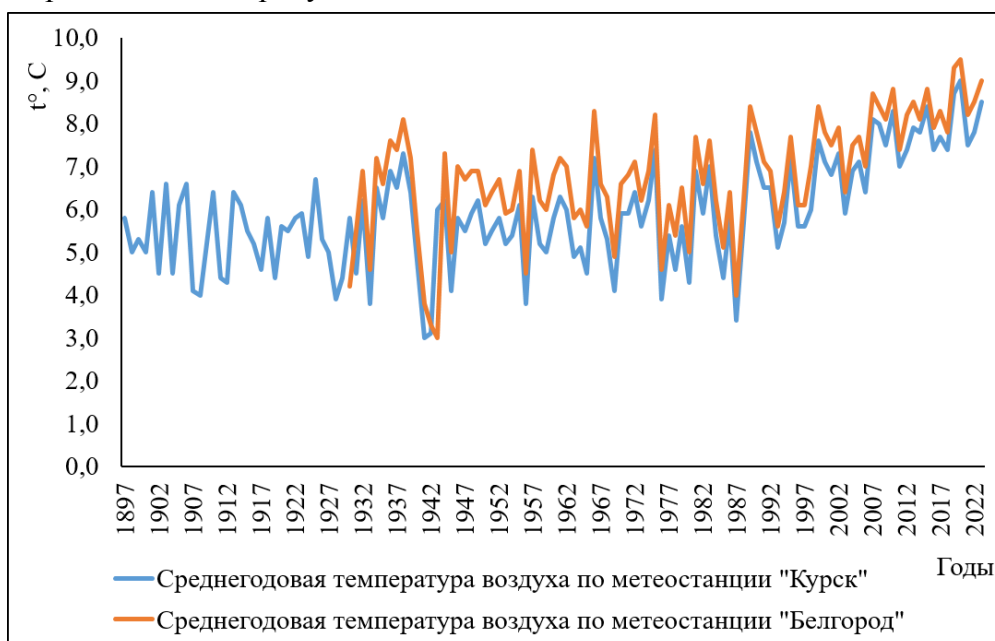


Рисунок 2 – Динамика среднегодовой температуры воздуха по метеостанциям «Курск», «Белгород»

За период наблюдений на метеостанции «Курск» наиболее холодными оказались 1941-1942 гг. ($3,0$ и $3,1^{\circ}\text{C}$), и 1987 г. ($3,4^{\circ}\text{C}$), а самым теплым, благодаря рекордным летним показателям, стал 2020 год ($9,0^{\circ}\text{C}$). Амплитуда годовых значений температур воздуха составила $6,0^{\circ}\text{C}$. В последние годы наметилась тенденция увеличения годовой амплитуды температуры воздуха – в основном за счет повышения температур июля.

Значения среднегодовых температур воздуха по метеостанции «Белгород» выше, чем по метеостанции «Курск». Максимум 2020-го здесь составил $9,5^{\circ}\text{C}$.

Динамика среднемесячных температур воздуха и сумм атмосферных осадков по отдельным годам по метеостанции «Белгород» показала, что в 2024 году наблюдалась экстремальная засуха. Сентябрь этого года характеризуется отсутствием атмосферных осадков, при средней температуре 19,4°C. Максимальная температура воздуха в 2024 году зафиксирована в июле – 24,7°C, как и в 2010 году.

В тридцатилетнем периоде 1991-2020 гг. в Центральной лесостепи увеличились амплитуды колебаний ключевых характеристик климата (температур и осадков) на фоне общего повышения температур воздуха (особенно – января-марта и летних месяцев). Так как суммы атмосферных осадков, за тот же период, показали неравномерное перераспределение по месяцам года без общего повышения (даже небольшое снижение), наблюдается учащение засух и повышение их интенсивности. Усиление засух также связано с тенденцией увеличения повторяемости и длительности блокирующих антициклонов на Европейской территории Российской Федерации.

Работа выполнена при финансовой поддержке гранта РНФ № 24-16-20047 «Структура популяций и внутривидовая изменчивость дендрофенотипов сосны обыкновенной и дуба черешчатого как основа адаптационной устойчивости к изменениям климата и иным внешним воздействиям».

Список литературы

1. Дмитриева, В. А. Термический режим г. Воронежа на фоне глобального потепления климата / В. А. Дмитриева // Вестник ВГУ, серия География и Геоэкология. – 2001. – № 1. – С. 129-135.
2. Переведенцев, Ю. П. Современные изменения климата и их последствия / Ю. П. Переведенцев // Вестник ВГУ. Серия: География и геоэкология. – 2019. – № 2. – С. 98-102.
3. Погода и климат – Климат Воронежа, 2025. – URL: <http://www.pogoda.ru.net/climate/34123>.

References

1. Dmitrieva, V. A. Thermal regime of the city of Voronezh against the background of global warming of climate / V. A. Dmitrieva // VSU Bulletin, Geography and Geoecology series. – 2001. – No. 1. – P. 129-135.
2. Perevedentsev, Yu. P. Modern climate changes and their consequences / Yu. P. Perevedentsev // VSU Bulletin. Series: Geography and geoecology. – 2019. – No. 2. – P. 98-102.
3. Weather and climate – Climate of Voronezh, 2025. – URL: <http://www.pogoda.ru.net/climate/34123>.

ПРОБЛЕМЫ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ВОЗРАСТА ДЕРЕВЬЕВ ПО КЕРНАМ

В.А. Савченкова¹, Д.А. Малышев¹, А.А. Раздымахо²

¹ МФ МГТУ им. Н.Э. Баумана, г. Мытищи, Россия, e-mail: v9651658826@yandex.ru

² ФБУ ВНИИЛМ, г. Пушкино, Россия, e-mail: razdymakho00@mail.ru

Аннотация. Настоящая работа посвящена существующим проблемам определения возраста деревьев по кернам древесины в контексте оценки вреда, причиненного зеленым насаждениям как правомерными действиями, так и по причине нарушения законодательства в области охраны окружающей среды.

Ключевые слова: возраст дерева, годовичные кольца, вред, керн, дендрохронология.

PROBLEMS OF DETERMINING THE AGE OF TREES ON KERN

V.A. Savchenkova¹, D.A. Malyshev¹, A.A. Razdymakho²

¹ Mytisch Branch BMSTU, Mytisch, Russia, e-mail: v9651658826@yandex.ru

² FBU VNIILM, Pushkino, Russia, e-mail: razdymakho00@mail.ru

Abstract. This scientific article is devoted to the existing problems of determining the age of trees from kern on wood in the context of assessing the damage caused to green spaces both by lawful actions and due to violations of legislation in the field of environmental protection.

Keyword: tree age, tree ring, damage, kern, dendrochronology.

Вопросы охраны окружающей среды зачастую связаны с необходимостью получения информации о возрасте отдельных деревьев и насаждений. Особую значимость этот показатель приобретает в российском законодательстве в рамках деликтных правоотношений, а именно при оценке вреда, причиненного зеленым насаждениям в результате рубки или иного повреждения.

Так, в настоящее время одновременное определение возраста древесно-кустарниковой растительности и произрастающих рядом идентичных функционирующих объектов озеленения с одновременным измерением ширины их годовичных колец при применении метода перекрестной датировки позволяет диагностировать дату рубки или иного повреждения, которая, в свою очередь, позволяет установить особенности правового регулирования, действовавшие в этот период времени, в том числе правовые нормы, предусмотренные таксами и методиками исчисления размера вреда окружающей среде, что прямо влияет на

итоговые значения размера вреда и стоимости компенсационного озеленения, подлежащие возмещению в соответствующие бюджеты бюджетной системы Российской Федерации.

Тем не менее стоит отметить, что существующие методы определения возраста деревьев и древостоев не обеспечивают определения достоверного возраста древесно-кустарниковой растительности, они лишь дают общее представление о минимальном, эмпирически подтвержденном возрасте зеленых насаждений, о чем справедливо и в полной мере отмечено в обзорной статье Д.Е. Румянцева и А.В. Черакшева [1].

Вместе с тем методы определения возраста деревьев, в том числе методы расчетного определения возраста деревьев по кернам, разработанные авторами вышеуказанной статьи применительно к задачам всероссийской программы «Деревья – памятники живой природы», трудоемки и предъявляют высокие требования к квалификации специалистов, выполняющих работы по определению возраста деревьев, что неприменимо для широкого использования.

Сложившаяся к настоящему времени конъюнктура рынка труда в сфере озеленения требует выработки более простых, но при этом научно обоснованных предложений по определению возраста древесно-кустарниковой растительности для их последующего практического использования при исчислении размера вреда.

Цель настоящего исследования заключается в выявлении и осмыслении основных проблем определения возраста деревьев по кернам древесины, а также в оценке степени их влияния на реконструкцию хода роста исследуемого насаждения в контексте оценки вреда.

Объектом исследования являются посадки ели сербской и пихты сибирской в дендрарии МФ МГТУ им. Н.Э. Баумана.

Ель сербская и пихта сибирская, согласно архивным данным, посажены в дендрарии МФ МГТУ им. Н.Э. Баумана в 1975 году сеянцами или саженцами, которые на момент посадки уже имели определенный биологический возраст. В настоящее время в посадке присутствует два дерева ели сербской и более шести деревьев пихты сибирской.

Для посадок ели сербской средняя высота дерева составляет 18,6 м, средний диаметр на высоте 1,3 м составляет 26 см. Для посадок пихты сибирской средняя высота дерева составляет 20,5 м, средний диаметр на высоте 1,3 м – 30 см.

Методика исследования заключается в отборе кернов древесины на высотах 0,1 м и 1,3 м с последующим измерением количества и ширины годичных колец на керне с одновременной фотофиксацией участков, потенциально создающих проблемы при определении возраста деревьев, и построением рядов радиального прироста по годам. Отбор кернов древесины производился буравом Пресслера, измерение количества и ширины годичных колец – при помощи бинокулярного микроскопа МБС-10 с точностью 0,05 см, построение рядов радиального прироста – с использованием программного обеспечения Microsoft Excel.

В связи с известным фактом изменения количества годичных колец в зависимости от высоты ствола дерева, определение его биологического возраста считалось корректным в случае отбора керна на высоте ствола дерева 0,1 м, имеющего сердцевину или ювенильную древесину, а также не имеющего дефектов, препятствующих определению числа годичных колец.

Дополнительное определение корректности исчисления возраста для всех исследуемых образцов обеспечивалось применением метода перекрестной датировки в отношении рядов радиального прироста образцов, отобранных с одного дерева на высоте 0,1 м и 1,3 м, что является необходимым инструментом верификации полученных результатов, в том числе в части выявления выпавших и ложных годовичных колец.

В ходе исследования установлено, что лишь один образец ели сербской соответствовал критериям, обеспечивающим точное определения возраста, тогда как для пихты сибирской – два таких образца, в результате анализа которых возраст ели сербской определен как не менее 53 лет, а пихты сибирской – как не менее 52 лет.

Принимая во внимание реализованное ландшафтное-планировочное решение по размещению культур и архивные данные, свидетельствующие, что посадка всех исследуемых деревьев была произведена одновременно в 1975 году с применением посадочного материала одного возраста, представляется обоснованным принять установленный возраст ели сербской в качестве истинного биологического возраста всей посадки, поскольку он является наибольшим и подтвержден эмпирическими данными.

В целях иллюстрации ошибочности оценки возраста зеленых насаждений методом простого подсчета числа годовичных колец на керне древесины выполнена оценка числа годовичных колец пихты сибирской, зафиксированных на керне, с принятым за истинное значением биологического возраста всей посадки. Результаты указанного анализа представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Ошибка оценки возраста пихты сибирской методом подсчета годовичных колец

№ дерева	Число годовичных колец на керне древесины, ед.		Отклонение от истинного возраста, ед.		Средняя ошибка при определении возраста дерева, ед.		
	H = 0,1 м	H = 1,3 м	H = 0,1 м	H = 1,3 м	H = 0,1 м	H = 1,3 м	В целом
1	41	49	12	4	10,17	9,33	9,75
2	48	45	5	8			
3	37	43	16	10			
4	52	48	1	5			
5	36	37	17	16			
6	43	40	10	13			

Согласно представленным данным простой подсчет числа годовичных колец на керне древесины приводит к ошибке определения возраста насаждения в пределах от 1 до 17 лет, при этом коэффициент вариации вычисленных значений отклонения от истинного возраста составляет 53,9 %, что по совокупности фактов свидетельствует о высокой ошибке определения возраста древесно-кустарниковой растительности таким методом.

Такая ошибка при определении возраста детерминируется методическими ограничениями, обусловленными отбором для анализа образцов древесины методом отбора кернов. Во-первых, зачастую невозможно захватить биологический центр ствола древесно-кустарниковой растительности. Во-вторых, по ходу движения бурава через ствол неизбежно встречаются участки с гнилью и иными дефектами, исключить которые при отборе образца древесины не представляется возможным. В-третьих, при анализе образца, являющегося

малой частью исследуемого объекта, довольно трудно выявить ложные или выпадающие годовичные кольца.

Факторы, оказывающие влияние на точность возрастной диагностики древесно-кустарниковой растительности, представлены на рисунке 1.

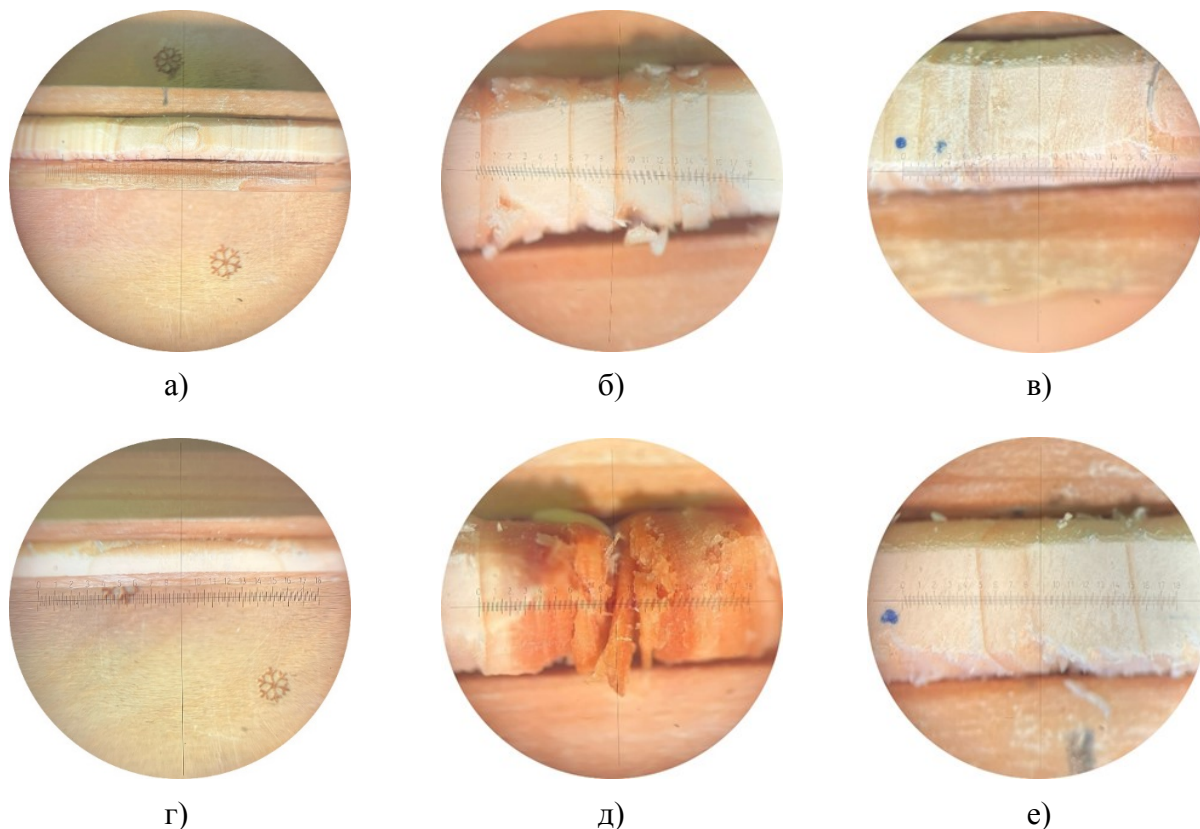


Рисунок 1 – Факторы, влияющие на определение возраста:

- а – образец с наличием биологического центра; б – образец без явных дефектов;
- в – образец с неявными годовичными кольцами; г – образец с периферической части;
- д – образец с участком гнили; е – образец с ложным годовичным кольцом

Указанные проблемы определения возраста находят свое отражение также и в соотношении числа годовичных колец изучаемых образцов пихты сибирской на высотах 0,1 м и 1,3 м.

По общему правилу количество годовичных колец дерева уменьшается с увеличением его высоты, тем не менее у деревьев № 1, 3 и 5 дендрокольцевой анализ показал обратную зависимость. В отношении деревьев № 1 и 5 такая зависимость объясняется совокупным воздействием указанных факторов, в то время как в отношении дерева № 3 – исключительно анализом образца древесины с периферической части ствола дерева.

Для оценки возраста деревьев по их диаметру могут быть построены таблицы и графики, отражающие ход роста исследуемых насаждений, для их последующего практического использования применительно к задачам оценки вреда, причиненного зеленым насаждениям. Несмотря на ограничения биологического и экологического характера использование реконструированного хода роста при определении возраста насаждения в любом случае точнее используемого в настоящее время визуального определения возраста деревьев, которое

осуществляется главным образом исходя из субъективных оценок скорости роста в толщину отдельно взятого специалиста.

С применением различных методических подходов такого рода таблицы и графики для насаждений, произрастающих в городской среде, построены одним коллективом авторов для туи западной на основе анализа особенностей ее роста в условиях Главного ботанического сада им. Н.В. Цицина РАН и другим коллективом авторов для тополя бальзамического в условиях произрастания на территории города Братска [2], [3].

Необходимо отметить, что в представленных исследованиях не приводится информация о наличии у использованных для построения рядов хода роста образцов древесины дефектов, препятствующих точному определению возраста, что существенно ограничивает возможность практического применения рассматриваемых результатов исследования при оценке вреда.

В нашем же случае системный учет факторов, оказывающих непосредственное влияние на определение возраста древесно-кустарниковой растительности, выполненный в ходе полевых и камеральных работ, обеспечивает возможность более достоверно реконструировать ход роста исследуемых насаждений, что позволяет использовать полученные данные в соответствии с целью исследования.

Результаты реконструкции хода роста объекта исследования с учетом факторов, влияющих на определение возраста, представлены на рисунке 2.

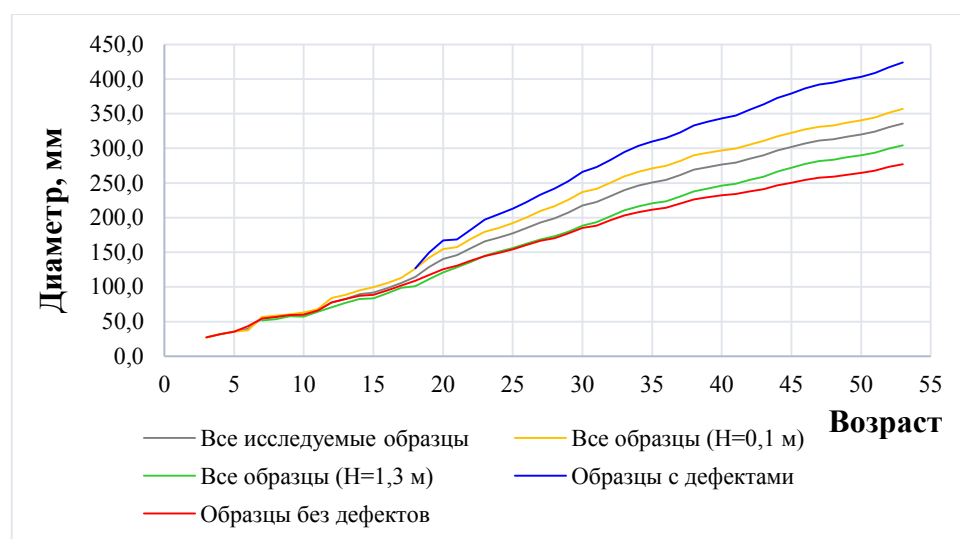


Рисунок 2 – Результаты учета проблем определения возраста при выборе образцов

В данном случае реконструкция хода роста выполнена путем преобразования рядов радиального прироста в ряды диаметров с распределением по ранее установленному возрасту деревьев. Методика формирования данных для построения хода роста насаждений по кернам древесины основывается на последовательном вычитании удвоенных значений радиального прироста из диаметра ствола дерева, измеренного в полевых условиях на соответствующих высотах, что позволяет ретроспективно восстановить значения диаметров по годам.

Согласно информации, представленной на рисунке 2, наглядно видно, что образцы с дефектами демонстрируют наиболее выраженные темпы радиального прироста при наименьшем временном интервале, что обуславливается наличием у таких образцов всех

вышеописанных факторов, препятствующих определению возраста, в том числе периферических участков, измерение которых приводит к завышению реальных значений радиального прироста. Напротив, образцы без дефектов формируют наиболее плавную и устойчивую кривую прироста на протяжении всей хронологии, что подтверждает необходимость учета структурных аномалий при дендрохронологическом анализе для минимизации погрешностей.

С учетом изложенного основными проблемами определения возраста древесно-кустарниковой растительности по кернам древесины являются методические ограничения, непосредственно связанные со спецификой отбора таких образцов, к числу которых относятся отсутствие объективной возможности обеспечить прохождение бурава через биологический центр ствола дерева, невозможность исключения участков с гнилью и иными дефектами по траектории бурения, а также трудности, связанные с идентификацией ложных и выпадающих годовичных колец.

Несмотря на то, что указанные проблемы оказывают существенное влияние на среднюю ошибку определения возраста насаждения в пределах исследуемой выборки, избежать их отрицательного влияния на другие результаты исследования, в том числе на реконструкцию хода роста, представляется возможным при условии тщательной фиксации таких факторов на этапе полевых и камеральных работ и всестороннего их учета в ходе обработки первичных результатов исследования.

Список литературы

1. Румянцев, Д. Е. Методические подходы для определения возраста деревьев / Д. Е. Румянцев, А. В. Черакшев // Принципы экологии. – 2020. – № 4 (38). – С. 104-117.
2. Румянцев Д.Е., Рысин С.Л., Коженкова А.А., Александров П.С., Воробьева Н.С., Епишков А.А. Рост туи западной (*Thuja occidentalis* L.) в дендрарии Главного ботанического сада им. Н.В. Цицина РАН по данным дендрохронологического анализа // Лесной вестник / Forestry Bulletin, 2023. Т. 27. № 1. С. 5-16.
3. Рунова, Е. М. Оценка состояния тополя бальзамического (*Populus balsamifera* L.) в условиях Братска по результатам инвентаризации / Е. М. Рунова, О. И. Новоселова // Актуальные проблемы лесного комплекса. – 2023. – № 63. – С. 236-240. – EDN IWNUXM.

References

1. Rumyantsev, D. E. Methodological approaches for determining the age of trees / D. E. Rumyantsev, A. V. Cherakshev // Principy ekologii. – 2020. – № 4 (38). – P. 104-117.
2. Rumyantsev D.E., Rysin S.L., Kozhenkova A.A., Aleksandrov P.S., Vorob'eva N.S., Epishkov A.A. Rost tui zapadnoy (*Thuja Occidentalis* L.) v dendrarii Glavnogo botanicheskogo sada im. N.V. Tsitsina RAN po dannym dendrokhnologicheskogo analiza [White cedar growth in the N.V. Tsitsin Main Botanical Garden arboretum of Russian Academy of Sciences according to dendrochronological analysis]. Lesnoy vestnik / Forestry Bulletin, 2023, vol. 27, № 1, P. 5-16.
3. Runova, E. M. Assessment of the condition of balsamic poplar (*Populus balsamifera* L.) in the conditions of Bratsk according to the results of the inventory / E. M. Runova, O. I. Novoselova // Actual problems of the forest complex. – 2023. – № 63. – P. 236-240.

ВЛИЯНИЕ СОВРЕМЕННОГО ИЗМЕНЕНИЯ КЛИМАТА НА ТЕМПЕРАТУРУ ПОЧВЫ В ЦЕНТРАЛЬНОЙ И ЮЖНОЙ ЧАСТИ ЛЕСОСТЕПНОЙ ЗОНЫ РУССКОЙ РАВНИНЫ

Ю.А. Подрезова

Воронежский государственный лесотехнический университет имени Г.Ф. Морозова,
г. Воронеж, Россия, e-mail: umbassadorka@mail.ru

Аннотация. Проведен климато-статистический анализ средних годовых, сезонных и месячных норм температуры воздуха и почвы, а также характеристик трендов. Получено, что за последние 40 лет на исследуемой территории наблюдалось устойчивое закономерное потепление климата во все месяцы года, что привело к повышению температур почвы на всех глубинах.

Ключевые слова. Потепление климата, лесостепная зона, температура почвы, температура воздуха, Воронеж, Каменная степь.

INFLUENCE OF MODERN CLIMATE CHANGE ON SOIL TEMPERATURE IN THE CENTRAL AND SOUTHERN PART OF THE FOREST-STEPPE ZONE OF THE RUSSIAN PLAIN

Yu.A. Podrezova

¹Voronezh State University of Forestry and Technologies named after G.F. Morozov,
Voronezh, Russia, e-mail: umbassadorka@mail.ru

Abstract. A climate-statistical analysis of average annual, seasonal and monthly air and soil temperature norms, as well as trend characteristics, was conducted. It was found that over the past 40 years, a steady, regular climate warming was observed in the study area in all months of the year, which led to an increase in soil temperatures at all depths.

Keywords: Climate warming, forest-steppe zone, soil temperature, air temperature, Voronezh, Kamennaya Steppe.

Введение

Большинство сценариев изменения климата основано на анализе температур воздуха. Однако для теоретических и прикладных задач, связанных с оценкой отклика земной

поверхности на изменения климата, первостепенное значение имеет температура почв — важнейшая характеристика климатических, почвообразовательных, мерзлотных и инженерно-геологических условий. Она определяет функционирование наземных биогеоценозов, позволяя судить о чувствительности ландшафтов к антропогенному воздействию, изменению природной среды и климатическим флуктуациям. Поверхность почвы является важным звеном при передаче тепла из атмосферы в почвогрунты на глубины. В дневное время суток основная часть тепла накапливается в поверхностном слое почвы за счет энергии приходящей солнечной радиации. Ночью происходит теплообмен между почвой и атмосферой за счет конвекции. Влияние температуры воздуха является основным фактором изменения термического состояния почвогрунтов, однако, проникновение волн тепла и холода из воздуха в почву зависит от многих факторов (снежный покров, растительный покров, влажность почвы и т.д.) [2, 4].

Цель, объекты и методика исследований, исходные данные

Цель — статистическая оценка происходящих климатических изменений и их влияние на температуру почвы в центральной и южной части лесостепной зоны Русской равнины на территории Воронежской области.

Объектами настоящего исследования являются происходящие климатические изменения в поле температур воздуха и почвы на различных глубинах в центральной и южной части лесостепной зоны Русской равнины на территории Воронежской области по данным репрезентативных метеорологических станций Воронеж (высота 107 м) и Каменная степь (высота 200 м, расположена примерно в 150 км к юго-востоку от Воронежа). Все использованные метеорологические данные находятся в свободном доступе на сайте ВНИИГМИ-МЦД [1], а также на сайте Погода и климат [5]. Были рассчитаны многолетние климатические нормы средних месячных, сезонных и годовых температур воздуха и почвы на поверхности и глубинах 20, 40, 80, 120 см, их средние квадратические отклонения, характеристики линейных трендов, а также изменения самих значений температуры воздуха и почвы по найденным линейным трендам. Это позволило получить численные оценки современных изменений климата, как в виде общих интегральных характеристик (нормы и их СКО), так и характеристик основной тенденции или динамики климатических изменений (тренды) [3].

Результаты и их обсуждение

Климатические нормы средних месячных, сезонных, годовых температур почвы на различных глубинах и воздуха, а также их межгодовая изменчивость в период 1984-2023 гг.

В таблице 1 приведены значения климатических норм средних месячных, сезонных и годовых температур почвы на глубинах 0, 20, 40, 80 и 120 см по станциям Воронеж и Каменная степь, а также средние месячные, сезонные и годовые многолетние температуры воздуха, рассчитанные за общий использованный 40-летний период 1984–2023 гг.

Таблица 1 – Нормы годовых, месячных и сезонных средних температур почвы на различных глубинах и воздуха (°C) по станциям Воронеж и Каменная степь за 1984-2023 гг.

Год, сезон, месяц	Станция Воронеж						Станция Каменная степь					
	$T_{\text{возд.}}$	T_0	T_{20}	T_{40}	T_{80}	T_{120}	$T_{\text{возд.}}$	T_0	T_{20}	T_{40}	T_{80}	T_{120}
Год	7,3	8,6	9,0	8,8	8,7	8,7	7,1	8,7	8,7	8,7	8,7	8,8
Зима:	-5,5	-6,5	-0,6	0,5	2,5	4,2	-6,2	-6,6	-0,3	1,4	3,4	4,9
декабрь	-4,5	-5,2	0,0	1,3	3,7	5,6	-5,1	-5,4	0,4	2,3	4,6	6,4
январь	-6,1	-7,0	-0,8	0,3	2,2	3,9	-6,8	-7,2	-0,6	1,1	3,1	4,6
февраль	-6,0	-7,2	-1,0	-0,2	1,6	3,0	-6,7	-7,4	-0,7	0,7	2,3	3,7
Весна:	7,8	9,0	7,4	6,3	5,3	4,9	7,6	8,8	6,5	5,7	5,2	5,1
март	-0,5	-1,7	0,5	0,6	1,5	2,6	-1,1	-1,9	0,5	1,1	2,2	3,3
апрель	8,6	9,6	6,9	5,6	4,3	4,0	8,6	9,3	5,9	4,9	4,3	4,3
май	15,3	19,3	14,7	12,7	10,0	8,3	15,4	19,0	13,0	11,1	9,0	7,8
Лето:	19,9	24,7	20,2	18,6	16,0	14,1	20,2	25,0	18,9	17,0	14,8	13,3
июнь	19,0	24,2	18,9	17,0	13,9	11,9	19,2	24,5	17,4	15,2	12,8	11,1
июль	20,9	26,1	21,1	19,4	16,6	14,5	21,0	26,4	19,7	17,7	15,4	13,7
август	19,9	24,0	20,6	19,4	17,4	15,8	20,3	24,3	19,6	18,1	16,4	15,0
Осень:	7,0	6,9	9,1	9,9	11,0	11,7	7,0	7,5	9,7	10,6	11,5	11,9
сентябрь	13,7	14,7	15,2	15,3	15,1	14,7	14,1	15,8	15,3	15,2	14,9	14,4
октябрь	7,2	6,6	8,9	9,8	11,2	11,9	7,1	7,2	9,7	10,8	11,8	12,2
ноябрь	0,2	-0,5	3,1	4,5	6,8	8,5	-0,2	-0,4	4,0	5,8	7,9	9,2

За 40-летний период наблюдений 1984–2023 гг. климатические нормы средних годовых температур воздуха по станциям Воронеж и Каменная степь были соответственно равными 7,3 и 7,1 °C. Статистически по t-критерию это означает их равенство не уровне значимости $q=0,05$ (односторонняя альтернатива). Средние квадратические отклонения (СКО) для годовых температур воздуха были одинаковыми по обеим станциям и составили 1,2 °C. Статистически по F-критерию это означает равенство дисперсий температур на уровне значимости $q=0,05$ [3]. Значения СКО для средних месячных температур, как и следовало ожидать, были значительно больше: по Воронежу для центральных месяцев сезонов - января, апреля, июля и октября - они соответственно равнялись 3,4, 2,0, 1,9 и 1,6 °C, а для Каменной степи 3,3, 2,2, 2,0 и 1,8 °C. Таким образом, обращает на себя внимание очень важный факт: практическое равенство в период 1984–2023 гг. как норм температуры по обеим станциям, так и ее межгодовой изменчивости, являющихся одними из основных показателей климата. Для обеих станций минимальные месячные нормы температуры воздуха отмечаются в январе (-6,1 °C для Воронежа и -6,8 °C для Каменной степи), а максимальные – в июле (20,9 °C для Воронежа и 21,0 °C для Каменной степи).

Нормы средних годовых температур почвы на глубинах 0, 20, 40, 80 и 120 см для метеостанции Воронеж соответственно равны 8,6, 9,0, 8,8, 8,7 и 8,7 °C, а для метеостанции Каменная степь на поверхности и глубинах 20, 40, 80 см – 8,7 °C, на глубине 120 см – 8,8 °C.

Для обеих станций минимальные месячные нормы температуры почвы на поверхности и глубинах 20 и 40 см отмечаются в феврале (-7,2, -1,0, -0,2 °C соответственно для Воронежа и -7,4, -0,7, 0,7 °C для Каменной степи), а на глубинах 80 и 120 см – в марте (1,5, 2,6 °C для Воронежа и 2,2, 2,3 °C для Каменной степи). Максимальные месячные нормы температуры почвы на станциях отмечаются в июле для поверхности и глубины 20 см (26,1, 21,1 °C для Воронежа и 26,4, 19,7 °C для Каменной степи), а на глубинах 40, 80 и 120 см – в августе (19,4, 17,4, 15,8 °C для Воронежа и 18,1, 16,4, 15,0 °C для Каменной степи). Весенние нормы температуры поверхности почвы больше осенних, также, как и весенние нормы температуры

воздуха. На глубинах 20 см и более наоборот, осенние нормы превосходят весенние в 1,2-2,4 раза. Средние квадратические отклонения для годовых температур почвы на обеих станциях были почти одинаковыми на соответствующих глубинах и составляли 0,6-1,4 °С.

Динамика изменения средних месячных, сезонных и годовых температур воздуха и почвы на различных глубинах в период 1984–2023 гг.

Для изучения временных изменений средних месячных, сезонных и годовых температур воздуха и почвы на различных глубинах в период 1984–2023 гг. использовался анализ трендов.

На рисунке 1(в) и 1(г) показан временной ход средних годовых температур воздуха за 1984–2023 гг. по обеим станциям и аппроксимация его линейными трендами. На рисунке 1(а) и 1(б) аналогично приведен временной ход средних годовых температур почвы на всех глубинах.

Из графиков видно закономерное повышение всех температур от начала к концу периода, хорошо аппроксимируемое прямыми линейных трендов.

По линейным трендам для обеих станций были рассчитаны непосредственно значения ее изменений $\Delta T_{\text{возд.}}$, ΔT_0 , ΔT_{20} , ΔT_{40} , ΔT_{80} , ΔT_{120} в °С, показанные в таблице 2.

Таблица 2 – Значения изменений средних месячных, сезонных и годовых температур воздуха $\Delta T_{\text{возд.}}$ и почвы на различных глубинах ΔT_0 , ΔT_{20} , ΔT_{40} , ΔT_{80} , ΔT_{120} (°С) по станциям Воронеж и Каменная степь за 1984-2023 гг.

Год, сезон, месяц	Станция Воронеж						Станция Каменная степь					
	$\Delta T_{\text{возд.}}$	ΔT_0	ΔT_{20}	ΔT_{40}	ΔT_{80}	ΔT_{120}	$\Delta T_{\text{возд.}}$	ΔT_0	ΔT_{20}	ΔT_{40}	ΔT_{80}	ΔT_{120}
Год	3,1	3,1	2,1	2,0	1,6	1,5	2,9	3,6	2,4	1,9	1,6	1,8
Зима:	3,6	3,5	2,1	1,6	1,4	1,6	3,4	3,8	0,3	0,7	1,0	1,3
декабрь	5,2	5,3	2,4	1,8	1,6	1,7	4,9	5,2	1,0	1,2	1,5	1,7
январь	1,1	1,1	1,8	1,5	1,3	1,6	1,0	1,3	0,0	0,6	1,0	1,3
февраль	4,5	4,1	2,1	1,6	1,4	1,4	4,5	4,7	0,1	0,3	0,6	0,9
Весна:	2,2	2,0	1,9	1,9	1,5	1,5	2,2	2,8	2,7	2,1	1,7	1,7
март	3,6	2,9	2,1	1,9	1,6	1,5	3,7	4,5	1,4	1,2	1,0	1,0
апрель	1,8	1,8	2,4	2,6	1,9	1,9	1,9	2,5	3,4	2,6	2,0	1,8
май	1,1	1,3	1,2	1,3	1,1	1,2	0,9	1,5	3,2	2,4	2,2	2,2
Лето:	3,1	3,6	2,1	2,0	1,3	1,2	2,7	3,8	3,8	2,4	1,7	2,0
июнь	1,9	3,0	1,1	1,3	0,9	1,0	1,2	2,7	3,2	2,1	1,7	2,0
июль	2,9	2,9	1,9	1,8	1,0	1,1	2,7	3,4	3,5	2,2	1,5	1,8
август	4,4	4,9	3,2	2,9	1,9	1,6	4,2	5,2	4,6	3,0	1,9	2,0
Осень:	3,4	3,4	2,5	2,3	2,1	1,9	3,3	3,8	2,7	2,5	2,1	2,2
сентябрь	3,0	3,2	2,7	2,5	2,1	1,9	2,9	4,1	3,6	2,7	2,0	2,1
октябрь	2,4	2,3	1,9	1,8	1,9	1,7	2,4	2,9	2,3	2,3	2,0	2,1
ноябрь	4,7	4,6	2,9	2,5	2,2	2,0	4,5	4,5	2,2	2,5	2,3	2,3

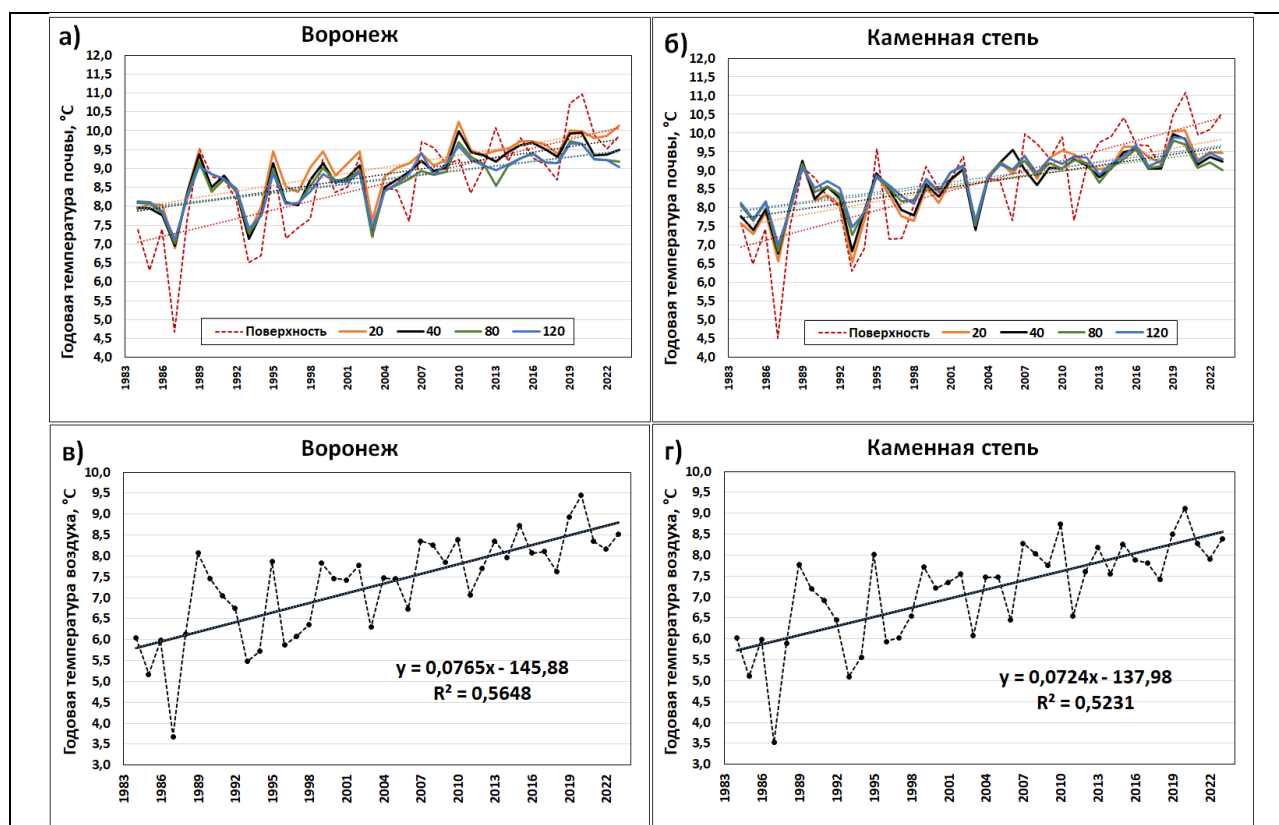


Рис. 1. Ход годовых температур почвы на различных глубинах по метеостанции Воронеж (а) и Каменная степь (б), а также годовых температур воздуха (в, г) с линиями и уравнениями (для температуры воздуха) линейных трендов за 1984–2023 гг.

Несмотря на то, что увеличение месячных и годовых температур воздуха в Воронеже было немного интенсивнее, температуры почвы больше увеличились преимущественно по всем глубинам в Каменной степи. Годовые температуры почвы за рассмотренный период на поверхности и на глубинах 20, 40, 80 и 120 см увеличились соответственно на 3,1, 2,1, 2,0, 1,6 и 1,5 °C для метеостанции Воронеж и на 3,6, 2,4, 1,9, 1,6 и 1,8 °C для метеостанции Каменная степь. Если рассматривать трендовые изменения температур почвы по сезонам года, то можно заметить, что наибольшее увеличение температур на поверхности почвы для Воронежа было летом и зимой (на 3,6 и 3,5 °C соответственно), а для Каменной степи интенсивное потепление поверхности почвы наблюдалось зимой, летом и осенью (на 3,8 °C). Менее всего увеличились температуры весны (на 2,0 °C для Воронежа и на 2,8 °C для Каменной степи). На глубинах 20, 40, 80 и 120 см более всего увеличились осенние температуры почвы (на 2,5, 2,3, 2,1 и 1,9 °C соответственно) для метеостанции Воронеж. На метеостанции Каменная степь максимальное за 40 лет увеличение температур почвы на глубине 20 см наблюдалось летом (на 3,8 °C), а на остальных глубинах осенью (на 2,1-2,5 °C).

Наибольшее потепление средних месячных температур поверхности почвы для обеих станций было в декабре и августе – на 4,9-5,3 °C, а наименьшее в январе и мае – на 1,1-1,5 °C. На глубинах почвы 20 и 40 см для обеих станций интенсивнее всего увеличились температуры августа (на 2,9-4,6 °C), а на уровнях 80 и 120 см – сентября и апреля для Воронежа (на 1,9-2,1 °C) и сентября и мая для Каменной степи (на 2,0-2,2 °C). Наименьшее увеличение месячных температур воздуха для последних глубин было в июне-июле для Воронежа (на 0,9-1,1 °C) и в феврале для Каменной степи (на 0,6-0,9 °C).

Заключение

В центральной и южной части лесостепной зоны Русской равнины на территории Воронежской области по многолетним данным наблюдений репрезентативных метеостанций Воронеж и Каменная степь за 1984–2023 гг. наблюдалось устойчивое закономерное потепление климата во все месяцы года, а также увеличение температур почвы на всех глубинах.

Годовые нормы температур воздуха оказались равными: станция Воронеж 7,3 °С, Каменная степь 7,1 °С. Годовые значения СКО по температуре воздуха по обеим станциям оказались равными и составили 1,2 °С, следовательно, можно считать, что, с точки зрения, как самих норм температуры, так и ее межгодовой изменчивости, климатические условия на обеих станциях были идентичными. Годовые **нормы температур почвы** на глубинах 0, 20, 40, 80 и 120 см: Воронеж 8,6, 9,0, 8,8, 8,7 и 8,7 °С, Каменная степь – 8,7, 8,7, 8,7, 8,7 и 8,8 °С.

Средняя скорость повышения годовых температур воздуха за 40-летний период по станции Воронеж составила 0,765 °С/10 лет, что привело к их росту на 3,1 °С. Аналогичная скорость повышения годовых температур по станции Каменная степь была 0,724 °С/10 лет, что привело к почти такому же их росту на 2,9 °С.

Сильнее всего потеплел зимний сезон года (на 3,4-3,6 °С) и осенний (на 3,3-3,4 °С). Температуры летнего сезона увеличились на 2,7-3,1 °С, а весеннего на 2,2 °С. Максимальные скорости повышения температур на обеих станциях наблюдались в декабре, что дало потепление на 4,9-5,2 °С, а минимальные – в январе и мае, увеличение температур составило 0,9-1,1 °С.

Годовые температуры почвы на поверхности и на глубинах 20, 40, 80 и 120 см увеличились соответственно на 3,1, 2,1, 2,0, 1,6 и 1,5 °С для Воронежа и на 3,6, 2,4, 1,9, 1,6 и 1,8 °С для Каменной степи.

Для обеих станций на поверхности почвы максимально увеличились зимние, летние и осенние температуры (на 3,1-3,6 °С для Воронежа и на 3,6-3,8 °С для Каменной степи). По данным метеостанции Воронеж наибольшее увеличение сезонных температур почвы на глубинах от 20 до 120 см было осенью (на 1,9-2,5 °С), также значительно увеличились летние и зимние температуры на глубине 20 см (на 2,1 °С), летние и весенние на глубине 40 см (на 1,9-2,0 °С), зимние и весенние на уровне 80 и 120 см (на 1,4-1,6 °С). По данным метеостанции Каменная степь на глубине 20 см более всего увеличились летние температуры (на 3,8 °С), а на остальных глубинах – в первую очередь осенние (на 2,1-2,5 °С), а также летние и весенние температуры (на 1,7-2,4 °С).

Наибольшее потепление средних месячных температур поверхности почвы для обеих станций было в декабре и августе – на 4,9-5,3 °С, а наименьшее в январе и мае – на 1,1-1,5 °С. На глубинах почвы 20 и 40 см для обеих станций интенсивнее всего увеличились температуры августа (на 2,9-4,6 °С), а на уровнях 80 и 120 см – сентября и апреля для Воронежа (на 1,9-2,1 °С) и сентября и мая для Каменной степи (на 2,0-2,2 °С). Наименьшее увеличение месячных температур воздуха для последних глубин было в июне-июле для Воронежа (на 0,9-1,1 °С) и в феврале для Каменной степи (на 0,6-0,9 °С).

Список литературы

1. Всероссийский научно-исследовательский институт гидрометеорологической информации – Мировой центр данных. – URL: <http://meteo.ru/data> (дата обращения 13.01.2025).
2. Всероссийский научно-исследовательский институт гидрометеорологической информации – Мировой центр данных. Сведения о влиянии текущих изменений приземного климата на термическое состояние почвогрунтов РФ. – URL: <http://meteo.ru/activity/climate/soil-temperature-info> (дата обращения 17.02.2025).
3. Исаев А.А. Статистика в метеорологии и климатологии. М.: Изд.-во МГУ, 1988. 245 с.
4. Наумов А.В. Дыхание почвы: составляющие, экологические функции, географические закономерности. Новосибирск: Изд-во СО РАН, 2009. 208 с.
5. Погода и климат. – URL: <http://www.pogodaiklimat.ru/> (дата обращения 20.01.2025).

References

1. Research Institute of Hydrometeorological Information – World Data Center. – URL: <http://meteo.ru/data> (Accessed 13.01.2025).
2. Research Institute of Hydrometeorological Information – World Data Center, Information on the impact of current changes in the surface climate on the thermal state of soils in the Russian Federation. – URL: <http://meteo.ru/activity/climate/soil-temperature-info> (Accessed 17.02.2025).
3. Isaev, A.A. (1988), *Statistika v meteorologii i klimatologii*, [Statistics in meteorology and climatology], Moscow, Russian.
4. Naumov, A.V. (2009). *Dyhanie pochvy: sostavljajushhie, jeologicheskie funkicii, geograficheskie zakonomernosti*, [Soil respiration: components, ecological functions, geographical patterns], Novosibirsk, Russian.
5. Weather and climate. – URL: <http://www.pogodaiklimat.ru> (Accessed 20.01.2024).

ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ФУНКЦИИ И МНОГОЦЕЛЕВОЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ЛЕСОВ

DOI:10/58168/FECC2025_264-269

УДК 630*561.24

ОЦЕНКА САНИТАРНОГО СОСТОЯНИЯ ЯСЕНЕВЫХ НАСАЖДЕНИЙ В ВЕЙДЕЛЕВСКОМ ЛЕСНИЧЕСТВЕ БЕЛГОРОДСКОЙ ОБЛАСТИ

В.В. Владимирова, Д.А. Литовченко

Воронежский государственный лесотехнический университет имени Г.Ф. Морозова,
г. Воронеж, Россия, e-mail: politunovalera02@mail.ru

Аннотация. Анализ санитарного состояния ясеневых насаждений показал, что средневзвешенная величина категорий санитарного состояния варьирует от 3,1 (сильно ослабленные) на ПП № 2 до 3,5 (тяготеет к усыхающим) на ПП № 3. При проведении корреляционного анализа выявлена прямая зависимость между диаметром ствола и высотой древостоя, при коэффициенте корреляции (r) равном от 0,75 (ПП № 1) до 0,83 (ПП № 4) – связь высокая (тесная).

Ключевые слова: ясень обыкновенный, изумрудная златка, санитарное состояние, рубка.

ASSESSMENT OF THE SANITARY CONDITION OF ASH STANDS IN THE VEIDELEVSKOE FORESTRY OF THE BELGOROD REGION

V.V. Vladimirova, D.A. Litovchenko

Voronezh State University of Forestry and Technologies named after G.F. Morozov,
Voronezh, Russia, e-mail: politunovalera02@mail.ru

Abstract. Analysis of the sanitary condition of ash stands showed that the average weighted value of the sanitary condition categories varies from 3.1 (very weakened) at RP No. 2 to 3.5 (tends to dry out) at RP No. 3. When conducting a correlation analysis, a direct relationship was found between the trunk diameter and the height of the stand, with a correlation coefficient (r) equal to 0.75 (RP No. 1) to 0.83 (RP No. 4) - the relationship is high (close).

Keywords: common ash, emerald borer, sanitary condition, felling.

Введение

Цель нашего исследования являлась оценка санитарно-оздоровительных мероприятий (выборочных санитарных рубок) на территории Вейделевского лесничества Белгородской

области, как с проведенными лесопатологическими обследованиями, так и с уже реализованными хозяйственными мероприятиями. Наибольший вред из насекомых вредителей в лесах Белгородской области нанесен ясеневой изумрудной узкотелой златкой (691,8 га). Данный вид относится к карантинным стволовым вредителям и повреждает исключительно ясеневые насаждения. В результате лесопатологического обследования территории Белгородской области сотрудниками Центра защиты леса выявлено свыше 3,7 тысяч гектар насаждений с признаками неудовлетворительного санитарного состояния (из них более 60 гектар доля погибших насаждений, что составляет 1,8% от общей выявленной площади).

Объекты и методы исследования

Объектом исследования являлись ясеневые насаждения естественного происхождения, произрастающие в однородных типах леса и лесорастительных условиях на территории Вейделевского лесничества Белгородской области. Всего заложено 4 пробных площади в квартале 47, выделах 10, 13, размер пробных площадей составил 0,5 га (50 x 100 м). Пробные площади № 1 и № 2 заложены в квартале 47 выделе 10. Состав 4ЯОВ2ДВС4КЛВ, возраст 120 лет, тип леса ДСН (дубрава снытьевая), бонитет I. Пробные площади № 3 и № 4 заложены в квартале 47 выделах 13. Состав 5ЯОВ2ДВС3КЛВ, возраст 115 лет, тип леса ДСН (дубрава снытьевая), бонитет II.

Оценку санитарного состояния древостоев проводили на основании распределения деревьев в соответствии с действующей в настоящее время шкалой категорий состояния: 1 (без признаков ослабления), 2 (ослабленные), 3 (сильно ослабленные), 4 (усыхающие), 5 (погибшие) [1].

Объемы, полученные в результате лесопатологической таксации позволили обеспечить для изучаемой древесной породы достоверную оценку средних значений относительного количества и запаса деревьев всех категорий состояния на пробной площади, включая «сильно ослабленные», «усыхающие», «погибшие».

Лесоводственно-таксационные показатели определялись по общей принятой методике [2]. Количественные характеристики связи диаметра ствола и высоты дерева определены с помощью линейной корреляции Пирсона в пакете программ Microsoft Excel 2020.

В соответствии со шкалой Чеддока [3], связь считается слабой от 0 до 30%, умеренной от 31 до 50%, значительной от 51 до 70%, высокой (тесной) от 71 до 90%, очень высокой (очень тесной) от 91% и больше.

Статистическая значимость связи между полученными лесоводственно-таксационными показателями оценивалась критерием Стьюдента (t_{st}) в зависимости от объема выборки выборочного исследования. При значении критерия Стьюдента расчетного ($t_{st(r)}$) больше табличного (критического) ($t_{st(k)}$) связь является значимой при уровне значимости $p=0,05$.

$$t_{расч.} = \sqrt{\frac{r^2}{1-r^2}} (n - 2) \quad (1)$$

где, n – количество наблюдений в выборке.

Результаты исследования и их обсуждение

Санитарно-оздоровительные мероприятия в предыдущие годы в обследованных насаждениях не проводили и пней от недавно срубленных усохших деревьев обнаружено не

было. В связи с этим, можно предположить, что процессы, ведущие к ухудшению состояния насаждений, начались недавно и внезапно.

Диаметры деревьев ясеня на разных пробных площадях варьируют: $45 \pm 0,25$ см на ПП № 1, $48 \pm 0,15$ см на ПП № 2, $40 \pm 0,15$ см на ПП № 3, $44 \pm 0,18$ см на ПП № 4. На ПП № 3 и 4 наблюдается большая вариативность по диаметрам отдельных деревьев ясеня.

Коэффициент изменчивости высот деревьев на пробных площадях находится в пределах от 18 до 23 %. Асимметрия высоты незначительна – от -0,15 до -0,27, что свидетельствует о нормальном распределении деревьев по высоте. Отрицательные значения асимметрии по высоте указывают на преобладание в них крупных (высоких) деревьев.

Коэффициент вариации древостоев по диаметру на всех пробных площадях изменяется от 28 до 40 %, что свидетельствует о большой растянутости кривой распределения деревьев по данному признаку.

При проведении корреляционного анализа установлен линейный характер связи между диаметром ствола и высотой дерева. При проведении корреляционного анализа выявлена прямая зависимость между диаметром ствола и высотой древостоя, при коэффициенте корреляции (r) равном от 0,75 (ПП № 1) до 0,83 (ПП № 4) – связь высокая (тесная) (рисунок 1).

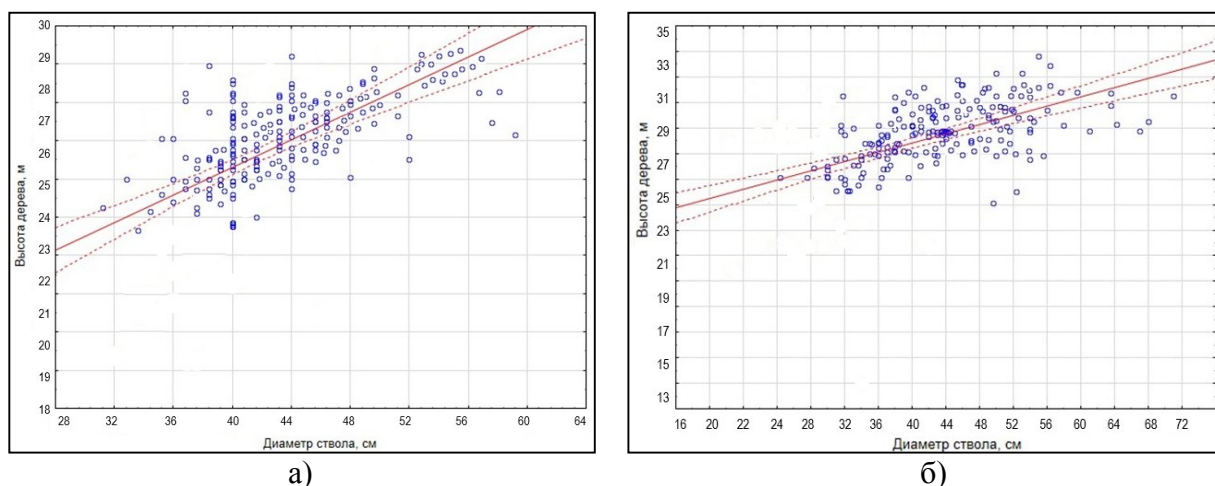


Рисунок 1 – Аллометрическая зависимость диаметра ствола от высоты: а) ПП № 1; б) ПП № 4

Одновременно с пересчетом деревьев проведена морфологическая оценка состояния древостоев на каждой пробной площади по шкале категорий состояния деревьев. Для каждой пробной площади рассчитано средневзвешенное значение категории состояния древостоя.

Распределение запаса древостоев (%) на пробных площадях по категориям санитарного состояния представлено на рисунке 2.

При анализе достоверности критерием Стьюдента (t_{st}) данных по категориям санитарного состояния в пределах каждой пробной площади получили фактические значения (t_f) превышающие стандартное значение $t_{st} = 2,8$ для уровня вероятности 0,95 ($P \leq 0,05$), следовательно различия между категориями санитарного состояния деревьев достоверны.

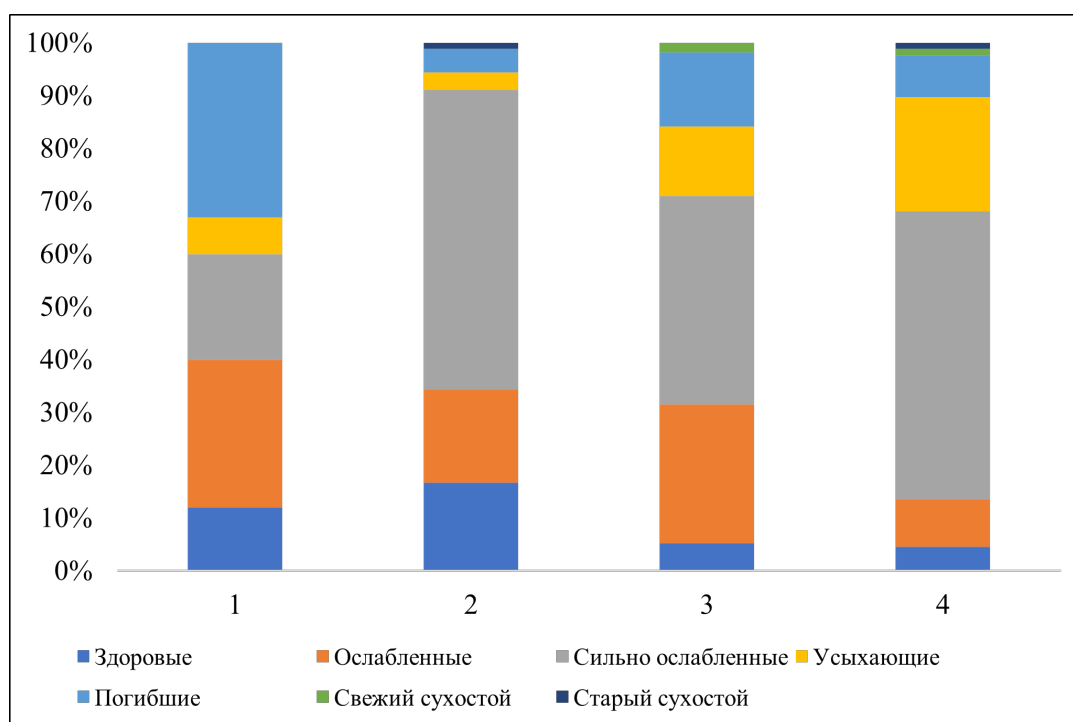


Рисунок 2 – Распределение запаса древостоев (%) на пробных площадях по категориям санитарного состояния

Из данных, приведенных на рисунке 2 следует, что доля запаса деревьев, отнесенных к 1-й категории состояния – «без признаков ослабления» – составляет от 4 до 15 % от общего запаса. Наименьшее количество деревьев 1-й категории выявлено на ПП № 4. Прежде всего, это связано с массовым усыханием ясеня обыкновенного, зачастую полностью утратившего свою жизнеспособность на территориях пробных площадей. Основную долю запаса составляют деревья 3-й (сильно ослабленные) категории – от 20 до 51 %. На ПП № 1 – 33 % деревьев ясеня обыкновенного отнесены к 5-й категории (погибшие).

Наглядное распределение состояния древостоев по составляющим породам приведено на рисунке 3.

На рисунке 3 показано, что наилучшее среднее состояние характерно для дуба и клена высокоствольного – у данных пород выявлена наибольшая доля запаса деревьев «здоровые» (около 16 %) и наименьшая доля запаса деревьев с нарушенной биологической продуктивностью (усыхающие и погибшие) – около 5 %. Следует отметить деградацию ясеня обыкновенного – деревьев «здоровые» около 4 %, а при этом доля запаса деревьев с нарушенной биологической продуктивностью составляет около 40 %.

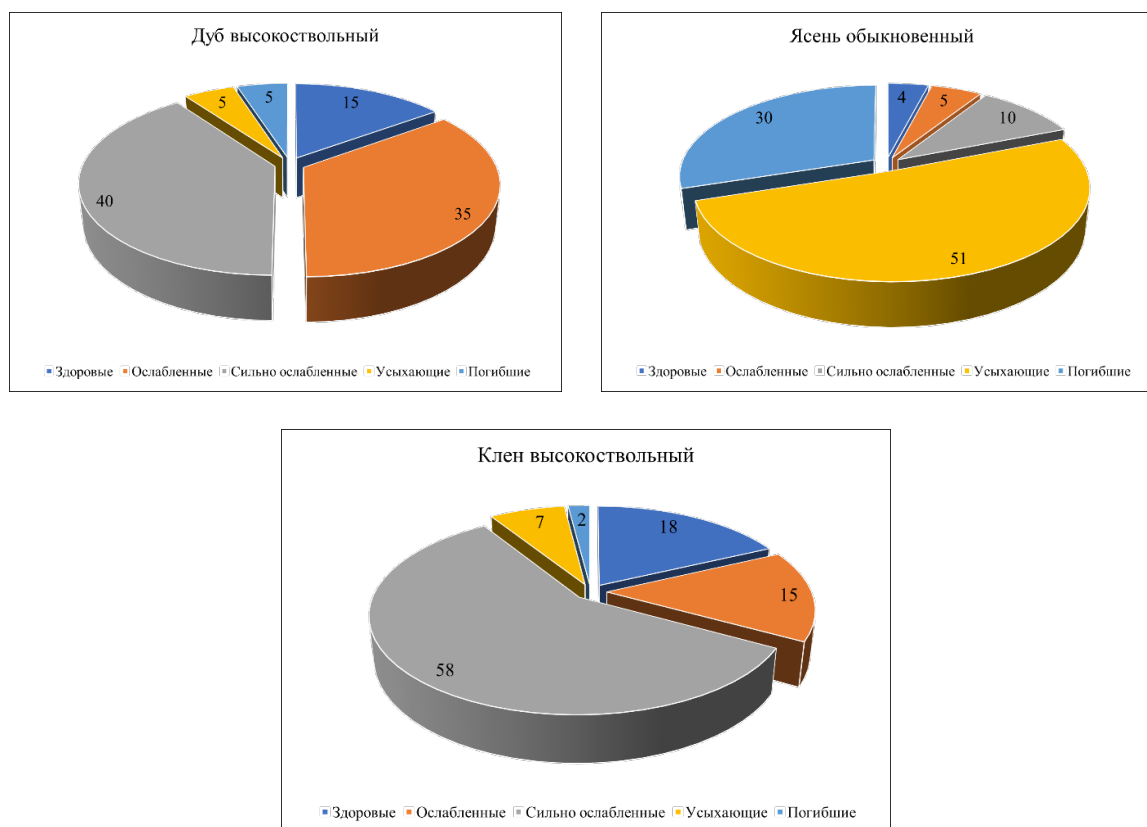


Рисунок 3 – Распределение запаса древостоя (%) по категориям санитарного состояния для основных лесообразующих пород

Следует назначить сплошную санитарную рубку на всех исследуемых участках.

Заключение.

Коэффициент изменчивости высот деревьев на пробных площадях находится в пределах от 18 до 23 %. Коэффициент вариации древостоев по диаметру на всех пробных площадях изменяется от 28 до 40 %, что свидетельствует о большой растянутости кривой распределения деревьев. Выявлено, что на исследуемых пробных площадях произрастают насаждения, имеющие разное санитарное состояние – среди них преимущественно встречаются ослабленные и сильно ослабленные насаждения (46 %), а также значительную часть площади (около 40 %) занимают усыхающие и погибшие ясеневые насаждения.

При проведении корреляционного анализа выявлена прямая зависимость между диаметром ствола и высотой древостоя, при коэффициенте корреляции (r) равном от 0,75 (ПП № 1) до 0,83 (ПП № 4) – связь высокая (тесная).

Средневзвешенная величина категорий санитарного состояния варьирует от 3,1 (сильно ослабленные) на ПП № 2 до 3,5 (тяготеет к усыхающим) на ПП № 3.

Низкая средневзвешенная категория санитарного состояния ясеневых насаждений обусловлена наличием большой группы сухостойных деревьев ясеня обыкновенного, поврежденных ясеневой златкой. Эти выделы должны быть назначены в сплошную санитарную рубку в ближайшее время.

Список литературы

1. Правила санитарной безопасности в лесах: Постановление Правительства Российской Федерации от 09 декабря 2020 г. № 2047 О правилах санитарной безопасности в лесах // Собрание законодательства. – 2021. Режим доступа: <http://docs.cntd.ru/document/436736467>
2. ОСТ 56–69–83 Площади пробные лесоустроительные. Методы закладки. Введен 01.01.84. – 59 с.
3. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта с основами статистической обработки: учеб. – М.: Колос, 2011. – 547 с.

References

1. Forest Sanitary Safety Rules: Resolution of the Government of the Russian Federation of December 9, 2020 No. 2047 On Forest Sanitary Safety Rules // Collection of Legislation. – 2021. Access mode: <http://docs.cntd.ru/document/436736467>
2. OST 56–69–83 Forest Management Trial Areas. Methods of Laying Down. Introduced on 01.01.84. – 59 p.
3. Dospekhov B.A. Field Experiment Methodology with Basics of Statistical Processing: Textbook. – M.: Kolos, 2011. – 547 p.

КОРИДОРНЫЙ СПОСОБ ВЫРАЩИВАНИЯ ДОЛГОВЕЧНЫХ ЗАЩИТНЫХ ЛЕСНЫХ НАСАЖДЕНИЙ КАМЕННОЙ СТЕПИ

А.В. Попов

Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Воронежский
федеральный аграрный научный центр им. В. В. Докучаева», Воронежская обл.,
Таловский р-он, Россия, e-mail: gjgjdktc@mail.ru

Аннотация. Представлены результаты оценки лесоводственно-биологического состояния защитной лесной полосы, созданной коридорным способом выращивания дуба в Каменной Степи. Представлены основные таксационные показатели и динамика изменения породного состава насаждения.

Ключевые слова. Защитные лесные полосы, коридорный способ, таксационные показатели, опушки, подрост, самосев.

CORRIDOR METHOD OF CULTIVATING LONG-LASTING PROTECTIVE FOREST PLANTATIONS OF STONE STEPPE

A. V. Popov

Federal State Budgetary Scientific Institution "Voronezh Federal Agrarian Scientific Center named after V. V. Dokuchaev", Voronezh Region, Talovsky District, Russia, e-mail: gjgjdktc@mail.ru

Abstract. The article presents the results of the assessment of the silvicultural and biological state of the protective forest belt created by the corridor method of growing oak in Kamennaya Steppe. The main taxation indicators and the dynamics of changes in the species composition of the stand are presented.

Keywords: Protective forest belts, corridor method, taxation indicators, forest edges, undergrowth, self-seeding.

Каменная Степь широко известна в России и за рубежом своим уникальным опытом преобразования природы степей. Именно здесь получено практическое подтверждение эффективности полезащитного лесоразведения. За 133-хлетний период существования лесных полос достоверно доказана их приоритетная роль при защите сельскохозяйственных угодий от засух, вредоносных ветров и других неблагоприятных факторов степного климата. Лесные

полосы способны в значительной мере повысить продуктивность и устойчивость агроценозов, но в том случае, когда в насаждениях существуют условия для насыщенного биоценоза.

Наибольшую популярность в Каменной Степи получил древесно-кустарниковый тип смешения древесных пород, предложенный Г. Ф. Морозовым [4]. Модернизированным вариантом этого типа посадок является коридорный способ выращивания дуба в защитных лесных полосах, автором которого был Ю. В. Ключников [3]. Этот способ посадки (посева) предусматривал размещение рядов дуба на некотором отдалении - через ряд - от быстрорастущих пород, что устраняло угрозу заглушения главной породы в первые годы жизни молодых лесополос. Промежуточные ряды заполнялись сопутствующими породами: ясенем пушистым, кленом остролистным, вязом, липой, грушей. Такое размещение дуба, когда он уже на четвертый год оказывается как бы в коридорах из сопутствующих пород, а эти в свою очередь, в коридорах из быстрорастущей породы, благоприятно сказываются на его росте. Благодаря боковому отенению молодые дубки в коридорах лучше растут в высоту, уже в 4 – 5 лет дают годовые приросты по 60 – 90 см и намного обгоняют дубки, растущие на свободе [5].

Выращивание дуба в коридорах из других пород выдержало серьезную проверку временем и прочно вошло в практику лесопосадок в Каменной Степи. При коридорном способе сохраняется принцип рядовой посадки, технология которой наиболее проста и удобна. Во-вторых, полоса за счет быстрорастущих пород быстро входит в строй действующих, начиная давать полезный эффект на 4 5 год. В-третьих, по сравнению с другими рядовыми посадками эта схема облегчает уход за дубом, поскольку исключается необходимость сложного выбора притеняющих его деревьев, а сопутствующие и или быстрорастущие породы вырубается в определенной последовательности с указанием приема рубки - либо через одно дерево, либо сплошными рядами. В-четвертых, этот способ наилучшим образом соответствует биологической особенности дуба, выраженной в поговорке «дуб любит расти в шубе, но без шапки».

Таким образом, анализ продуктивности и биологического состояния защитных лесных полос, созданных коридорным способом, приобретают особую актуальность для создания новых насаждений и дальнейшего лесовосстановления.

Наблюдения проводились в 2024 году на базе полезной лесной полосы, созданной в 1941г Ю. В. Ключниковым. Насаждение направлением с запада на восток длиной 266 м и шириной 24 м создано посевом семян древесно-кустарниковых пород по коридорному типу. Схема посева следующая: 3, 7, 11, 15-й ряды состоят из дуба черешчатого; 2, 6, 10, 14-й - яблони; 4, 8, 12, 16-й - ясеня пушистого и 1, 5, 9, 13-й ряды из клена ясенелистного.

Изучение роста древесных пород, оценка их жизнеспособности проводились с применением существующих методик и инструктивных указаний [1, 2].

В таблицах каждая порода обозначается условным знаком согласно ОСТ 56-22-74. Условные обозначения:

- Л. п – лесная полоса;
- Дч – дуб черешчатый;
- Яп – ясеня пушистый;
- Кяс – клен ясенелистный

Яб - яблоня

В таблице 1 приведены основные таксационные показатели полезной лесной полосы 2024 г. по ярусам. Анализ данных таблицы показывает, что в возрасте 83-х лет образовалось дубовое насаждение с небольшим количеством ясеня пушистого в первом ярусе, с породным составом 9Д1Яп и во втором ярусе - 10Д. Запас жизнеспособных деревьев 1 и 2-го яруса составляет 237,3 м³/га. Ясень пушистый почти весь оказался сухостойным.

Таблица 1 – Таксационная характеристика лесной полосы №124, 2024 г.

Ярус	Порода	Кол-во, шт./га, Жив/сух	% сухих	Ср. диаметр, см	Ср. высота, м	Запас, м³/га	Состав
1	Дч Яп	256/- 16/160	0 94	31 40	21,5 22,1	197,12 21,92	9Д1Яп
2	Дч Яп	48/- -/160	0 100	23 -	18,8 -	18,24 -	10Д
3	Яп Кяс	48/176 96,-	73 -	15 11	12,5 10,2	5,92 4,8	5Яп5Кяс

В подлеске обнаружены редкие куртины ирги высотой до 1,5 м и акации желтой до 1,7 м.

Северная опушка шириной 20 м представлена кленом ясенелистным в количестве 10 тыс. шт/га диаметром 5 – 15 см и высотой до 10 м. Встречается ясень пушистый до 4 тыс. шт/га высотой до 2 м и вяз до 2 тыс. шт/га высотой до 1, м.

Южная опушка шириной 6м представлена кленом ясенелистным по всей ширине в количестве около 6 тыс. шт./га диаметром до 10 см и высотой до 8 м. Редко встречается ясень пушистый высотой до 1,5 м. единично дуб и клен остролистный, из кустарников терн и боярышник мелкоплодный.

При анализе архивных материалов и отчетов за прошлые годы выявлена динамика изменения породного состава древостоя.

Таблица 2 – Динамика изменения породного состава в полезной лесной полосе №124

Год учета/возраст Автор таксации	Формула породного состава по ярусам	Кол-во деревьев на 1 га, шт		% сухих
		жизнеспособные	сухие	
1952/11 Е. С. Павловский	4Кяс3Дч3Яп+Яб	6150	-	-
1962/21 Е. С. Павловский	4Д3Яп3Кяс	3717	-	-
1982/41 Б. И. Скачков	5Д5Яп 5Кяс4Яп1Дч+Кяс	1404	-	—
1992/51 А. Г. Ахтямов	5Яп4Дч1Кяс 5Яп3Дч2Кяс	884	37	4
2024/83 А. В. Попов	9Дч1Яп 10Д	272	320	54

Анализ данных таблицы показывает, что в насаждении в возрасте 11 лет лидирующее положение занимает клен ясенелистный. Дуб и ясень господствующее положение заняли только через 21 год после создания. На период 1982 года четко выделился первый ярус с равным запасом дуба и ясеня, а во втором ярусе клен ясенелистный занял лидерство. В 1992 году ситуация во втором ярусе изменилась, здесь лидерами как и в первом ярусе обозначились дуб и ясень. Таксация 2024 года выявила резкое изменение породного состава. К этому году почти весь ясень пушистый погиб, т. е. оказался в сухом состоянии. Скорее всего это связано с засухой 2010 года, в результате чего, произошло резкое понижение уровня грунтовых вод. В результате образовалось дубовое насаждение первого и второго яруса.

Таким образом, к 83 летнему возрасту, полезащитная лесная полоса № 124, созданная коридорным способом, образовала дубовое долговечное насаждение. Но, для поддержания здорового состояния необходимо проводить санитарные рубки по удалению сухостоя и валежника.

Список литературы

1. Бабенко Д. К. Методические указания по закладке опытов и проведение исследований по рубкам ухода, реконструкции, лесообразованию в полезащитных лесных полосах степей и полупустынной зоны СССР – Волгоград: 1977 – 38 с.
2. Дударев А. Д., Гладышева Н. В., Лозовой А. Д.. Методика и техника работ на пробных площадях. – Воронеж, 1978. – 80 с.
3. Ключников В. Е. Коридорный способ посадки и посева дуба с быстрорастущими породами в лесных полосах. – «Советская агрономия», 1948, №8 – С. 15 – 18.
4. Морозов Г. Ф. Лесные культуры в Каменностепном лесничестве 1896 – 1900 гг. //Тр. опытных лесничеств – СТБ, 1900. – С. 105 – 185.
5. Павловский Е. С. Коридорный способ выращивания дуба в полезащитных лесных полосах. / Е. С. Павловский // Полезащитное лесоразведение: Сельхозиздат, 1959. – С. 58 – 83.

References

1. Babenko D.K. Methodological guidelines for laying out experiments and conducting research on thinning, reconstruction, and forest formation in shelterbelts of the steppes and semi-desert zones of the USSR – Volgograd: 1977 – 38 p.
2. Dudarev A. D., Gladysheva N. V., Lozovoy A. D. Methodology and technology of work on test plots. – Voronezh, 1978. – 80
3. Klyuchnikov V. E. Corridor method of planting and sowing oak with fast-growing species in forest belts. – “Soviet Agronomy”, 1948, No. 8 – P. 15 – 18.
4. Morozov G. F. Forest crops in the Kamennostepnoye forestry in 1896-1900 // Works of experimental forestries - STB, 1900. - P. 105 - 185.
5. Pavlovsky E. S. Corridor method of growing oak in field-protective forest belts. / E. S. Pavlovsky // Field-protective afforestation: Selkhozizdat, 1959. - P. 58 - 83.

САНИТАРНОЕ СОСТОЯНИЕ ДУБОВЫХ НАСАЖДЕНИЙ ПОД ВОЗДЕЙСТВИЕМ РЕКРЕАЦИОННЫХ НАГРУЗОК

А.В. Царалунга, В.В. Гарнага

Воронежский государственный лесотехнический университет имени Г.Ф. Морозова,
г. Воронеж, Россия, e-mail: saralunga@yandex.ru, viktor.garnaga@mail.ru

Аннотация. Охарактеризована дубовая губка и влияние рекреационной нагрузки на ее распространение. Представлены результаты фитопатологических исследований, включающие данные рекогносцировочного и детального обследований. Рекреационная нагрузка имеет значительное влияние на процент поражения сосновых насаждений дубовой губкой.

Ключевые слова. Дуб черешчатый, болезни и вредители, дубовая губка, устойчивость, санитарные рубки, лесопатологическое обследование.

SANITARY CONDITION OF OAK PLANTS UNDER THE INFLUENCE OF RECREATIONAL LOADS

A.V. Tsaralunga, V.V. Garnaga

Voronezh State University of Forestry and Technologies named after G.F. Morozov,
Voronezh, Russia, e-mail: saralunga@yandex.ru, viktor.garnaga@mail.ru

Abstract. The oak sponge and the influence of recreational load on its distribution are characterized. The results of phytopathological studies are presented, including data from reconnaissance and detailed examinations. Recreational load has a significant impact on the percentage of damage to pine plantations by oak sponge.

Keywords. English oak, diseases and pests, oak sponge, resistance, sanitary felling, forest pathology survey.

Дуб обыкновенный (*Quercus robur* L.) – типовой вид рода Дуб (*Quercus*) семейства Буковые (*Fagaceae*), является ценной лесообразующей древесной породой в степной и лесостепной зонах европейской территории России.

Рекреация оказывает многостороннее влияние на растительность лесных экосистем. Оценка стадии рекреационной дигрессии насаждений позволяет выявить изменение лесного

биогеоценоза под воздействием рекреационных нагрузок. Л.П. Рысин и С.Л. Рысин [2] рассматривают реакцию лесных растений на ухудшение условий среды в результате рекреации с позиции концепции «стресса».

В работах Н.В. Буровой и П.А. Феклистова [1], изучавших лесные экосистемы подзоны северной тайги показано, что с усилением рекреации в древесном ярусе ухудшается санитарное состояние деревьев, сокращается количество здоровых деревьев на 45 – 50%, увеличивается доля ослабленных и сильноослабленных на 20 – 30% и 5 – 10%, соответственно. Наиболее часто в качестве критической выбирают нагрузку, соответствующую III и IV стадиям дистрессии при пятистадийной схеме.

Отклик лесных экосистем на рекреацию разнообразен: одни экосистемы изменяются довольно быстро и, часто необратимо, другие более устойчивы и способны к восстановлению; третьи, напротив, формируются благодаря человеку и антропоотолерантны [2].

Цель лесопатологического обследования являлось определение фитопатологического состояния дубовых насаждений, а также разработка мероприятий по его улучшению.

Исследования проводились в Балашовском лесничестве Саратовской области, в кварталах 97, 98, ч., кв. 103, кв. 104, 108, 124, 125, 127, ч. кв. 130, ч. кв., 131. С целью проведения систематических комплексных биогеоценотических исследований за состоянием пойменных дубрав нами заложена серия стационарных пробных площадей размером 0,25 га. При их выделении учитывалась степень антропогенной трансформации пойменных дубрав. Всего в ходе работы было обследовано 10 участков.

В результате детального обследования на площади обследуемых кварталов было обследовано: дуба черешчатого – 956 деревьев. Лесотаксационная характеристика обследуемых насаждений представлена в таблицах 1.

Таблица 1 – Характеристика обследуемых лесных участков

№	Антропогенный фактор	Состав древостоя	Возраст, лет	Полнота	ТЛУ	Подлесок	Тип леса
1	недалеко от грунтовой дороги, рубки давно	8Д2Л + В3, ед. Ос	Разно-возрастной	0,8	Д _{2—3}	Брк, Клн, Клт	Дубрава ландышево-ежевичная
2	рубка 15 – 20 лет назад	7Д3Л1В	90	0,6	Д _{2—3}	Клт (ед)	Дубрава крапивная с будрой
3	тропиночная сеть, кострища (2 шт.)	6Д4Лп + Ос	90	0,7	Д _{2—3}	Крл	Дубрава снытевая
4	замусорено, рекреационная зона	10Д + Ос	80	0,5	Д _{2—3}	10Клт+Я	Дубрава ландышевая
5	рекреационная зона	10Д, 10Ясп	80	0,5	Д _{2—3}	Клт, Жс	Дубрава ландышевая
6	рекреационная зона г. Балашова	5Д4Ос1Лп	90	0,7	Д _{2—3}	Брк	Дубрава снытевая

Окончание таблицы 1

7	рекреационная зона г. Балашова	8Д2В	90	0,6	Д _{2—3}	Клт	Дубрава ландышевая
8	в 1 км западнее железной дороги	4Д2Лп + Ос	70	0,4	Д _{2—3}	Крл	Дубрава будровая
9	В 1 км сев. автотрассы	6Д2Вз1Ос 1Ив	65	0,3	Д _{2—3}	Клт, Трн	Дубрава разнотравная
10	древесные адвенты, рекреация	6Д3Ос1Лп	65	0,2	Д _{2—3}	Клт, Трн	Дубрава разнотравная

Рекогносцировочное обследование проводилось с целью выявления поражения насаждений дубовой губкой и воздействием рекреационной нагрузки. Данные рекогносцировочного обследования приведены в таблице 2.

Таблица 2 – Сводная ведомость рекогносцировочного обследования

№ маршрута	Число деревьев по состоянию, шт/%					
	Инфекционные болезни	Неинфекционные болезни – влияние рекреационной нагрузки		Сухостой	Здоровые	Всего
	Дубовая губка	Резкое изменение светового режима в результате антропогенного воздействия	Антропогенные загрязнения			
1	0/0	7/4,4	17/10,6	0/0	136/85	160/16,8 (100)
2	1/0,9	9/8,5	11/10,4	0/0	85/80,2	106/11 (100)
3	1/0,8	12/9,7	25/20,1	0/0	86/69,4	124/12,9 (100)
4	0/0	10/11,2	18/20,2	3/3,4	58/65,2	89/9,3 (100)
5	2/2,1	10/10,8	25/27	2/2,1	54/58	93/9,7 (100)
6	2/1,6	17/13,9	33/27,1	0/0	70/57,4	122/12,8 (100)
7	3/2,8	21/20	22/21	1/1	58/55,2	105/11 (100)
8	5/7,1	11/15,7	19/27,1	0/0	35/50	70/7,3 (100)
9	5/9,4	9/17	12/22,6	3/5,7	24/45,3	53/5,5 (100)
10	4/11,8	7/20,6	7/20,6	4/11,8	12/35,2	34/3,6 (100)
						956/100

Всего в первом обследуемом маршруте было проанализировано 160 деревьев. Здоровые деревья составили 85%. Лесопатологическое состояние насаждения соответствует II классу биологической устойчивости. Размер усыхания составляет 0%. Такое количество сухостоя при низком показателе биологической устойчивости объясняется частыми санитарными рубками так, как площадь находится в рекреационном использовании. В насаждениях не обнаружен очаг дубовой губки. Распределение деревьев по результатам рекогносцировочного обследования по категориям состояния на первом маршруте представлено на рисунке 1.

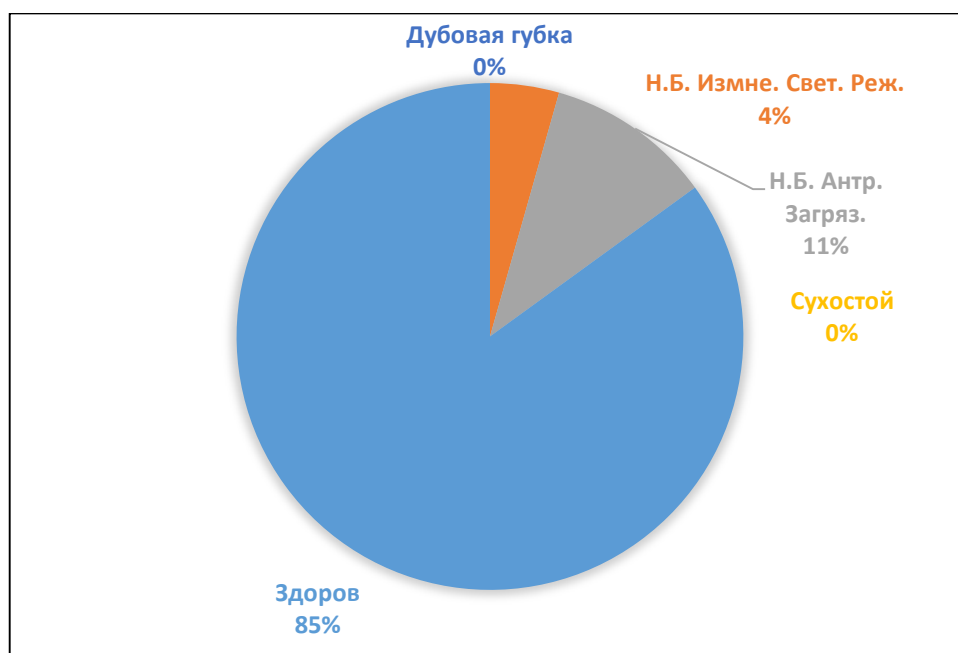


Рисунок 1 – Распределение деревьев по результатам рекогносцировочного обследования по категориям состояния на первом маршруте

На десятом маршрутном ходе обследовано 34 дерева. Здоровых деревьев на маршруте 35,2%, что соответствует III классу биологической устойчивости. Подрост имеет наибольшую полноту, что может быть связано с удаленностью от населенных пунктов. Процент сухостоя при этом на данном участке составляет – 11,8%. Это связано с удаленным расположением участка от города, в соответствии с чем на участке проводится меньше всего рубок ухода.

Пораженность корневой губкой – 11,8% и влияние рекреационной нагрузки – 41,2%, что связано с большим количеством отпада деревьев в предыдущие годы. Визуально результат обследования на десятом маршруте представлен на рисунке 1.

Всего число обследованных деревьев составляет 956 штук и равняется 100%. Общее количество поражения корневой губке равняется 23 деревьям или 2,4%. Число деревьев, пораженных рекреационной нагрузкой – 302, что соответствует 31,6% от общего числа деревьев. Сухостой представлен 13 деревьями или 1,4%. Количество здоровых деревьев по итогам обследования составило 618 деревьев – 64,7%. Рекреационная нагрузка играют значительную роль в распространение дубовой губки и общему повреждению деревьев. При

этом площади, занятые под рекреацию, имеют меньший процент сухостоя, что связано с регулярным проведением выборочных санитарных рубок.

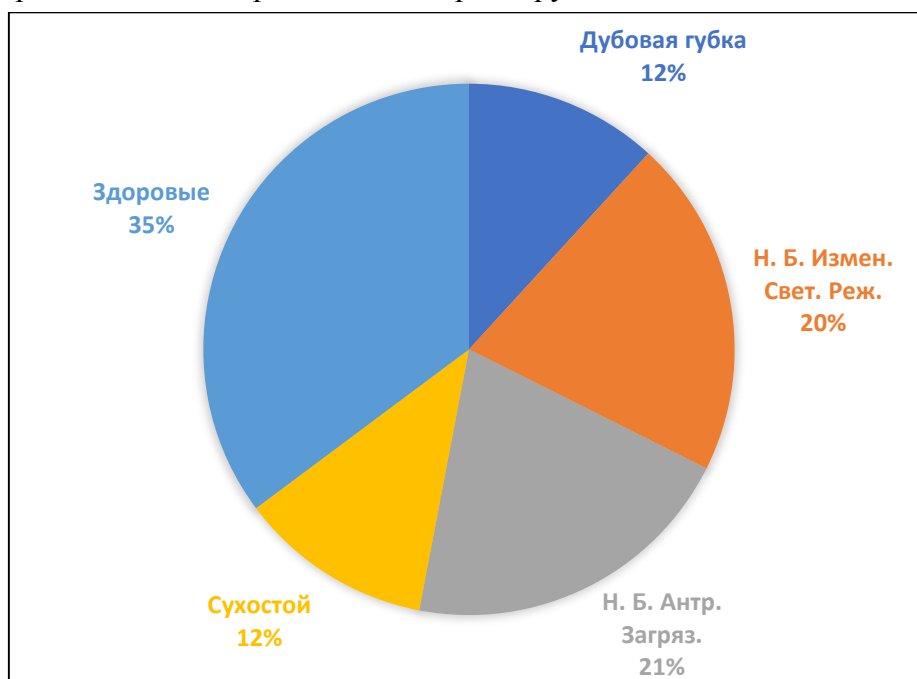


Рисунок 2 – Распределение деревьев по результатам рекогносцировочного обследования по категориям состояния на десятом маршруте

Заключение.

1. Лесопатологическое состояние дубовых насаждений на обследуемых участках характеризуется II классом биологической устойчивости, еще на семи – III классов. Количество пораженных деревьев составляет 34%, тогда как здоровые деревья 66%.
2. Рекреационная нагрузка имеет значительное влияние на процент поражения сосновых насаждений дубовой губкой. Выявлена прямая зависимость распространения болезни от интенсивности рекреационной нагрузки;
3. Количество сухостоя выше на участках, менее подверженных рекреационной нагрузке так, как на их площади в меньшей степени проводятся санитарные рубки.

Список литературы

1. Бурова, Н.В., Феклистов П.А. Антропогенная трансформация пригородных лесов. Архангельск: Изд-во Арханг. Гос. Ун-та, 2007. – 264 с.
2. Рысин Л.П. Природные и социальные аспекты рекреационного использования лесов // Л.П. Рысин // Лесохозяйственная информация. – 2008. – № 6-7. – С. 37 - 49.

References

1. Burova, N.V., Feklistov P.A. Anthropogenic transformation of suburban forests. Arkhangelsk: Publishing House of Arkhangelsk State University, 2007. – 264 p.
2. Rysin L.P. Natural and social aspects of recreational use of forests // L.P. Rysin // Forestry information. – 2008. – No. 6-7. – P. 37 - 49.

**ГЕНЕТИКА, СЕЛЕКЦИЯ, СЕМЕНОВОДСТВО, ИНТРОДУКЦИЯ,
ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ЛЕСОРАЗВЕДЕНИЯ И ЛЕСОВЫРАЩИВАНИЯ**

DOI:10/58168/FECC2025_279-284

УДК 630.27(470.324)

**ОПЫТ ИНТРОДУКЦИИ ЦЕРЦИСА КАНАДСКОГО В ВОРОНЕЖСКОЙ ОБЛАСТИ:
БИОЛОГИЯ, ЭКОЛОГИЯ И ПЕРСПЕКТИВЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ**

О.В. Комарова, В.Ф. Шипилова
ФГБУ «ВНИИЛГИСбиотех», Россия, г.Воронеж,
e-mail: Olya34@mail.ru

Аннотация. В статье представлены результаты интродукции церциса канадского (*Cercis canadensis* L.) в лесопарковом участке ВНИИЛГИСбиотех в Воронеже. Изучены биологические и экологические особенности вида, включая фенологию, семеношение, декоративность и устойчивость к местным условиям. Описаны перспективы использования церциса в озеленении Центрального Черноземья.

Ключевые слова. Церцис канадский, интродукция, акклиматизация, фенология, декоративность, устойчивость.

**EXPERIENCE OF INTRODUCING *CERCIS CANADENSIS* IN VORONEZH
REGION: ITS BIOLOGY, ECOLOGY, AND PROSPECTS OF INTRODUCTION**

O.V. Komarova, V.F. Shipilova
All-Russian Research Institute of Forest Genetics, Breeding and Biotechnology; Russian
Federation, Voronezh, e-mail: Olya34@mail.ru

Abstract. The article presents the results of introducing Canadian redbud (*Cercis canadensis* L.) at the amenity forest of the All-Russian Research Institute of Forest Genetics, Breeding and Biotechnology in Voronezh. We examined the species' biological and ecological traits, including phenology, seed production, ornamental value, and adaptability to local conditions. The study highlights the potential for using *Cercis* in landscaping in the region.

Keywords: *Cercis canadensis*, introduction, acclimatization, phenology, ornamental value, adaptability.

Введение

Церцис канадский (*Cercis canadensis* L.) — листопадное дерево или крупный кустарник

семейства Бобовые (*Fabaceae*), широко известное своей декоративностью и адаптивностью. Этот вид входит в род *Cercis*, который насчитывает 10 видов кустарников и небольших деревьев, распространённых преимущественно в тёплых регионах Северного полушария [4]. Для средней полосы России наибольший интерес представляет церцис канадский. Несмотря на название, в естественных условиях этот вид не произрастает в Канаде, его природный ареал охватывает территорию США, преимущественно восточные и центральные регионы, на юге доходя до Мексики. В Северной Америке его называют «иудовым деревом», однако это название чаще ассоциируется с европейским видом (*Cercis siliquastrum*). Церцис канадский обычно произрастает в подлеске смешанных лесов, где соседствует с дубами, клёнами и орехами. Предпочитает влажные дренированные почвы вдоль речных долин, опушек лесов и склонов холмов.

В природе церцис канадский чаще всего растёт как небольшое дерево, но может иметь и кустовидную форму, особенно при произрастании в суровых условиях или при обрезке. В природе достигает высоты 6–9 м (редко — 12 м при выращивании в тени). Диаметр ствола у зрелых деревьев обычно не превышает 20–30 см. Крона широкая, раскидистая, до 7–10 м в диаметре. Живёт в среднем 50–70 лет, но при благоприятных условиях (хорошая почва, отсутствие стрессов) может доживать до 100–150 лет [4].

Вид ценится в первую очередь за декоративные качества. Ранней весной, ещё до распускания листьев, дерево покрывается яркими розово-пурпурными цветками, собранными в пучки прямо на стволе и ветвях (явление каулифлории). Цветение длится 2–3 недели и привлекает опылителей, включая пчёл. Листья сердцевидной формы с гладкой текстурой летом приобретают насыщенный зелёный цвет, а осенью становятся жёлтыми или оранжевыми, добавляя растению декоративности. Благодаря этим особенностям церцис широко используется в ландшафтном дизайне, как для создания аллей и групповых посадок, так и в качестве солитера в садах и парках.

Древесина церциса плотная, твёрдая, отличается прочностью и красивой текстурой (тёмно-коричневая с красноватым оттенком), что делает её пригодной для мелких поделок, резьбы или декоративных изделий, хотя в промышленности и в коммерческих целях используется редко из-за небольших размеров ствола дерева [5].

Цветки церциса съедобны, имеют лёгкий кисло-сладкий вкус. Их можно добавлять в салаты или использовать как украшение блюд. Также съедобны мягкие молодые стручки (бобы), но только в незрелом виде. Зрелые бобы становятся жёсткими и не рекомендуются к употреблению. В культуре коренных народов Северной Америки растение использовалось в медицине — из коры готовили отвары и настои для лечения кашля и лихорадки [7].

Церцис канадский — хороший ранневесенний медонос. Его цветы привлекают пчёл, обеспечивая нектар и пыльцу в период, когда других источников мало. Мёд с церциса светлый, с мягким вкусом, но редко собирается в чистом виде из-за конкуренции с другими весенними растениями [1].

С точки зрения биологии и экологии, церцис канадский демонстрирует высокую адаптивность. Он предпочитает умеренный климат, но способен переносить кратковременные заморозки до -25 °С, что делает его перспективным интродуцентом в регионах с мягкими зимами, таких как Центральное Черноземье России. Растение светолюбиво, но мирится с

полутенью, устойчиво к засухе благодаря глубокой корневой системе. В природе растёт в условиях от 510 мм осадков (Техас) до 1270 мм (Флорида) [2]. К почвам также малотребователен, может расти на бедных, в том числе известняковых почвах. Предпочитает хорошо дренированные участки с $\text{pH} > 7.5$, чувствительно к тяжёлым глинистым почвам. Как и другие бобовые, церцис улучшает почву, фиксируя азот. Эти качества позволяют использовать церцис для озеленения в сложных условиях.

Фенология церциса канадского в природе характеризуется ранним цветением (в апреле–мае, до листораспускания большинства видов), цветки неправильной формы, 9–12 см, с десятью тычинками. За периодом цветения следует формирование листвы. Листья очередные, сердцевидно-округлые, 5–9 см, с выступающими жилками. Плоды — плоские бобы длиной 6–10 см — созревают к концу лета и могут оставаться на ветвях до зимы.

Размножается церцис как правило семенами, хотя этот процесс осложнён твёрдой оболочкой семян, требующей скарификации или стратификации. Есть свидетельства успешного вегетативного размножения (черенками) с использованием регуляторов роста и при правильном выборе времени заготовки (вскоре после распускания почек), однако процесс остаётся сложным из-за недостаточно высокой способностью к укоренению [6]. Молодые деревья, как правило, к 7 годам достигают возраста цветения.

Растение относительно устойчиво к болезням и вредителям, но может поражаться грибковыми инфекциями, такими как вертициллёзное увядание, особенно при плохой аэрации почвы [3]. Из вредителей чаще всего встречаются тли и паутинные клещи, которые повреждают молодые побеги и листья, однако серьёзный ущерб от них редок.

Церцис канадский представляет интерес для интродукции в условиях Центрального Черноземья, где его декоративные и экологические качества могут быть использованы для обогащения флоры и создания устойчивых зелёных насаждений. Его изучение в лесопарковом участке ВНИИЛГИСбиотех позволяет оценить перспективы применения в лесоводстве, в районах, где развито пчеловодство, а также в озеленении.

Наше исследование сосредоточено на анализе адаптации церциса канадского (*Cercis canadensis* L.) к условиям лесопаркового участка ФГБУ «ВНИИЛГИСбиотех» (Воронежская область), включая его рост, устойчивость, фенологию, репродуктивные особенности и перспективы применения в озеленении.

Цель исследования — изучить особенности роста и устойчивости церциса канадского (*Cercis canadensis* L.) в условиях лесопаркового участка ФГБУ «ВНИИЛГИСбиотех» (Воронежская область), оценить его фенологические характеристики, способность к размножению, декоративную и экологическую ценность, а также оценить перспективы массового использования в озеленении Центрального Черноземья.

Материалы и методы исследования

Объект исследования — растения церциса канадского, выращиваемые на базе лесопаркового участка ФГБУ «ВНИИЛГИСбиотех».

Лесопарковый участок ВНИИЛГИСбиотех в Воронеже — уникальная научно-исследовательская площадка, созданная в 1974 году для изучения и сохранения генетического разнообразия древесных растений. Более 50 лет здесь проводятся эксперименты по адаптации интродуцентов к условиям Центрального Черноземья, изучаются их экологические и

биологические особенности, зимостойкость, засухоустойчивость, фенология и репродуктивные возможности. Участок, основанный на материалах экспедиций 1972–1974 годов, играет ключевую роль в обогащении лесного фонда России и обеспечении устойчивости экосистем к климатическим изменениям. Сегодня он остаётся важным центром исследований в области лесоводства и экологии.

Расположен лесопарковый участок ВНИИЛГИСбиотех в городе Воронеже, в зоне лесостепи Центрального Черноземья, на площади 93,6 га. Климат здесь умеренно континентальный: среднегодовая температура составляет $+7,1^{\circ}\text{C}$, с жарким летом (средняя температура июля $+21,5^{\circ}\text{C}$) и умеренно холодной зимой (средняя температура января $-7,5^{\circ}\text{C}$). Осадков выпадает около 584 мм в год, преимущественно в летний период, с пиком в июле–августе. Вегетационный период длится 192 дня с суммой эффективных температур 2800°C , что благоприятно для роста многих древесных видов. Тип лесорастительных условий — Д2, характеризующийся умеренной влажностью и плодородными серыми лесными почвами. Такие условия требуют от интродуцентов устойчивости к перепадам температур и периодическим засухам, что важно учитывать при испытаниях.

Материал для исследований был привезён сотрудниками ВНИИЛГИСбиотех из экспедиции в 2006 г. семенами из Калининграда. Дополнительно в 2015 г. был также получен материал от воронежского селекционера А.Миляева в 2020 г. в виде двухлетних саженцев. В свою очередь материнские деревья, произрастающие у А.Миляева, выращены из семян, привезённых в 1999 году из ботанического сада Киевского государственного университета и посеянных в Воронеже в 2000 году. Всходы из посеянных семян взошли на второй год.

Результаты исследования

В лесопарковом участке ВНИИЛГИСбиотех растения церциса канадского имеют возраст 7 и 18 лет соответственно. За это время они продемонстрировали высокую устойчивость, переживая даже экстремально холодные зимы без дополнительного укрытия. Это подтверждает достаточную зимостойкость вида в условиях Воронежской области и сходных климатических условиях (средней полосы России), а также для более тёплых климатических зон, таких как Ростовская область. Результаты исследования (отсутствие видимых повреждений после зимовок) позволяет также предположить возможность внедрения вида и в более северные регионы при условии создания благоприятных микроклиматических условий: посадке в защищённых местах, например, с южной стороны зданий, где растение может накопить достаточно тепла за вегетационный период. Однако для оценки его устойчивости на открытых, продуваемых участках в более северных регионах требуются дополнительные исследования.

Фенологические наблюдения показали, что цветение церциса канадского (рис.1) в условиях Воронежа длится 14–20 дней в зависимости от температуры воздуха. Цветки, отличающиеся ярким пурпурным оттенком, формируются непосредственно на стволе и ветвях (явление каулифлории), что характерно для всех видов рода *Cercis*. После цветения появляются сердцевидные листья зелёного цвета, которые осенью приобретают красивую жёлтую и красноватую окраску. Таким образом, вид можно рекомендовать для садово-паркового и ландшафтного строительства и озеленения, особенно декоративен он весной в период цветения и осенью в связи с изменением цвета листвы.



Рисунок 1 — Цветение 7-летних растений церциса канадского в лесопарковом участке ВНИИЛГИСбиотех, апрель 2025 г.

Поскольку морфологические особенности церциса канадского включают стержневую корневую систему, это затрудняет пересадку растений во взрослом возрасте, однако у молодых растений (предпочтительно высаживать 2–3 летние саженцы) приживаемость при высадке в открытый грунт очень высокая. Уже через два года после пересадки двухлетних сеянцев формируются небольшие деревца. Наблюдения за длительным развитием показали, что в возрасте 17 лет экземпляры достигают высоты 4,5 м (одноствольное дерево).

Также в условиях Воронежской области церцис канадский продемонстрировал высокую устойчивость к болезням и вредителям: за время исследований не было зафиксировано поражений патогенами или насекомыми. Это, в сочетании с декоративными качествами и адаптивностью, подтверждает перспективность вида для использования в озеленении и лесоводстве региона.

Заключение

Исследование церциса канадского (*Cercis canadensis* L.) в лесопарковом участке ВНИИЛГИСбиотех (Воронеж) подтвердило его высокую адаптивность к условиям Центрального Черноземья. Растения, выращенные из саженцев, показали зимостойкость, выдерживая морозы без укрытия, устойчивость к болезням и вредителям, а также яркую декоративность благодаря пурпурным цветкам и осенней окраске листвы. Фенология цветения (14–20 дней) и приживаемость молодых саженцев подчёркивают перспективность вида для озеленения. Церцис канадский можно рекомендовать для садово-паркового дизайна и лесоводства в регионах с климатическими условиями, сходными с Воронежской областью, а также для более северных зон при защищённой посадке.

Список литературы

1. Charnley S. Weigand J. McLain R.J. Jones E.T. Case Study. Native US Plants in Honey and Pollen Production // Nontimber Forest Products in the United States. – Lawrence: University Press of Kansas, 2023. – pp. 223–236. – ISBN 978-0-7006-3417-0.

2. Dickson J.G. *Cercis canadensis* L., Eastern redbud // Silvics of North America, Volume 2, Hardwoods. – Washington, DC: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, 1990. – pp. 266-269.
3. Dung J. Weiland J. Verticillium wilt in the Pacific Northwest // Pacific Northwest Plant Disease Management Handbook. – Corvallis: Oregon State University, 2015. – pp. 1–2.
4. Geneve R.L. Eastern Redbud (*Cercis canadensis* L.) and Judas Tree (*Cercis siliquastrum* L.) // Trees III. Biotechnology in Agriculture and Forestry. Vol. 16. – Berlin: Springer, 1991. – pp. 132–146. – DOI 10.1007/978-3-662-13231-9_8.
5. Plummer G.L. *Cercis canadensis* L.; An ecological life history // Purdue University. – West Lafayette: Purdue University, 1954. – pp. 1–104.
6. Pooler Margaret R. Dix Ruth L. Screening of *Cercis* (Redbud) Taxa for Ability to Root From Cuttings // J. Environ. Hort. 19(3). – Washington, D.C.: Horticultural Research Institute, 2001. – pp. 137–139. – ISSN 0738-2898
7. Steinberg K.M. A Chemical Foundation for Native American Use of *Cercis canadensis* and *Zanthoxylum clava-herculis* // The University of Alabama in Huntsville. – Huntsville: ProQuest Dissertations & Theses, 2017. – pp. 1–86.

References

1. Charnley S. Weigand J. McLain R.J. Jones E.T. Case Study. Native US Plants in Honey and Pollen Production // Nontimber Forest Products in the United States. – Lawrence: University Press of Kansas, 2023. – pp. 223–236. – ISBN 978-0-7006-3417-0.
2. Dickson J.G. *Cercis canadensis* L., Eastern redbud // Silvics of North America, Volume 2, Hardwoods. – Washington, DC: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, 1990. – pp. 266-269.
3. Dung J. Weiland J. Verticillium wilt in the Pacific Northwest // Pacific Northwest Plant Disease Management Handbook. – Corvallis: Oregon State University, 2015. – pp. 1–2.
4. Geneve R.L. Eastern Redbud (*Cercis canadensis* L.) and Judas Tree (*Cercis siliquastrum* L.) // Trees III. Biotechnology in Agriculture and Forestry. Vol. 16. – Berlin: Springer, 1991. – pp. 132–146. – DOI 10.1007/978-3-662-13231-9_8.
5. Plummer G.L. *Cercis canadensis* L.; An ecological life history // Purdue University. – West Lafayette: Purdue University, 1954. – pp. 1–104.
6. Pooler Margaret R. Dix Ruth L. Screening of *Cercis* (Redbud) Taxa for Ability to Root From Cuttings // J. Environ. Hort. 19(3). – Washington, D.C.: Horticultural Research Institute, 2001. – pp. 137–139. – ISSN 0738-2898
7. Steinberg K.M. A Chemical Foundation for Native American Use of *Cercis canadensis* and *Zanthoxylum clava-herculis* // The University of Alabama in Huntsville. – Huntsville: ProQuest Dissertations & Theses, 2017. – pp. 1–86.

**РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ СОСНЫ КРЫМСКОЙ,
СОСНЫ СТАНКЕВИЧА И СОСНЫ ОБЫКНОВЕННОЙ В КУЛЬТУРАХ
ГКУ "СЕВАСТОПОЛЬСКОЕ ЛЕСНИЧЕСТВО"**

А.А. Копыленкова, А.И. Журихин

ФГБОУ ВО «Воронежский государственный лесотехнический университет
имени Г.Ф. Морозова»

Аннотация. В статье представлены результаты сравнительного анализа пригодности сосны крымской (*Pinus pallasiana*), сосны Станкевича (*Pinus stankewiczii*) и сосны обыкновенной (*Pinus sylvestris*) для лесовосстановления в условиях ГКУ "Севастопольское лесничество". Сосна обыкновенная, несмотря на быстрый рост, оказалась менее устойчивой к вредителям и экстремальным условиям.

Ключевые слова: Сосна крымская, сосна обыкновенная, лесные культуры, искусственные насаждения, среднегодовой прирост.

**RESULTS OF THE STUDY OF CRIMEAN PINE, STANKEVICH PINE, AND
SCOTS PINE IN THE PLANTATIONS OF THE STATE PUBLIC INSTITUTION
'SEVASTOPOL FORESTRY ENTERPRISE'**

A.A. Kopylenkova, A.I. Zhurikhin

Voronezh State University of Forestry and Technologies named after G.F. Morozov,
Voronezh, Russia

Abstract. The article presents the results of a comparative analysis of the suitability of Crimean pine (*Pinus pallasiana*), Stankevich pine (*Pinus stankewiczii*), and Scots pine (*Pinus sylvestris*) for reforestation under the conditions of the State Public Institution "Sevastopol Forestry Enterprise". Although Scots pine grows faster, it proved less resistant to pests and extreme conditions.

Keywords: Crimean pine, Scots pine, forest plantations, artificial stands, mean annual increment.

Введение. В условиях усиливающихся климатических изменений и антропогенного воздействия выбор устойчивых древесных пород становится критически важным.

Горные леса Крыма не составляют исключения, и процесс сокращения некогда девственных коренных лесов Южного берега Крыма продолжается до настоящего времени. В условиях Горного Крыма наибольшее значение в этом плане имеют антропогенно обусловленные пожары, что способствует дальнейшему ухудшению состояния лесных экосистем. Лес в Горном Крыму является важнейшим элементом экосистемы. По своему происхождению и развитию Горный Крым, в особенности его самая южная часть, имеет ярко выраженные средиземноморские черты. [2] В этом контексте важно исследовать возможности создания культур сосны крымской и сосны обыкновенной, чтобы определить, какая из этих пород более адаптирована к специфическим условиям региона и способна лучше выполнять функции по восстановлению лесов и сохранению биологического разнообразия.

В лесах региона растут более 12 видов рода сосна, в частности: крымская (Палласа) — *Pinus pallasiana* Don., крючковатая (Сосновского) — *P. hamata* L.), Станкевича — *P. stankewiczii* (Sukacz.) Fomin, обыкновенная — *P. sylvestris* L., итальянская (пиния) — *P. pinea* L., Культера — *P. Coulteri* Don., Сабина — *P. Sabiana* Dougl., алепская — *P. halepensis* Mill., эльдарская — *P. eldarica* Medw., желтая — *P. ponderosa* Dougl., Веймутова — *P. strobus* L., приморская — *P. pinaster* Ait. (*P. maritima* Dur.) и другие.[1]

В рамках данной статьи мы рассмотрим сосну крымскую (*Pinus pallasiana* Don.), сосну Станкевича — *P. stankewiczii* (Sukacz.) и сосну обыкновенную (*Pinus sylvestris* L.) [1].

Сосна крымская, адаптированная к жаркому и сухому климату региона, имеет значительно более высокую устойчивость к местным условиям, включая засухи.

Сосна Станкевича, или пицундская (судакская), в Крыму растет на открытых приморских склонах с размещением верхней границы на высоте 200–300 м н.у.м. Сосна Станкевича является отдельным самостоятельным видом, сформировавшимся как крымская разновидность сосны пицундской (*Pinus pityusa*).

В отличие от сосны обыкновенной, которая более распространена в других регионах, сосна крымская и сосна Станкевича занимают уникальные экосистемные ниши на территории Крыма, особенно в горных лесах, где породы в значительной степени способствуют микроклиматообразованию и поддержанию биоразнообразия.

Сосна обыкновенная, в свою очередь, характеризуется высокой ростовой активностью и хорошими показателями по качеству древесины. Но ее устойчивость к местным условиям ниже, что делает этот вид менее предпочтительным для создания устойчивых лесных культур в условиях ГКУ "Севастопольское лесничество". Сосна обыкновенная более подвержена вредителям и заболеваниям, а также менее устойчива к экстремальным климатическим условиям, что делает её менее подходящей для восстановления лесов в условиях активной антропогенной нагрузки.

Цель исследования. Целью работы является оценка приживаемости, роста и экологической эффективности трёх видов сосны (крымской, Станкевича и обыкновенной) для оптимизации лесовосстановительных мероприятий в ГКУ «Севастопольское лесничество».

Материал и методы исследования. Исследования проводились в июле 2023 г. на пяти пробных площадях (размер 0.5 га каждая), расположенных на южных склонах Терновского лесничества на высотах 150–300 м над уровнем моря. Почвы — коричневые горно-лесные.

Учёт параметров проводился по стандартным лесотаксационным методикам (ГОСТ Р 58403-2019), включая измерение диаметра, высоты и оценку состояния деревьев [5].

Результаты исследования. Основными породами, произрастающими в Севастопольском лесничестве, являются: сосна крымская и сосна Станкевича. На рисунках 1, 2, 3, 4 приводятся фото исследуемых насаждений. Стоит отметить, что при создании лесных культур могут использоваться и другие виды сосны, например – сосна обыкновенная.



Рисунок 1 – Культуры сосны крымской и сосны обыкновенной, возраст 10 лет, пробная площадь №1



Рисунок 2 – Культуры сосны крымской, сосны Станкевича и сосны обыкновенной, возраст 10 лет, пробная площадь №2



Рисунок 3 - Культуры сосны обыкновенной, возраст 12 лет, пробная площадь №3



Рисунок 4 - Культуры сосны крымской, возраст 12 лет, пробная площадь №4

Для возможности проведения исследований нами были заложены 5 пробных площадей, на которых главным породами являются сосна крымская, сосна Станкевича и сосна

обыкновенная. Сосновые насаждения представлены лесными культурами в возрасте от 10 до 12 лет. Сводная ведомость пробных площадей приводится в таблице 1.

Таблица 1 – Сводная ведомость пробных площадей.

№	Состав	Площадь, га	Сохранность, %	Возраст, лет	Средний диаметр, см		Высота, м		Способ подготовки почвы
					см	Средний прирост, см	м	Средний прирост	
1	7Ск3СО	1,0	49	10	6.5	0,65	2.8	0,28	Бороздами
2	6Ск2Ст2СО	0,5	50	10	7.0	0,7	3.2	0,32	Бороздами
3	10СО	1,0	43	12	6.0	0,5	2.8	0,23	Бороздами
4	10Ск	1,0	65	12	7.5	0,63	3.8	0,32	Бороздами
5	10Ст	0,5	63	12	7,0	0,58	3,3	0,28	Бороздами

В результате исследований было установлено, что на территории ГКУ «Севастопольское лесничество» имеется незначительная площадь насаждений, в состав которых входит сосна обыкновенная. Стоит отметить, что выделы со стопроцентным составом сосны обыкновенной практически отсутствуют. Стоит отметить, что способ предварительной подготовки почвы на всех пробных площадях был одинаковым.

Из сводной ведомости пробных площадей можно увидеть, что сохранность чистых насаждений сосны крымской и сосны Станкевича, имеет достаточно высокий показатель – 63-65%. В то время как этот же самый показатель в чистом насаждении сосны обыкновенной составил лишь 43%. На пробных площадях со смешанным составом, включая сосну обыкновенную, показатель сохранности также оказался ниже, чем в насаждениях, в составе которой отсутствует данная порода.

Средний показатель среднегодового прироста по диаметру составил 0.6-0.7 см/год. Самый низкий показатель мы можем увидеть на пробной площади №3, на которой произрастает сосна обыкновенная.

Средний показатель среднегодового прироста в высоту составил 0.28-0.32 м/год. Самые низкие значения мы получили на пробной площади №3.

Основные функции, которые сосна крымская будет выполнять лучше, чем сосна обыкновенная, включают:

1. Устойчивость к пожарам. Сосна крымская имеет плотную кору, что обеспечивает ей защиту от огня и повышает выживаемость в пожарных условиях.

2. Поддержание биоразнообразия. Этот вид лучше сохраняет эндемичные и редкие виды флоры и фауны, которые зависят от специфических условий, создаваемых данной породой.

3. Регенерация и адаптация. Сосна крымская проявляет более быстрые темпы регенерации в случае повреждений что делает её более предпочтительной для создания лесных культур.

4. Улучшение почвы. Сосна крымская оказывает позитивное влияние на химический состав и структуру почвы, в то время как сосна обыкновенная может негативно сказываться на последних.

Заключение. Таким образом, для повышения устойчивости лесных культур рекомендовано использовать смешанные посадки сосны крымской и сосны Станкевича в условиях ГКУ "Севастопольское лесничество". Их уникальные адаптивные способности, а также положительное влияние на экосистему делают её не только ценным ресурсом для местного лесоводства, но и необходимым элементом для сохранения биологического разнообразия в подверженных антропогенной нагрузке регионах.

Список литературы

1. Адамень, А. Ф. Роль хвойных культур на Южном берегу Крыма в поддержании экологического баланса территории / А. Ф. Адамень // *Агроэкологічний журнал*. – 2011. – № 2. – С. 14-19. – EDN RUQVWN.

2. Пшеничников, Н. А. Особенности типологической структуры средиземноморских лесных формаций в горном Крыму / Н. А. Пшеничников // *Природные ресурсы : состояние и рациональное использование : материалы Международной научно-практической конференции*, Орёл, 15–16 декабря 2021 года. – Орёл: Орловский государственный университет имени И.С. Тургенева, 2022. – С. 354-365. – EDN HXSGDY.

3. Коба, В. П. Современные проблемы лесовосстановления на горельниках в горном Крыму / В. П. Коба // *Актуальные проблемы ботаники и охраны природы : Сборник научных статей Международной научно-практической конференции, посвященной 150-летию со дня рождения профессора Г.Ф. Морозова*, Симферополь, 2017. – С. 232-233. – EDN YGDPHV.

4. Салтыков, А. Н. Естественное возобновление сосны крымской на горельниках ЯГЛПЗ: оценка и перспективы использования / А. Н. Салтыков, В. В. Разумный, А. С. Гнедов // *Известия сельскохозяйственной науки Тавриды*. – 2018. – № 15(178). – С. 65-73. – EDN VQUBNJ.

References

1. Adamen, A. F. The role of coniferous crops on the southern coast of Crimea in maintaining the ecological balance of the territory / A. F. Adamen // *Agroecological journal*. - 2011. - No. 2. - P. 14-19. - EDN RUQVWN.

2. Pshenichnikov, N. A. Features of the typological structure of Mediterranean forest formations in mountainous Crimea / N. A. Pshenichnikov // *Natural resources: state and rational use: materials of the International scientific and practical conference*, Orel, December 15-16, 2021. - Orel: Oryol State University named after I.S. Turgenev, 2022. - P. 354-365. - EDN HXSGDY.

3. Koba, V. P. Modern problems of reforestation in burnt areas in the mountainous Crimea / V. P. Koba // *Actual problems of botany and nature conservation: Collection of scientific articles of the International scientific and practical conference dedicated to the 150th anniversary of the birth of Professor G. F. Morozov*, Simferopol, 2017, - P. 232-233. - EDN YGDPHV.

4. Saltykov, A. N. Natural regeneration of Crimean pine in burnt areas of the Yamal-Nenets Forestry Plant: assessment and prospects for use / A. N. Saltykov, V. V. Razumny, A. S. Gnedov // *News of the agricultural science of Tavrida*. – 2018. – No. 15(178). – pp. 65-73. – EDN VQUBNJ.

АВТОМАТИЗИРОВАННЫЙ КОМПЛЕКС ДЛЯ ОЦЕНКИ УСЛОВИЙ РОСТА, КОЛИЧЕСТВА И КАЧЕСТВА ВЫРАЩИВАЕМОГО ПОСАДОЧНОГО МАТЕРИАЛА В ЛЕСОПИТОМНИКАХ

Д.В. Кормилицын, Д.Ю. Войтов, О.В. Кормилицына, В.В. Бондаренко
Мытищинский филиал МГТУ им. Н.Э. Баумана,
г. Мытищи, Россия, e-mail: kormilicin@bmstu.ru

Аннотация. Представлен автоматизированный комплекс для инвентаризации посадочного материала в лесных питомниках с использованием беспилотного летательного аппарата (БПЛА). Приведены результаты исследований условий роста и оценки параметров сеянцев с закрытой и открытой корневыми системами на соответствие требованиям в питомниках Московской и Вологодской областей.

Ключевые слова. Автоматизированный комплекс, БПЛА, стереокамера ZED 2i, инвентаризация посадочного материала, лесной питомник, сопротивление пенетрации почвы, параметры сеянцев.

AUTOMATED COMPLEX FOR ESTIMATION OF GROWTH CONDITIONS, QUANTITY AND QUALITY OF GROWING PLANTING MATERIAL IN FOREST NURSERIES

D.V. Kormilitsyn, D.Y. Voytov, O.V. Kormilitsyna, V.V. Bondarenko
Mytishchi Branch of Bauman Moscow State Technical University,
Mytishchi, Russia, e-mail: kormilicin@bmstu.ru

Abstract. An automated complex for inventory of planting material in forest nurseries using an unmanned aerial vehicle (UAV) is presented. The results of studies of growth conditions and estimation of parameters of seedlings with closed and open root systems for compliance with the requirements in nurseries of the Moscow and Vologda regions are presented.

Keywords: Automated complex, UAV, ZED 2i stereo camera, planting material inventory, forest nursery, soil penetration resistance, seedling parameters.

Инвентаризация в лесных питомниках является ежегодным мероприятием по оценке количества и качества выращиваемого посадочного материала в соответствии с действующими стандартом и правилами [2]. Проведение инвентаризации осуществляется

методом диагональных ходов на учетных отрезках посевных строк или пробных площадках [3]. Вручную определяется количество посадочного материала и его параметры, отдельно фиксируются объем и качество стандартных экземпляров. Этот достаточно трудоемкий процесс нуждается в автоматизации, которая позволит ускорить процесс сбора данных, повысить точность измерений, оптимизировать агротехнические мероприятия и повысить эффективность управления питомником.

В связи с этим, целью наших исследований являлась экспресс-оценка условий роста и автоматизация инвентаризации посадочного материала в лесных питомниках.

Для достижения поставленной цели решались следующие задачи:

- определение сопротивления пенетрации почвы;
- проектирование и реализация технологии съемки с использованием беспилотного летательного аппарата (БПЛА);
- обработка информации с помощью специализированного программного обеспечения для реконструкции трехмерной модели исследуемого объекта;

Оценка состояния почвенных условий роста посадочного материала с использованием общепринятых показателей требует не только полевых, но и достаточно продолжительных лабораторных исследований. Поэтому вызывает интерес применение экспресс-методов диагностики, позволяющих непосредственно на объекте исследований получить данные и провести их анализ. Немаловажным условием проведения подобных исследований является сохранение почвенного покрова практически в ненарушенном состоянии, что особенно важно при изучении корнеобитаемой зоны. Таким диагностическим показателем является сопротивление пенетрации, который позволяет оценить способность почвы препятствовать (сопротивляться) внедрению в нее зонда конической формы, тем самым моделируя проникновение корней растений [4]. Чем больше значения сопротивления пенетрации почвы, тем меньше длина и распространение корней в почвенном профиле. Наряду с оценкой состояния почв в лесных питомниках, необходимо определять количество и качество выращиваемого посадочного материала, т.к. от этого зависят дальнейшие этапы процесса лесовосстановления. В настоящее время открываются широкие перспективы использования в лесном хозяйстве современных методов мониторинга, основанных на применении БПЛА [1]. Развитие данного направления может стать основой для автоматизации инвентаризации посадочного материала в лесопитомниках.

Наши исследования проводились в лесных питомниках Сергиево-Посадского и Дмитровского филиалов Мособллес, а также в Вологодском селекцентре – филиале САУ лесного хозяйства ВО «Вологдалесхоз», расположенных в районе хвойно-широколиственных (смешанных) лесов и южно-таежном районе европейской части Российской Федерации соответственно. Исследуемый посадочный материал был представлен двухлетними сеянцами ели европейской (*Picea abies* (L.) H.Karst.) с открытой (ОКС) и закрытой (ЗКС) корневыми системами. Определение параметров посадочного материала (диаметра стволика, высоту надземной части, длину корневой системы) традиционным способом проводилось с помощью штангенциркуля и линейки в соответствии с ГОСТ Р 58004-2017 [3]. Для разработки автоматизированного комплекса инвентаризации посадочного материала был собран БПЛА на котором устанавливалась стереокамера Zed 2i. Измерение сопротивления пенетрации

почвы осуществлялась пенетрографом (Penetrograph, Eijkelkamp) через каждые 5 см до глубины 70 см, объемной влажности почвы – влагомером (Moisture meter HH2, WET Sensor, Delta-T Devices Ltd.) с 10-и кратной повторностью. Исследования проводились в период с 2019 по 2025 гг.

В результате проведенных исследований установлено, что почвы изучаемых лесных питомников имеют легко- и среднесуглинистый гранулометрический состав. Объемная влажность почвы при определении сопротивления пенетрации почвы составляла 25-32 %. Значения сопротивления пенетрации почвы Дмитровского и Сергиево-Посадского лесопитомников представлены рисунке 1.

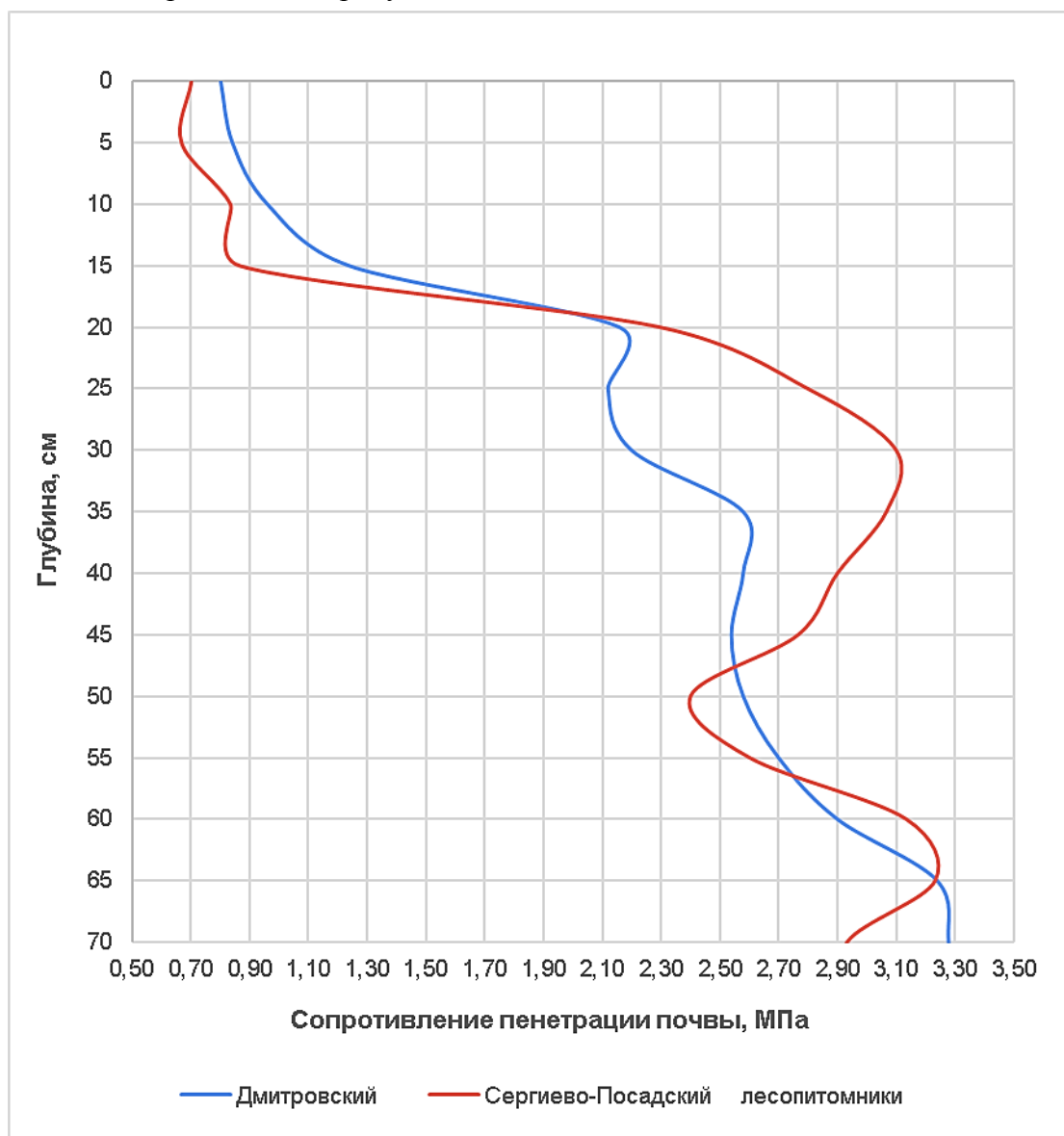


Рисунок 1 – Изменение сопротивления пенетрации почвы по глубине в Дмитровском и Сергиево-Посадском лесопитомниках

Согласно полученным данным в пахотном слое почвы до глубины 10 см значения сопротивления пенетрации не превышают 1,0 МПа, что соответствует достаточно благоприятным условиям роста корней сеянцев. На глубине 10-15 см наблюдается увеличение данного показателя до 1,24 МПа – средние условия, а с глубины 15-20 см происходит значительное увеличение значений сопротивления пенетрации почвы до значений,

превышающих 2 МПа, т.е. условия для развития корневых систем становятся неблагоприятными и критическими, и связано это с формированием плотной, плохо влаго- и воздухопроницаемой подплужной подошвы. Относительное распространение корней в пахотном горизонте глубиной до 15 см до составляет 75-60 % и снижается до 15-5 % на глубине 15-20 см. Таким образом, длина корневой системы сеянцев может достигать не менее 10-15 см, что соответствует ГОСТ 3317-90 и дает возможность применять их для посадки на почвах с избыточным и нормальным увлажнением.

Автоматизированный комплекс инвентаризации посадочного материала с использованием БПЛА основан на технологии определения свойств объектов и представляет собой совокупность аппаратной и программной части, где аппаратная часть отвечает за получение изображения реального объекта, а программная – за его обработку. Для реализации поставленных задач был собран БПЛА, на который устанавливалась стереокамера Zed 2i. Структурная схема компонентов БПЛА для выполнения поставленных задач приведена на рисунке 2.

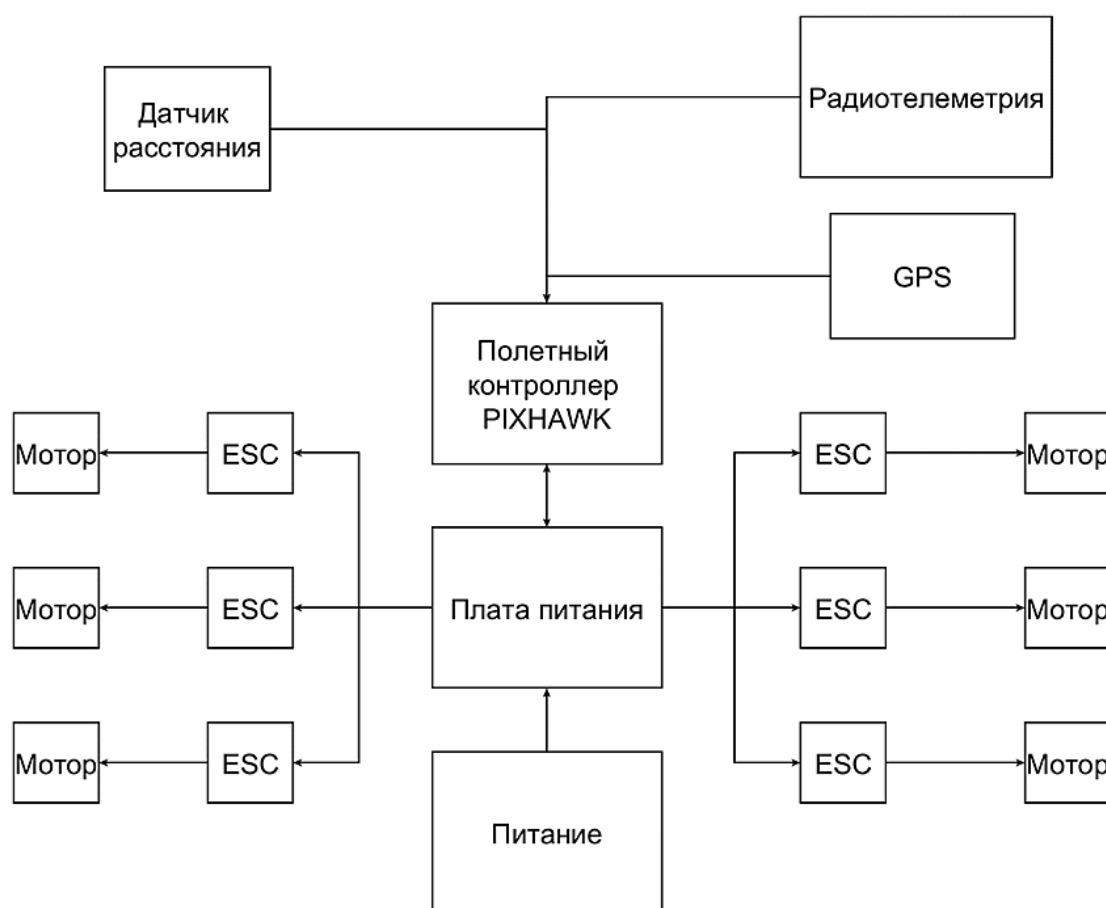


Рисунок 2 – Структурная схема компонентов БПЛА

БПЛА с установленной на нем стереокамерой осуществлял полеты над исследуемыми полями питомников на разной высоте (от трех до семи метров). На высоте трех метров достигался баланс между детализацией съемки и охватом объекта съемки. С использованием специализированного программного обеспечения стереокамеры ZED 2i была реализована процедура реконструкции трехмерной модели исследуемого объекта. Обработка модели

представляет собой совокупность алгоритмов, которые на основе трехмерной модели определяют заданные объекты (рисунок 3).

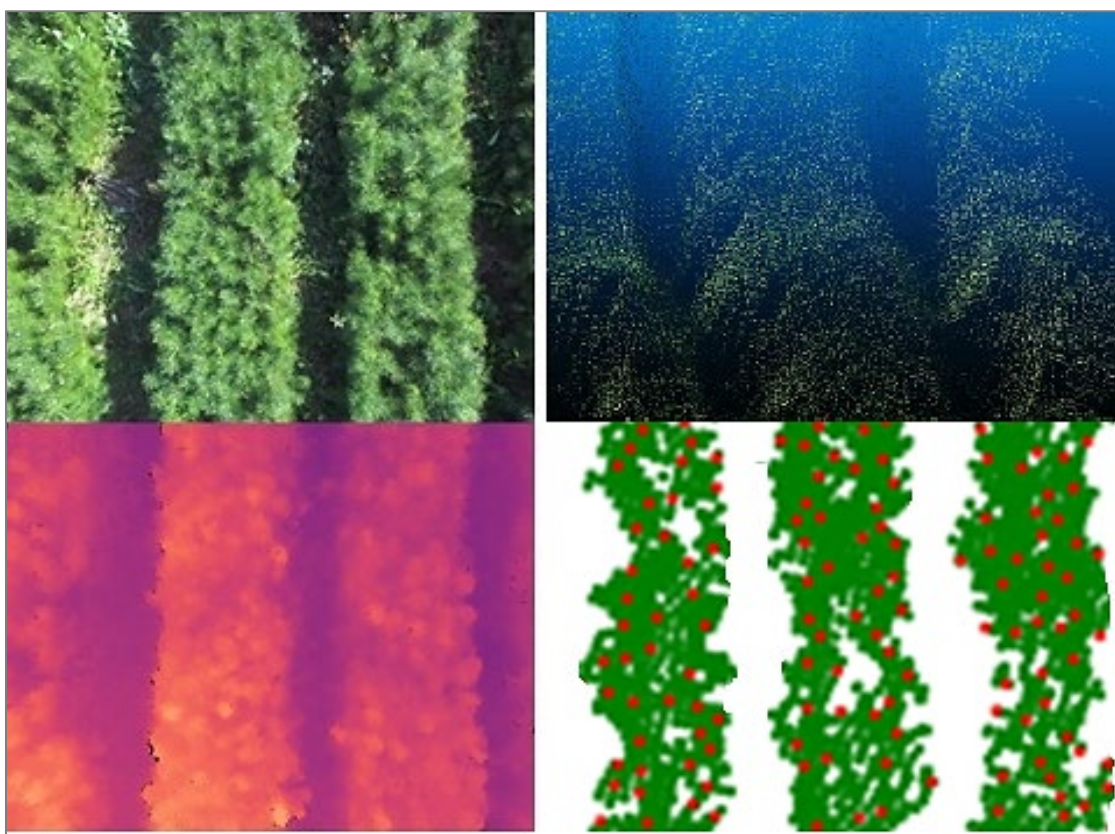


Рисунок 3 – Визуализация технологии определения свойств объектов

Завершающим этапом применения автоматизированного комплекса для инвентаризации посадочного материала является определение количества и параметров сеянцев, а также их проверка на соответствие стандартам.

Таким образом, в результате проведенных исследований можно сделать следующие выводы:

- оценка условий роста посадочного материала в лесных питомниках с помощью определения сопротивления пенетрации почвы может являться оперативным способом определения потенциальной возможности развития корневых систем сеянцев. Полученные значения этого показателя до 1,24 МПа свидетельствуют о благоприятных и средних условиях роста до глубины 15 см;
- разработанный автоматизированный комплекс для инвентаризации посадочного материала с использованием БПЛА позволяет оценить количество и параметры сеянцев, значительно сократив продолжительность определения, а также учесть все имеющиеся на площади поля экземпляры растений;
- обработка полученных данных проводится с помощью специализированного программного обеспечения и предоставляет возможность визуализации результатов для планирования и проведения мероприятий по улучшению условий роста, количества и качества посадочного материала.

Список литературы

1. Алексеев А.С., Данилов Ю.И., Никифоров А.А., Гузюк М.Е., Киреев Д.М. Опыт применения беспилотного летательного аппарата для инвентаризации и оценки опытных лесных культур Лисинской части учебно-опытного лесничества Ленинградской области // Труды Санкт-Петербургского научно-исследовательского института лесного хозяйства, 2020. № 2. С. 46-58.

2. ГОСТ Р 58004-2017. Лесовосстановление. Технические условия = Reforestation. Specifications: национальный стандарт Российской Федерации: издание официальное: утвержден и введен в действие Приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 28 ноября 2017 г. № 1847-ст: введен впервые: дата введения 2018-06-01 / разработан Федеральным бюджетным учреждением «Всероссийский научно-исследовательский институт лесоводства и механизации лесного хозяйства». – Москва: Стандартинформ, 2018. – 32 с.

3. Приказ Минприроды России от 29.12.2021 № 1024 (ред. от 03.08.2023) Об утверждении Правил лесовосстановления, формы, состава, порядка согласования проекта лесовосстановления, оснований для отказа в его согласовании, а также требований к формату в электронной форме проекта лесовосстановления (Зарегистрировано в Минюсте России 11.02.2022 N 67240) (с изм. и доп., вступ. в силу с 01.03.2025). – URL: <http://publication.pravo.gov.ru/Document/View/0001202202110024> (дата обращения: 15.05.2025).

4. Шеин, Е.В. Курс физики почв / Е.В. Шеин. – М.: МГУ, 2005. – 432 с.

References

1. Alekseev A.S., Danilov Y.I., Nikiforov A.A., Guzyuk M.E., Kireev D.M. Experience of using an unmanned aerial vehicle for inventory and assessment of experimental forest crops of the Lisinskaya part of the training and experimental forestry of the Leningrad region // Proceedings of the St. Petersburg Research Institute of Forestry, 2020. № 2. P. 46-58.

2. Order of the Ministry of Natural Resources of Russia from 29.12.2021 No.1024 (ed. from 03.08.2023) On approval of the Rules of reforestation, form, composition, procedure for approval of the reforestation project, grounds for refusal of its approval, as well as requirements to the format in electronic form of the reforestation project (Registered in the Ministry of Justice of Russia 11.02.2022 N 67240) (with amendments and additions, effective from 01.03.2025). – URL: <http://publication.pravo.gov.ru/Document/View/0001202202110024> (date of reference: 15.05.2025).

3. GOST P 58004-2017. Reforestation. Specifications: national standard of the Russian Federation: official edition: approved and put into effect by the Order of the Federal Agency for Technical Regulation and Metrology from November 28, 2017 № 1847-st: introduced for the first time: date of introduction 2018-06-01 / developed by the Federal budgetary institution «All-Russian Research Institute of Forestry and Mechanization of Forestry». – Moscow: Standardinform, 2018. – 32 p.

4. Shein, E.V. Course of soil physics / E.V. Shein. – MSU, 2005. – 432 p.

**ВЫРАЩИВАНИЕ СЕЯНЦЕВ КАНДИДАТА В СОРТ СОСНЫ ОБЫКНОВЕННОЙ
«80-ЛЕТИЕ ПОБЕДЫ» С ЗАКРЫТОЙ КОРНЕВОЙ СИСТЕМОЙ В ТЕПЛИЧНОМ
КОМПЛЕКСЕ ВОРОНЕЖСКОГО ЛЕСОПОЖАРНОГО ЦЕНТРА**

Н.Ф. Кузнецова¹, А.Н. Одинцов¹, В.И. Малышева^{1,2}

¹Всероссийский научно-исследовательский институт лесной генетики, селекции и биотехнологии, Россия, Воронеж, e-mail: veronika081088@gmail.com

²Воронежский государственный лесотехнический университет им. Г.Ф. Морозова, Россия, Воронеж, e-mail: veronika081088@gmail.com

Аннотация. В ЦЧР эффективность противоэрозионных мероприятий повысится при использовании сортового посадочного материала сосны обыкновенной. Описаны технологические этапы выращивания сеянцев с ЗКС. Приведены данные энергии прорастания и всхожести семян на 7 и 15 день проращивания засухоустойчивой популяции (кандидат в сорта «80-летие Победы»), произрастающей на меловых почвах оврагов и балок.

Ключевые слова. Сосна обыкновенная, потепление климата, засухоустойчивость, сортовые и несортовые семена, посадочный материал, закрытая корневая система.

**CULTIVATION OF SEEDLINGS OF CANDIDATE VARIETIES OF SCOTS PINE
“80TH ANNIVERSARY OF VICTORY” WITH A CLOSED ROOT SYSTEM IN THE
GREENHOUSE COMPLEX OF THE VORONEZH FOREST FIRE CENTER**

N.F. Kuznetsova¹, A.N. Odintsov¹, V.I. Malysheva^{1,2}

¹All-Russian Research Institute of Forest Genetics, Breeding and Biotechnology, Russia, Voronezh, e-mail: veronika081088@gmail.com

²Voronezh State University of Forestry and Technologies named after G.R. Morozov, Russia, Voronezh, e-mail: veronika081088@gmail.com

Abstract. The efficiency of erosion control measures in the Central-Chernozem Region will increase when using varietal planting material of Scots pine. Technological stages of growing seedlings with closed root system are described. The data of vigor and seed germination on the 7th and 15th day of seed germinate of the drought-resistant pine population (candidate variety “80th Anniversary of Victory”), growing on chalky soils of ravines and gullies are given.

Keywords: Scots pine, climate warming, drought tolerance, varietal and non-varietal seeds, planting material, closed root system

Введение. В Центральном-Черноземном районе (ЦЧР) высокие темпы потепления климата, роста овражно-балочной сети, увеличения числа засух выводят на первое место по значимости исследования по адаптивной лесной селекции [1-3]. Засухоустойчивость входит в число приоритетных ее направлений. Сосна обыкновенная (*Pinus sylvestris* L.) для создания плантационных лесных культур повышенной стрессоустойчивости является перспективной породой. Облесение оврагов и балок основная мера по сдерживанию их развития. Использование сортовых семян повысит их эффективность.

Склоновая курская популяция сосны обыкновенной была отобрана осенью после очень сильной засухи 2010 года по обилию шишек на деревьях и наличию жизнеспособного потомства естественного возобновления. Лесной массив относится к экстразональному типу лесной растительности, и представляет остатки естественного соснового леса на меловых отложениях оврагов и балок. В рамках требований адаптивной лесной селекции проведено его сортоиспытание и подана заявка на регистрацию нового сорта («80-летие Победы»). Кандидат в сорта характеризуется комплексной стрессоустойчивостью – засухоустойчивостью со способностью произрастать на меловых почвах оврагов и балок.

При проведении лесокультурных работ целесообразно использовать современные технологические приемы и способ закладки лесных культур посадочным материалом с закрытой корневой системой (ЗКС). В последние десятилетия данный способ выращивания сеянцев, как перспективная и высокотехнологичная биотехнология, получает все большее распространение в лесном хозяйстве России [4].

Целью исследований являлось изучение энергии прорастания, лабораторной и грунтовой всхожести семян курской популяции сосны обыкновенной (кандидат в сорта «80-летие Победы»); рассмотреть основные технологические вопросы выращивания стандартных сеянцев с ЗКС для производственных целей и экспериментальных исследований.

Объекты и методика исследований

Курская популяция сосны обыкновенной (Курская область, Горшеченское лесничество, III бонитет) представлена старовозрастными семенными деревьями и разновозрастным потомством естественного возобновления на склонах и крутых меловых откосах оврагов и балок, где лесокультурные работы не проводились. Объектом исследования служили 30 случайно отобранных деревьев: 18 старовозрастных семенных и 12 плодоносящих растений самосева старшей возрастной группы.

Лабораторную всхожесть семян определяли подеревно в группе семенников и самосева в соответствии со стандартом «Семена деревьев и кустарников», ГОСТ 13056.8-97. Проращивание семян проводили при температуре 22-24°C (100 семян на одну партию пробы). Энергию прорастания семян определяли на 7 день, лабораторную всхожесть на 15 день после начала проращивания семян, грунтовую всхожесть на 21 день после посева семян в грунт. Статистическую обработку проводили с помощью пакета программного обеспечения MS Excel-2010.

Определение грунтовой всхожести семян и выращивание посадочного материала с ЗКС кандидата в сорт проводили в тепличном комплексе «Воронежский лесопожарный центр». Основной вид его деятельности – выращивание посадочного материала с ЗКС для проведения лесовосстановительных работ в Воронежской области. Основными преимуществами

посадочного материала с ЗКС является низкий расход семян при точечном высеве и сокращенные сроки достижения стандартных размеров в тепличных условиях.

Результаты и их обсуждение

Курская популяция отличается от равнинных сосновых лесов по бонитету, фенотипу деревьев, срокам вступления в фазу семеношения и механизмам адаптации. Отличительной ее особенностью является более плотная крона при небольшой высоте деревьев и мощная поверхностная корневая система. Растения переходят в фазу семеношения в более раннем возрасте. Женское цветение начинается в 6-7-летнем возрасте. У 8-летних растений наблюдается мужское и женское цветение. В 10-12-летнем возрасте мужской ярус занимает площадь более трети поверхности кроны. Сортоизучение в засушливые годы показало повышенную засухоустойчивость старовозрастных семенных деревьев и самосева.

Полный производственный технологический цикл выращивания сеянцев хвойных пород с закрытой корневой системой, включая вопросы семеноводства, использования контейнеров разных размеров, состава применяемого субстрата для создания оптимальных условий для роста сеянцев приведен в монографии А.В. Жигунова [5]. Эксперимент по оценке состояния сеянцев курской популяции с ЗКС проводится в специализированном тепличном комплексе «Воронежский лесопожарный центр». Его продуцирующая площадь – 1,66 га, в том числе 4 теплицы и 5 площадок закаливания (Рис. 2). Температурный режим в пределах 20-25⁰С при относительной влажности воздуха 80-95%. В теплице и на площадках закаливания установлены подвесные поливочные рампы с форсунками.

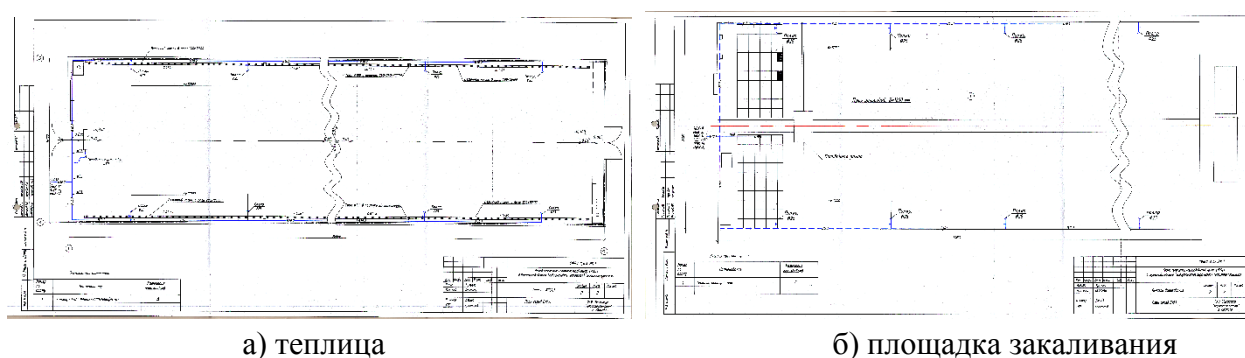


Рисунок 2. Схема теплиц (а) и площадок закаливания (б)

Для посева семян использовались контейнеры на 40 ячеек (*BCC SIDESLIT 40 – 120 cc*) с параметрами: 352 x 216 x 110 мм. Ячейки имеют вертикальные вырезы и отверстия для механизированного извлечения торфяного кома с корнями без разрушения (рис. 2).



Д x Ш x В (мм):	352x216x110
Кол-во ячеек:	40
Ячейка/м²:	526
Объем ячейки	120

Рисунок 2. Контейнер *BCC SIDESLIT 40 – 120 cc* для выращивания сеянцев сосны обыкновенной с ЗКС

Посев семян проводился вручную (1 семя в 1 ячейку) из-за небольшого количества семян. Для выращивания сеянцев использовался торфяной субстрат (верховой торф моховой группы резной и фрезерный, размер фракции 0-10 мм). Степень разложения не более 20%, влажность не более 65%, влагоемкость не менее 600%.

Необходимо отметить, что при выращивании посадочного материала курской популяции с ЗКС кассеты заполнялись почвенным субстратом на специальной линии. Поэтому его плотность во всех ячейках одинаковая. Наполнение кассеты проводится с таким расчетом, чтобы поверхность субстрата в ячейке была ниже ее верхнего края на 0,5 см. В центре каждой ячейки делается небольшое углубление для семени. В качестве мульчирующего материала использовали вермикулит вспученный марки 150, фракция 1-2 мм. Он позволяет оптимизировать режим влажности субстрата вблизи прорастающих семян, подавляет развитие мхов и водорослей, снижает вероятность теплового повреждения всходов в жаркие солнечные дни. Толщина слоя мульчи для сосны не превышает 3 мм.

Засеянные кассеты перемещены в теплицу, где проведен их полив. Время первого полива считается сроком посева семян в теплицах. В течение 2–3 дней происходит активное поглощение влаги и набухание семян, поэтому полив был коротким и частым. Интенсивный полив прекратился после того, как кассеты достигли 90% предельной их массы (предельная масса кассеты). Излишне обильные поливы способствуют разжижению поверхности торфа, а после его высыхания – образованию корки, ухудшающей пористость и аэрацию субстрата.

Считается, что засухоустойчивость не столько выживание вида во время засухи, сколько сохранение его способности воспроизводить жизнеспособное потомство. Данные оценки посевных качеств семян курской популяции приведены на рисунке 3 и таблице 1.

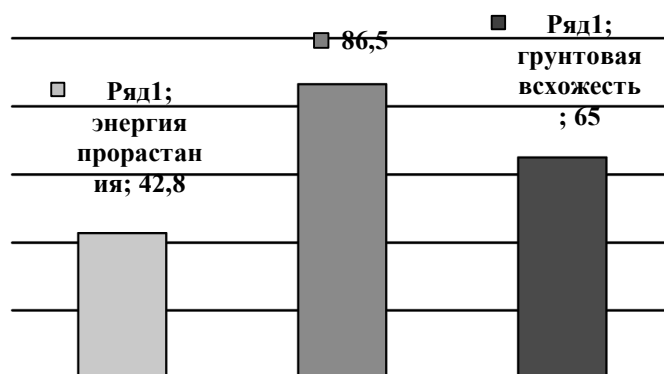


Рисунок 3. Показатели энергии прорастания семян, лабораторной и грунтовой всхожести семян курской популяции сосны обыкновенной

Первые, единичные всходы появились на 3-й день проращивания семян. Энергия прорастания семян составляет 42,8%. Всхожесть семян оценивали в лабораторных условиях отдельно для каждого дерева случайной выборки. Диапазон значений варьировал в пределах от 59,6% до 95,9%, при достаточно высоком среднем показателе – $86,5 \pm 1.74\%$. Вариабельность признака низкая ($CV=11.8\%$). На юге зоны видового оптимума сосны (лесостепная зона) лабораторная всхожесть выше 82% относится к I классу качества семян. Уровень грунтовой всхожести семян составляет 65% (III класс качества семян).

Таблица 1. Энергия прорастания и грунтовая всхожесть семян склоновой курской популяции сосны обыкновенной (кандидат в сорт «80-летие Победы»)

№ кассет для высева	Количество засеянных ячеек, шт.	Энергия прорастания за 7 дней, % (грунтовая)		Всхожесть за 15 дней проращивания, % (грунтовая)	
		шт.	%	шт.	%
1	40	26	65	31	77,5
2	40	18	45	27	67,5
3	40	22	55	30	75
4	40	8	20	32	80
5	40	10	25	15	37,5
6	40	21	52,5	21	52,5
7	40	18	45	29	72,5
8	40	29	72,5	31	77,5
9	40	18	45	27	67,5
10	40	21	52,5	23	57,5
11	40	18	45	27	67,5
12	40	10	25	29	72,5
13	40	11	27,5	31	77,5
14	40	15	37,5	22	55
15	40	17	42,5	26	65
16	40	16	40	26	65
17	40	19	47,5	26	65
18	40	13	32,5	20	50
19	40	15	37,5	31	77,5
20	40	23	57,5	25	62,5
21	40	18	45	23	57,5
22	40	14	35	27	67,5
23	40	10	25	24	60
24	40	21	52,5	24	60
25	40	17	42,5	23	57,5
Итого:	1000	428	42,8	650	65,0

Для курской популяции сосны обыкновенной, произрастающей на неудобьях (крутые склоны оврагов и балок, бедные меловые почвы, III бонитет), выявленные различия между лабораторной и грунтовой всхожестью семян свидетельствуют об интенсивном отборе, который протекает, как в ходе формирования семян, так и во время их прорастания. Селективное их выживание повышает адаптацию семенных потомств каждого поколения к специфике лесорастительных и климатических условий своего местообитания.

Выводы:

Деревья кандидата в сорт сосны обыкновенной «80-летие Победы» имеют специфический фенотип, пониженную вегетативную и высокую семенную продуктивность.

Лесной массив отличает обильный жизнеспособный подрост естественного возобновления, что от поколения к поколению обеспечивало выживание вида на склонах оврагов и балок с близким залеганием меловых почв.

Установленные существенные различия между лабораторной и грунтовой всхожестью семян свидетельствуют о том, что при прорастании семян происходит отбор потомств, которые наиболее адаптированы к произрастанию на неудобьях и характеризуются комплексной стрессоустойчивостью (засухоустойчивость в сочетании со способностью произрастать на меловых почвах оврагов и балок).

Список литературы

1. Зорина Е.Ф. Овражная эрозия: закономерности и потенциал развития. – М.: Изд-во ГЕОС, 2003. – 170 с.
2. Кузнецова Н.Ф. Изменение климата и его влияние на жизненное состояние лесостепных популяций сосны обыкновенной Русской равнины // Лесохозяйственная информация. – 2023. – № 2. – С. 27–42.
3. Spathelf P., Stanturf J., Kleine M., Jandl R., Chiatante D., Bolte A. Adaptive measures: integrating adaptive forest management and forest landscape reforestation / P. Spathelf, J. // *Annals For. Sci.* – 2018. – No 2 (75). – Article 5.
4. Кузнецова Н.Ф. Адаптивная селекция сосны обыкновенной на засухоустойчивость: природа и сортоиспытание // Вестник Поволжского государственного университета. Серия: Лес. Экология. Природопользование. – 2023. – № 1 (57). – С. 58-72.
5. Жигунов А.В. Теория и практика выращивания посадочного материала с закрытой корневой системой (лесокультурное производство): Учебное пособие. – СПб: СПбГЛТА, 2008. – 156 с.

References

1. Zorina E.F. Gully erosion: regulations and development potential. – Moscow: GEOS Publ., 2003. – 170 p.
2. Kuznetsova N.F. Climate change and its impacts on the vital state of forest-steppe populations of the Scots pine of the Russian plain // *Forestry Information.* – 2023. – No. 2. – P. 27-42.
3. Spathelf P., Stanturf J., Kleine M., Jandl R., Chiatante D., Bolte A. Adaptive measures: integrating adaptive forest management and forest landscape reforestation / P. Spathelf, J. // *Annals For. Sci.* – 2018. – No 2 (75). – Article 5.
4. Kuznetsova N.F. Adaptive breeding of Scots pine for drought tolerance^ nature and variety testing // *Vesting of Volga State University of Technology. Series: Forest. Ecology. Nature Management.* – 2023. – No 1 (57). – P. 58-72.
5. Zhigunov A.V. Theory and practice of growing planting material with closed root system (sylvicultural production). Training manual. – SPb.: SPbGLTA, 2008. – 156 p.

АНАЛИЗ СОСТОЯНИЯ ЛЕСОСЕМЕННОЙ ПЛАНТАЦИИ ПСЕВДОТСУГИ МЕНЗИСА В УСЛОВИЯХ СЕМИЛУКСКОГО КОЛЛЕКЦИОННО - МАТОЧНОГО ДЕНДРАРИЯ ВОРОНЕЖСКОЙ ОБЛАСТИ

С.В. Левин¹, И.С. Левин²

¹ФГБУ «Всероссийский научно-исследовательский институт лесной генетики, селекции и биотехнологии», г. Воронеж, Россия

²ФГБОУ ВО «Воронежский государственный лесотехнический университет имени Г.Ф. Морозова», г. Воронеж, Россия

Аннотация. На основании полученных показателей исследования можно сделать заключение об отзывчивости псевдотсуги Мензиса на благоприятные изменения экологических условий с ее продуктивным запасом стволовой древесины. Корреляционные связи комплексного оценочного показателя (КОП) с другими таксационными показателями подчеркивают слабую роль взаимовлияния деревьев друг на друга в насаждении. Так, как редкое размещение посадочных мест 5×8 м на лесосеменной плантации обеспечивает сбор семян лишь на раннем этапе, то с точки зрения производительности объекта, целесообразно осуществлять обрезку центрального проводника для получения 2-х стволов и апробировать метод закладки культур последующего поколения под полог насаждения плантации по широкому междурядью (8 м).

Ключевые слова: таксационные показатели; интродукция; псевдотсуга Мензиса; запас стволовой древесины; размещение посадочных мест.

ANALYSIS OF THE STATE OF THE PSEUDOTSUGA MENZIES WOOD-SEED PLANTATION IN THE CONDITIONS OF THE SEMILUKSKY COLLECTION AND UTERINE ARBORETUM OF THE VORONEZH REGION

S.V. Levin¹, I.S. Levin²

¹ Federal State Budgetary Institution "All-Russian Research Institute of Forest Genetics, Breeding and Biotechnology", Voronezh, Russia

² Voronezh State University of Forestry and Technologies named after G.F. Morozov, Voronezh, Russia

Abstract. Based on the obtained research indicators, it is possible to draw a conclusion about the responsiveness to favorable changes in the environmental conditions of the Menzies pseudo-arc with its productive stock of stem wood. The correlations of the integrated assessment indicator (CPC)

with other taxation indicators emphasize the weak role of the mutual influence of trees on each other in planting. Since the rare placement of 5×8 m planting sites on a wood-seed plantation ensures seed collection only at an early stage, from the point of view of the facility's productivity, it is advisable to prune the central conductor to obtain 2 trunks and test the method of laying next-generation crops under the canopy of the plantation along a wide row spacing (8 m).

Keywords: taxation indicators; introduction; *Menzies pseudotsuga*; stock of stemwood; placement of planting places.

Введение. Считается, что род *Pseudotsuga* возник в Северной Америке в качестве видов: *P. macrocarpa* и *P. menziesii* и распространился в Восточную Азию через Берингов пролив в раннем олигоцене. В настоящее время по одному виду обитает в Японии (*P. japonica*) и на Тайване (*P. wilsoniana*), а также несколько в Китае (*P. brevifolia*, *P. forrestii*, *P. gaussenii* и *P. sinensis*), хотя существуют некоторые споры о том, действительно ли китайские виды отличаются друг от друга [9]. В филогенетическом отношении большинство видов очень близки. Кариотип всех видов псевдотсуги содержит 12 пар хромосом, и лишь у псевдотсуги Мензиса (*Pseudotsuga menziesii* (Mirb.) Franco) хромосомный набор состоит из 13 пар, что объясняет ее большую адаптивность по сравнению с другими видами рода [2].

Псевдотсуга Мензиса – основная лесохозяйственная порода Северной Америки, одна из ведущих лесокультурных пород Западной Европы и один из перспективных интродуцентов для лесной культуры в пределах европейской части Российской Федерации. По данным интродукционного испытания в европейской части СССР вид рекомендован для массового внедрения в лесную культуру в районах, характеризующихся суммой температур 1950°C и выше, коэффициентом 0,9 и более; выдерживает температуру до – 41°C [2]. Уже в 50-х годах прошлого столетия горная форма зеленой псевдотсуги (*Pseudotsuga taxifolia* Britt.) рекомендовалась в зеленом строительстве на обширной территории европейской части СССР – в прибалтийских республиках, Белоруссии, в Центральной лесостепи до линии Тамбов – Саратов, в Украине, в городах степного Крыма и Ростовской области, на юго-востоке от Саратова до Волгограда, на Северном Кавказе и по всему Черноморскому побережью Кавказа и на южном берегу Крыма [6]. К фактам, подтверждающим высокую степень засухоустойчивости породы, можно отнести ее произрастание: на песках в условиях Ростовской области (Обливское ОПХ ВНИАЛМИ) [4], на каштановых почвах сухостепной зоны [5] и в условиях Северного Казахстана [3].

Толерантную модель почвенных условий, при которых вид формирует насаждения I–I^a бонитетов [2], позволила определить математическая обработка (при 5%-ном уровне значимости) данных 28 почвенных разрезов, выполненная в лаборатории интродукции ЦНИИЛГиС (ныне ВНИИЛГИСБиотех). Сведения по ней приводятся ниже:

- мощность почвенного горизонта – 96 и более см;
- порозность корнеобитаемого слоя – 45 и выше %;
- механический состав (содержание частиц физической глины) – 16–30%;
- рН солевой – 3,9–4,4 до нейтральной;
- содержание гумуса – 1,2 и более %;

- поглощенные основания- 2,5 и более мг–экв на 100г почвы;
- степень насыщенности основаниями– 29–53%;
- влажность почвы– 2,2–2,9 (свежая, влажная).

Отсюда порода успешно произрастает на бурых лесных, дерново–подзолистых, светло–серых лесных почвах, выщелоченных черноземах, а также гумусированных песках, что соответствует следующим типам лесорастительных условий: В₂₋₃, С₂₋₃, Д₂₋₃.

Исследования по составу смешения породы с местными лесообразователями показали, что псевдотсуга способна произрастать в смеси с елью обыкновенной (*Picea abies* (L.) Karst.) и сосной Веймутова (*Pinus strobus* L.) при любом соотношении; а в случаях произрастания с дубом черешчатым (*Quercus robur* L.) оптимальным следует считать соотношение 50/50 [2]. Показано, что объяснения столь широкому спектру взаимоотношений псевдотсуги с различными видами следует искать в строении ее корневой системы [8]. Высокая плотность ее тонких корней в более глубоких слоях почвы способствует снижению межвидовой конкуренции за питательные вещества с другими видами деревьев, кустарников и интерпретируется как разделение экологических ниш.

Также многолетние исследования хода роста насаждений псевдотсуги, проводившиеся лабораторией интродукции ЦНИИЛГиС в оптимальных климатических почвенных условиях, дали возможность составить эскиз таблиц хода роста для насаждений I^a бонитета [2].

Целью настоящей работы является выявление особенностей развития псевдотсуги Мензиса в условиях интродукции на территории Семилукского коллекционно–маточного дендрария (КМД) Воронежской области.

Материалы и методы исследований. В Воронежской области примером произрастания псевдотсуги Мензиса является насаждение на территории Семилукского КМД. В кварталах № 81-83 расположена лесосеменная плантация (рис.2б) возрастом 43 года. Она создана посадкой 3–х летних сеянцев на выщелоченном черноземе при типе лесорастительных условий–свежая дубрава (Д₂) с размещением посадочных мест 5×8 м. У деревьев исследуемого вида ежегодно наблюдается семеношение. На объекте выявлен обильный самосев и подрост (рис 1.а) на сопредельных территориях (рис.1б).



а)



б)

Рис. 1- Наличие на объекте обильного самосева - а; подроста на сопредельной территории – б

По стандартизированной методике описания определялись таксационные параметры деревьев. Статистическая обработка данных проводилась с помощью программных пакетов «Statistika 6» и «Microsoft Excel 2000» (табл.1). Шкала, специально разработанная для древесных растений, применялась для характеристики изменчивости по коэффициентам вариации (C_v , %). Оценка парных корреляционных зависимостей между параметрами давалась с помощью коэффициента корреляции (r).

Результаты исследования и их обсуждение. Лесосеменная плантация (кв.№ 81–83) - это насаждение I^a бонитета с абсолютной полнотой: 26,7м² и запасом стволовой древесины 244,2 м³/га. Результаты по вариационной статистике таксационно – лесоводственных показателей на объекте приведены в таблице 1.

Таблица 1 – Результаты вариационной статистики по таксационно – лесоводственным показателям на объекте

Таксационные показатели	Результаты вариационной статистики				
	M	m	σ	P, %	C_v , %
Д, см	40,4	0,47	7,48	0,93	18,5
Н, м	19,8	0,13	2,12	0,26	10,7
Н ж.в., м	8,0	0,18	2,82	0,35	35,3
Дк., м	7,4	0,11	1,28	0,21	17,3
L, %	59,4	0,89	14,1	1,76	23,7
V, м ³	1,22	0,03	0,47	0,06	38,9
КОП, см/см ²	1,7	0,05	0,85	0,11	49,1

Примечание: Д, см – диаметр ствола; Н, м – высота дерева; Нж.в., м – высота прикрепления живой ветви; Дк., м – диаметр кроны; L, %- протяженность кроны; V, м³ – объем ствола; КОП, см/см² – комплексный оценочный показатель

На основании данных таблицы 1 по таким показателям как: диаметр ствола, высота дерева, диаметр кроны и ее протяженность наблюдается однородность совокупности их величин (<33%). Учитывая возраст насаждения, можно говорить о максимуме возможностей развития насаждения при столь редком размещении посадочного материала. К этому следует добавить, что в насаждении произошло смыкание крон в 5-тиметровом междурядьи лишь в диапазоне 5-7% и отсутствует в междурядьи 8м. Более высокая степень изменчивости по высоте прикрепления живой ветви (35,3%), объему ствола (38,9%) характеризуют особенности развития отдельных деревьев на объекте, которые по разному проявили себя в развитии. На основании величин комплексного оценочного показателя (КОП) наблюдается высокая степень изменчивости (49,1%).

Парная корреляционная связь величин исследуемого признака КОП с другими таксационными показателями нашла отражение в таблице 2.

Таблица 2 – Корреляционная зависимость показателей на объекте

Показатели	Д, см	Н, м	нж.в., м	L, %	Дк., м	V, м ³
Н, м	0,22					
нж.в., м	-0,25	0,15				
L, %	0,30	0,11	-0,96			
Дк., м	0,43	0,35	-0,40	0,50		
V, м ³	0,92	0,51	-0,21	0,33	0,50	
КОП, см/см ²	-0,86	-0,01	0,17	-0,16	-0,24	-0,70

При оценке состояния (КОП) лесосеменной плантации из ряда важных таксационных признаков влиятельными остаются лишь диаметр ствола ($r = -0,86$) и его объем ($r = -0,70$). В целом по всем таксационным показателям корреляционные связи показателя КОП подчеркивают слабую роль взаимовлияния деревьев друг на друга в насаждении. Если рассматривать размещение деревьев как закономерность в их расположении с учетом типа лесорастительных условий, биологии вида и структуры, то в результате подхода 5×8 м не получается экономически выгодное решение получения объема древесины. Кроме этого соответствующее размещение утратило значение, как возможный источник сбора семян, при высоте прикрепления живой ветви в среднем на отметке 8 м и густом расположении мертвых сучьев по стволу (рис.2б).



а)



б)

Рис. 2– Деревья с двумя стволами на объекте – а; общий вид – б

Как выход из данной ситуации при размещении 5×8 м можно говорить о необходимости сажать на одно посадочное место не менее 3-х саженцев с целью проявления биологических особенностей вида, как более теневыносливого, либо применить обрезку центрального побега на начальном этапе до возраста 7-8 лет для формирования 2-х стволов.

С целью обоснования вышеизложенных подходов произведен расчет запаса стволовой древесины к возрасту 43 лет при наличии у деревьев всего насаждения по 2 ствола, который составил бы $465 \text{ м}^3/\text{га}$ при имеющейся сохранности 73,2%, превышая результат настоящего исследования ($244,2 \text{ м}^3/\text{га}$) на 90,5%. Расчет произведен по полученным средним таксационным показателям 2-х ствольных деревьев насаждения: диаметру ствола – 34,8 см и высоте дерева – 20,6 м (рис.2) Если сравнивать ожидаемый результат по запасу стволовой древесины псевдотсуги с табличными данными насаждений возрастом 43 года при I^a бонитете: ели ($440,8 \text{ м}^3/\text{га}$) и сосны ($414 \text{ м}^3/\text{га}$) [7], то мы наблюдаем превышение запаса древесины псевдотсуги. Учитывая, что запас древесины елового и соснового насаждений

сформирован за счет разного количества стволов при соответствующих средних диаметрах стволов и высотах деревьев, мы имеем следующие итоги по результатам товарных таблиц [1] (табл.3), где проявляются преимущества псевдотсуги по выходу сортиментов.

Таблица 3 – Сравнительный анализ древесины по товарным таблицам для древостоев при возрасте 43 лет и Ia бонитете

Порода, нахождение	Д, см.	Н, м	N, шт.	Полнота, м ² /запас, м ³ /га	Выход сортиментов, % к запасу деловой					Итого деловой, %
					Пило-вочник	Строит. бревно	Шпальник	Руд-стойка	Балансы	
Ель (табл.)	17,5	17,5	2180	47,5/ 440,8	26	7	–	27	40	83
Сосна (табл.)	20,3	19,5	1317	41,9/ 414	43	17	1	30	9	86
Псевдотсуга										
Семилуки	35,0	20,5	500	48,1/ 465	57	5	16	3	19	87
Ареал	15,8	18,9	1720	31,1/ 320	21	6	–	28	47	83
Украина	21,6	20,0	973	35,3/ 345	38	9	2	16	35	85

Примечание: Д, см – диаметр ствола; Н, м – высота дерева; N, шт- количество стволов

Выводы. В насаждении корреляционные связи признака комплексного оценочного показателя (КОП) с другими таксационными показателями подчеркивают слабую роль взаимовлияния деревьев друг на друга. При этом применение обрезки центрального проводника на раннем этапе развития у псевдотсуги дает неоспоримые преимущества, как в общем объеме запаса стволовой древесины, так и с точки зрения сортиментного распределения деловой древесины, при сохранении пространства между деревьями для осуществления сбора семян на раннем этапе и возможности апробирования метода закладки культур последующего поколения под полог насаждения по широкому междурядью (8 м).

Список литературы

1. Анучин Н. П. Сортиментные и товарные таблицы. — 7-е изд., перераб. и доп. - М.: Лесная пром-сть, 1981.- 536 с.
2. Калущий, К.К. Древесные экзоты и их насаждения: Справочное издание/ К.К. Калущий, Н.А. Болотов, Д.М. Михайленко. – М.: Агропромиздат, 1986. 271 с.
3. Крекова, Я. А., Залесов С.В. Лжетсуга (*Pseudotsuga Carr.*) в коллекционных насаждениях Северного Казахстана/ Я. А. Крекова, С.В. Залесов// Леса России и хозяйство в них. -2016. -№3 (58). – С.47-52
4. Левин, И. С. Оценка развития псевдотсуги Мензиса (*Pseudotsuga Menziesii* (Mirb.) Franco) в условиях лесостепного района европейской части России/ И. С. Левин // Вестник Ижевской государственной сельскохозяйственной академии. 2024. № 2(78). С. 73-81. https://doi.org/10.48012/1817-5457_2024_2_73-81.
5. Семенютина, А. В., Сапронова, Д. В. (2022). Ретроспективный анализ интродукции *Pseudotsuga menziesii* (Mirb.) Franco для прогноза эффективности её применения в Нижнем Поволжье. Вопросы экологии, 12(1), 81–102. <https://doi.org/10.25726/j4449-9021-1960-y>

6. Справочник по декоративным деревьям и кустарникам европейской части СССР. – М.: Издательство министерства коммунального хозяйства РСФСР, 1953. - 530с.
7. Третьяков, Н.В. Справочник таксатора: Таблицы для таксации леса / Н. В. Третьяков, П. В. Горский, Г. Г. Самойлович. – М.- Л.: Гослесбумиздат, 1952. - 854 с.
8. Schmid, M., Pautasso, M., Holdenrieder, O. (2013). Ecological consequences of Douglas fir (*Pseudotsuga menziesii*) cultivation in Europe. *European Journal of Forest Research*, 133(1), 13–29. doi:10.1007/s10342-013-0745
9. Wohlgemuth, T., Moser, B., Pötzelsberger, E., Rigling, A., Gossner, M.. (2021) Über die Invasivität der Douglasie und ihre Auswirkungen auf Boden und Biodiversität. *Schweiz Z Forstwes* 172(2): 118–127

References

1. Anuchin N. P. Sorting and commodity tables. — 7th ed., revised and add. - M.: Forestry industry, 1981. 536 p.
2. Kalutsky, K.K. Tree exotics and their plantings: A reference edition / K.K. Kalutsky, N.A. Bolotov, D.M. Mikhailenko. – M.: Agropromizdat, 1986. 271 p.
3. Krekova, Ya. A., Zalesov, S.V. *Pseudotsuga (Pseudotsuga Carr.) in the collection plantings of Northern Kazakhstan/ Ya. A. Krekova, S.V. Zalesov// Forests of Russia and the economy in them.* 2016. №3 (58). Pp.47-52
4. Levin, I. S. Assessment of the development of *Pseudotsuga Menziesii* (Mirb.) Franco in the conditions of the forest-steppe region of the European part of Russia/ I. S. Levin // *Bulletin of the Izhevsk State Agricultural Academy*. 2024. № 2(78). Pp. 73-81. https://doi.org/10.48012/1817-5457_2024_2_73-81
5. Semenyutina, A.V., Saprionova, D. V. (2022). A retrospective analysis of the introduction of *Pseudotsuga menziesii* (Mirb.) Franco to predict the effectiveness of its use in the Lower Volga region. *Environmental Issues*, 12(1), 81-102. <https://doi.org/10.25726/j4449-9021-1960-y>
6. Handbook of ornamental trees and shrubs of the European part of the USSR. Moscow: Publishing House of the Ministry of Public Utilities of the RSFSR, 1953. 530p.
7. Tretyakov, N.V. Taxator's Handbook: Tables for forest taxation / N. V. Tretyakov, P. V. Gorsky, G. G. Samoilovich. – М.- Л.: Goslesbumizdat, 1952. 854 p.
8. Schmid, M., Pautasso, M., Holdenrieder, O. (2013). Ecological consequences of Douglas fir (*Pseudotsuga menziesii*) cultivation in Europe. *European Journal of Forest Research*, 133(1), 13–29. doi:10.1007/s10342-013-0745
9. Wohlgemuth, T., Moser, B., Pötzelsberger, E., Rigling, A., Gossner, M.. (2021) Über die Invasivität der Douglasie und ihre Auswirkungen auf Boden und Biodiversität. *Schweiz Z Forstwes* 172(2): 118–127.

ДИНАМИКА ПОКАЗАТЕЛЕЙ МАССЫ СЕМЯН ЛИСТВЕННИЦЫ ЕВРОПЕЙСКОЙ ЗА ШЕСТИЛЕТНИЙ ПЕРИОД В УСЛОВИЯХ СЕВЕРО-ВОСТОЧНОГО ПОДМОСКОВЬЯ

П.Г. Мельник^{1,2}, А.П. Королева², М.С. Терехина²

¹Институт лесоведения РАН,

с. Успенское, Россия, e-mail: melnik_petr@bk.ru

²Мытищинский филиал ФГБОУ ВО «Московский государственный технический
университет имени Н.Э. Баумана»,

г. Мытищи, Россия, e-mail: Anastasia.corolyova@yandex.ru, terekhinamarina04@gmail.com

Аннотация. Исследования урожайности лиственницы европейской в условиях северо-востока Московской области, показали ежегодное семеношение породы, самыми урожайными были 2020 и 2022 гг. Наибольшее значение массы 1000 семян 6,3 г зафиксировано в 2021 и 2024 гг., что на 27% больше, чем в 2022 г. Самый максимальный урожай семян лиственницы европейской был в 2020 г. 8,6 кг на 1 га, минимальный годичный урожай в 2024 г. – 1,1 кг.

Ключевые слова. Лиственница европейская, урожай, масса семян, динамика, Никольская лесная дача, Подмосковье

SIX-YEAR DYNAMICS OF SEED MASS IN EUROPEAN LARCH UNDER NORTHEASTERN MOSCOW REGION CONDITIONS

P.G. Mel'nik^{1,2}, A.P. Koroleva², M.S. Terekhina²

¹Institute of Forestry of the Russian Academy of Sciences,

Uspenskoye, Russia, e-mail: melnik_petr@bk.ru

²Bauman Moscow State Technical University (Mytishchi Branch), Mytishchi, Russia,
e-mail: Anastasia.corolyova@yandex.ru, terekhinamarina04@gmail.com

Abstract. Studies on the seed productivity of European larch in the northeastern part of the Moscow Region have shown that the species produces seeds annually. The most productive years were 2020 and 2022. The highest 1000-seed mass, 6.3 grams, was recorded in 2021 and 2024, which is 27% higher than in 2022. The maximum seed yield of European larch was observed in 2020, amounting to 8.6 kg per hectare, while the minimum annual yield was recorded in 2024 at 1.1 kg per hectare.

Keywords: European larch, seed yield, seed weight, dynamics, Nikolskaya Dacha (Forest Estate), Moscow Region

Задача лесоведения изучить урожаи семян древесных пород, прежде всего основных лесообразователей в различных географических, экологических и биогеоценотических условиях произрастания, и установить закономерности связи количества и качества семян в зависимости от условий местопроизрастания [5]. К ценным лесообразующим породам относится лиственница европейская, которая в условиях Подмоскovie имеет высокую продуктивность, а прекрасные результаты возобновления за пределами естественного ареала показывают устойчивость и жизнеспособность этой породы в новых условиях, что особенно важно для пород-интродуцентов [3, 5].

Цель работы: изучить особенности семеношения и динамики показателей массы семян у лиственницы европейской в условиях северо-восточного Подмоскovie.

Материалы и методика. Все методы количественной оценки урожая древесных растений сводятся к определению массы семян, которые можно заготовить с того или иного лесосеменного объекта [1]. Объект исследования расположен на территории Никольской лесной дачи в Воря-Богородском участковом лесничестве Щёлковского учебно-опытного лесхоза Московской области. Эксперименты по изучению особенностей диссеминации лиственницы европейской проводятся на объекте с 2011 г. [2]. Материнское насаждение представлено культурами лиственницы европейской, созданными в 1871 г. Тип условий местопроизрастания – простая свежая суборь (В₂). В 143-летнем возрасте насаждение характеризовалось Iа классом бонитета, составом первого яруса 9Л1СедЕ; второго яруса – 8Е2Кл. Общий запас стволовой древесины – 1233 м³/га [4].

Изучение особенностей семеношения лиственницы европейской проводили с марта (апреля) по июль 2019-2024 гг., с помощью семеномеров, размером (1×1 м). Наблюдения за опадом семян в семеномеры размером 1 м² были предложены ещё в 1898 г. профессором М.М. Орловым для определения урожайности сосны и дуба в даче Руда.

Результаты исследований. Необходимо иметь представление об особенностях биологии и экологии семеношения лиственницы европейской в новых для неё условиях местопроизрастания. Итоги исследований за шестилетний период представлены в таблице.

Таблица – Урожай семян лиственницы европейской в Никольской лесной даче за шестилетний период (2019-2024 гг.)

Год учёта	Число семян в семеномерах, тыс. штук	Число семян на 1 га, тыс. штук	Масса 1000 семян, г	Масса семян, кг
2019	0,634	462,7	4,7	2,2
2020	2,083	1 388,7	6,2	8,6
2021	0,778	518,7	6,3	3,3
2022	2,206	1 470,7	4,6	6,8
2023	0,583	388,7	4,8	1,9
2024	0,269	179,6	6,3	1,1
Среднее	1,092	734,9	5,5	4,0

Из таблицы видно, что за период исследований у лиственницы европейской ежегодно наблюдается семеношение, самыми урожайными были 2020 и 2022 гг., а годами слабого урожая – 2023 и 2024 гг. За период наблюдений наименьшее значение массы 1000 семян у лиственницы зафиксировано в 2022 г. и составило 4,6 г, а наибольшее в 2021 и 2024 гг. – 6,3 г, что на 27 % больше. На основании учёта семеномерами средний за 6 лет годичный урожай на 1 га опавших семян у лиственницы европейской оказался – 4,0 кг (максимальный 8,6 кг – 2020 г., минимальный – 1,1 кг – 2024 г.).

Таким образом, в условиях северо-восточного Подмосковья насаждения лиственницы европейской в VIII классе возраста формируют урожай семян ежегодно с резкими колебаниями по количеству и массе.

Список литературы

1. Брынцев В.А., Коженкова А.А. Лесное семеноводство: учеб. пособие. 2-е изд. перераб. М.: ГОУ ВПО МГУЛ, 2006. 110 с.
2. Мельник Л.П. Диссеминация и естественное возобновление лиственницы европейской в Подмосковье // Леса Евразии – Большой Алтай: Материалы XV Международной конференции молодых учёных, посвященной 150-летию со дня рождения профессора Г.Н. Высоцкого. – М.: ФГБОУ ВПО МГУЛ, 2015. – С. 68-70.
3. Мерзленко М.Д., Мельник П.Г., Глазунов Ю.Б., Кузнецова С.Л. Лесоводственный опыт выращивания культур лиственницы в центре Русской равнины // Лесохоз. информ.: электрон. сетевой журн. – 2019. – № 4. – С. 55-66.
4. Мерзленко М.Д., Мельник П.Г. Опыт лесоводственного мониторинга в Никольской лесной даче. – М.: ФГБОУ ВПО МГУЛ, 2015. – 112 с.
5. Тимофеев В.П. Лесные культуры лиственницы. – М.: Лесная промышленность, 1977. – 216 с.

References

1. Bryncev V.A., Kozhenkova A.A. Forest seed production. Moscow: MSFU, 2006. 110 p.
2. Mel'nik L.P. Dissemination and natural renewal of European larch in the Moscow region. Proceedings of the XV International Conference of Young Scientists dedicated to the 150th anniversary of the birth of Professor G.N. Vysotsky «Forests of Eurasia–Great Altai», Barnaul, 13–20 September 2015. Moscow: MGUL, 2015, pp. 94–96.
3. Merzlenko M.D., Mel'nik P.G., Glazunov Yu.B., Kuznetsova S.L. Forestry experience in growing larch crops in the center of the Russian plain. Forestry Information, 2019, no. 4, pp. 55–66.
4. Merzlenko M.D., Mel'nik P.G. Experience of silvicultural monitoring in Nikolskaya forest estate. Moscow: MSFU, 2015, 112 p.
5. Timofeev V.P. Forest Crops of Larch. Moscow: Forest industry, 1977. 216 p.

ПРЕДЕЛЫ ИЗМЕНЧИВОСТИ ФИЗИОЛОГО-БИОХИМИЧЕСКИХ РЕАКЦИЙ ПОТОМСТВА ПОЛУСИБСОВЫХ СЕМЕЙ ПЛЮСОВЫХ ДЕРЕВЬЕВ ДУБА ЧЕРЕШЧАТОГО НА ЗАСУХУ

А.А. Попова¹, В.Т. Попова¹, П.М. Евлаков¹, К.А. Шестибратов²

¹ Воронежский государственный лесотехнический университет имени Г.Ф. Морозова,
г. Воронеж, Россия, e-mail: logachevaaa@rambler.ru

² Институт биоорганической химии им. академиков М.М. Шемякина и Ю.А. Овчинникова
Российской академии наук,
г. Пушкино, Россия, e-mail: schestibratov.k@yandex.ru

Аннотация. Выявление пределов изменчивости признаков и установление реакций на комбинацию факторов засухи и дефицита азота позволяет определить адаптивный потенциал семей по отношению к исследуемым факторам. В условиях вегетационного опыта были определены пределы изменчивости параметров фотосинтеза и активности ферментов окислительного стресса у 3х летних саженцев дуба черешчатого. Согласно полученным экспериментальным данным, опытные деревья разных семей существенно различаются не только по интенсивности фотосинтеза, но и по активации ферментов.

Ключевые слова. Дуб черешчатый, интенсивность фотосинтеза, ферменты окислительного стресса, потомство, плюсовые деревья.

LIMITS OF VARIABILITY OF PHYSIOLOGICAL AND BIOCHEMICAL REACTIONS OF OFFSPRING OF SEMI-SIBERIAN FAMILIES OF BLACK OAK TREES TO DROUGHT

A.A. Popova¹, V.T. Popova¹, P.M. Evlakov¹, K.A. Shestibratov²

¹Voronezh State University of Forestry and Technologies named after G.F. Morozov,
Voronezh, Russia, e-mail: logachevaaa@rambler.ru

² Institute of Bioorganic Chemistry named after Academicians M.M. Shemyakin and Yu.A. Ovchinnikov of the Russian Academy of Sciences,
Pushchino, Russia, e-mail: logachevaaa@rambler.ru

Abstract. The identification of traits variability and reactions to a combination of factors of drought and nitrogen deficiency can determine the adaptive potential of trees in relation to the factors under study. In the conditions of the vegetation experiment, the limits of variability of photosynthesis parameters and the activity of oxidative stress enzymes in 3-year-old oak seedlings were determined.

According to the experimental data obtained, experimental trees of different families differ significantly not only in the intensity of photosynthesis, but also in the activation of enzymes.

Keywords: English oak, photosynthesis intensity, oxidative stress enzymes, offspring, plus trees.

Активность фотосинтетической системы древесных имеет ярко выраженную зависимость от транспирации листьев. Транспирация является важным и необходимым физиологическим процессом, обеспечивающим приспособление растений к различным условиям произрастания – защищает надземные органы от перегрева и обезвоживания в сухую и жаркую погоду, способствуя передвижению поглощённых корнями минеральных веществ из почвы вверх по растению и, как следствие, активному протеканию фотосинтеза [1,2]. Целью исследования является выявление изменчивости параметров транспирации и фотосинтеза и активности ферментов окислительного стресса в условиях воздействия засухи и дефицита азота среди семей – F2 потомства плюсовых деревьев дуба черешчатого.

Объектом исследования являлись 3х летние саженцы дуба черешчатого F2 потомства плюсовых деревьев дуба черешчатого. В условиях вегетационного опыта проводили изучение интенсивности видимого фотосинтеза, интенсивности транспирации в 2х вариантах (засуха и контроль), активности ферментов окислительного стресса в 4х вариантах опыта (контроль, засуха, дефицит азота, засуха + дефицит азота). Объем вегетационных сосудов – 2 л., в качестве субстрата использовали торф. Условия засухи имитировали выращиванием дуба при пониженной влагоемкости почвы. Этот показатель в контроле составлял $80 \pm 5\%$, в экспериментальном варианте – $45 \pm 5\%$. Недостаток азота имитировали его исключением из питания. Подкормку проводили еженедельно, 6 недель до начала засухи и продолжали в период засухи. Подкормку проводили двумя вариантами раствора Хогланда – с азотом и без. Определение параметров процессов транспирации и видимого фотосинтеза проводили с помощью портативной системы измерения газообмена растений CI-340 (CID Bioscience, США). Для определения активности ферментов использовали методики Dhindsa-1981-JExpBot-SOD (Chance-1955), Dhindsa-1981-JExpBot-SOD (Beauchamp-1971), Hammerschmidt-1982-ppp-POD [3-5].

Результаты измерения фотосинтетической активности и транспирации в изучаемых семьях представлена в таблице 1.

Интенсивность фотосинтеза является одним из главных показателей активности темновой фазы фотосинтеза. По экспериментальным данным, проведенных нами исследований, у изученных 3-х летних растений дуба черешчатого, испытывающих засуху, максимальная интенсивность фотосинтеза листьев варьировала от 9.3 до 16.8 $\mu\text{моль}/\text{м}^2/\text{с}$. Наибольшая величина отмечалась у растений, принадлежащих к семье 233.57 (16.8 ± 0.19 $\mu\text{моль}/\text{м}^2/\text{с}$), а наименьшая – у растений семьи 151.1 (9.3 ± 1.71 $\mu\text{моль}/\text{м}^2/\text{с}$).

Таблица 1 - Параметры газообмена листа и транспирации экспериментальных растений дуба черешчатого различного происхождения

Номер семьи	Вариант опыта	Интенсивность видимого фотосин-теза (Рн), мкмоль/м ² /с	Интенсив-ность транспирации (Е), ммоль/м ² /с
339.57	засуха	13.6±1.32	1.4±0.25
	контроль	14.8±0.54	2.0±0.12
63.12	засуха	13.9±0.35	2.3±0.45
	контроль	21.2±3.19	3.6±0.32
233.57	засуха	16.8±0.19	2.5±0.15
	контроль	18.2±0.38	3.2±0.1
151.1	засуха	9.3±1.71	2.0±0.27
	контроль	14.9±1.16	3.1±0.61
Средние значения	засуха	13.4±0.89	2.0±0.28
	контроль	17.3±1.32	3.0±0.29

У растений дуба в варианте опыта без засухи максимальный уровень фотосинтетической активности листьев изменялся от 14.8 до 21.2 мкмоль/м²/с. Самые высокие показатели фотосинтетической активности имела семья 63.12 (21.2±3.19 мкмоль/м²/с), самые низкие – семья 339.57 (14.8±0.54 мкмоль/м²/с). У растений дуба, испытывающих засуху, наибольшее значение интенсивности транспирации (2.5±0.15 ммоль/м²/с), как и ассимиляции СО₂, зарегистрировано у семьи 233.57, а наименьшее – у семьи 339.57 (1.4±0.25 ммоль/м²/с). Согласно полученным экспериментальным данным, опытные деревья разных семей существенно различаются не только по интенсивности фотосинтеза, но и способности испарять воду.

Исследование ферментов окислительного стресса пероксидазы (POD), каталазы (CAT) и супероксиддисмутазы (SOD) показал различия в их активности при воздействии засухи и дефицита азота. Не происходило изменение активности CAT и POD в условиях комбинированного стресса. Активность SOD в листьях дуба увеличилась на 17,8 и 34,6% при воздействии засухи и дефицита азота, соответственно. Сравнительный анализ активностей ферментов окислительного стресса у разных семейств дуба показал, что засуха оказала стимулирующее влияние на POD и SOD у семейств 149/1 и 63/12. При этом, активность CAT также возрастала у 63/12, но снижалась у 149/1. Активности POD и SOD снижались у 405/60 и 11/61, а активность CAT значительно не менялась относительно контроля у этих семейств дуба. Полученные результаты свидетельствуют об адаптации семейств 149/1 и 63/12 к засухе, что выражалось в активации ферментов защиты от окислительного стресса, в то время как на ферменты защиты от АФК у семейств 405/60 и 11/61 засуха действовала угнетающе.

Список литературы

1. Fischer R.A. et al. Wheat yield progress is associated with higher stomatal conductance, higher photosynthetic rate and cooler canopies / R.A. Fischer et al. // Crop Science. – 1998. – Vol. 38. – P. 1467-1475.
2. Flexas J., Medrano H. Drought-inhibition of photosynthesis in C3 plants: stomatal and non-

stomatal limitations revisited / J. Flexas, H. Medrano // *Annals of Botany*. – 2002. – Vol. 89. – P. 183-189.

3. Chance B. and Maehly A.C. Assay of Catalase and Peroxidase / B. Chance and A.C. Maehly // *Methods in Enzymology*. – 1955. – 2. – p. 764-775.

4. R. Hammerschmidt, E. Nuckles, and J. Kuc Association of enhanced peroxidase activity with induced systemic resistance of cucumber to *Colletotrichum lagenarium* / R. Hammerschmidt, E. Nuckles, and J. Kuc // *Physiology of Plant Pathology*. – 1982. – 20. -p. 73.

5. Beauchamp C. and Fridovich I. Superoxide Dismutase: Improved Assays and an Assay Applicable to Acrylamide Gels / C. Beauchamp and I. Fridovich // *Analytical Biochemistry*. – 1971. – 44. – p. 276-287. [http://dx.doi.org/10.1016/0003-2697\(71\)90370-8](http://dx.doi.org/10.1016/0003-2697(71)90370-8).

References

1. Fischer R.A. et al. Wheat yield progress is associated with higher stomatal conductance, higher photosynthetic rate and cooler canopies / R.A. Fischer et al. // *Crop Science*. – 1998. – Vol. 38. – P. 1467-1475.

2. Flexas J., Medrano H. Drought-inhibition of photosynthesis in C3 plants: stomatal and non-stomatal limitations revisited / J. Flexas, H. Medrano // *Annals of Botany*. – 2002. – Vol. 89. – P. 183-189.

3. Chance B. and Maehly A.C. Assay of Catalase and Peroxidase / B. Chance and A.C. Maehly // *Methods in Enzymology*. – 1955. – 2. – p. 764-775.

4. R. Hammerschmidt, E. Nuckles, and J. Kuc Association of enhanced peroxidase activity with induced systemic resistance of cucumber to *Colletotrichum lagenarium* / R. Hammerschmidt, E. Nuckles, and J. Kuc // *Physiology of Plant Pathology*. – 1982. – 20. -p. 73.

5. Beauchamp C. and Fridovich I. Superoxide Dismutase: Improved Assays and an Assay Applicable to Acrylamide Gels / C. Beauchamp and I. Fridovich // *Analytical Biochemistry*. – 1971. – 44. – p. 276-287. [http://dx.doi.org/10.1016/0003-2697\(71\)90370-8](http://dx.doi.org/10.1016/0003-2697(71)90370-8).

РАЗВИТИЕ СЕЛЕКЦИИ ДРЕВЕСНЫХ РАСТЕНИЙ В ВОРОНЕЖЕ С XX И В НАЧАЛЕ XXI ВЕКА

А.И. Сиволапов¹, Т.А. Благодарова², В.А. Сиволапов³

¹Воронежский государственный лесотехнический университет им. Г.Ф. Морозова
г. Воронеж, Russia, e-mail: Aleksey-Sivolapov@yandex.ru

²Всероссийский НИИ лесной генетики, селекции и биотехнологии, г. Воронеж
г. Воронеж, Russia, e-mail: Tana-Blagodarova@yandex.ru

³ФБУ «Российский центр защиты леса» «Центр защиты леса Воронежской области»
г. Воронеж, Russia, e-mail: Vladimir-Sivolapov@yandex.ru

Аннотация. Показан столетний период развития селекции древесных растений в Воронеже. Анализируя направления и методы лесной селекции надо отметить развитие аналитической и синтетической селекции. Дано обоснование трем видам отбора в практической селекции: это массовый отбор или отбор экотипов, групповой или популяционный отбор, индивидуальный отбор. Показано изучение эффективности создания клоновых и семейственных лесосеменных плантаций, интродуцентов, получение сортов-клонов, сортов-гибридов и сортов-популяций. Используя цитологический метод, выявлены аллотриплоиды тополя сереющего, гибрида тополя канадского и бальзамического (Э.С.-38), триплоиды дуба черешчатого. Получены индуцированные мутанты у тополя бальзамического, тетраплоид тополя бальзамического. Предложено создание лесосеменных плантаций березы из регенерантов *in vitro*. Анализируется опыт создания плантационных культур тополя, березы повислой и карельской с применением биотехнологии *in vitro*.

Ключевые слова: селекция древесных растений; виды отбора; гибридизация; мутагенез и полиплоидия; сорта древесных растений; сосна обыкновенная; лиственница; дуб черешчатый; береза; тополь; ольха.

DEVELOPMENT OF WOOD PLANT BREEDING IN VORONEZH FROM THE XX TH TO THE EARLY XXI ST CENTURY

A.I. Sivolapov¹, T. A. Blagodarova², V. A. Sivolapov³

¹ Voronezh State University of Forestry and Technologies named after G.F. Morozov,
Voronezh, Russia, e-mail: Aleksey-Sivolapov@yandex.ru

²All-Russian Research Institute of Forest Genetics, Breeding and Biotechnology,
Voronezh, Russia, e-mail: Tana-Blagodarova@yandex.ru

³Federal State Budgetary Institution "Russian Center for Forest Protection" "Center for Forest Protection of the Voronezh Region" Voronezh, Russia, e-mail: Vladimir-Sivolapov@yandex.ru

Abstract. The hundred-year period of development of woody plant selection in Voronezh is shown. Analyzing the directions and methods of forest selection, it is necessary to note the development of analytical and synthetic selection. A rationale is given for three types of selection in practical selection: mass selection or selection of ecotypes, group or population selection, individual selection. The study of the effectiveness of creating clonal and family seed plantations, introduced species, obtaining clone varieties, hybrid varieties and population varieties is shown. Using the cytological method, allotriploids of gray poplar, a hybrid of Canadian and balsam poplar (E.S.-38), and triploids of pedunculate oak were identified. Induced mutants were obtained in balsam poplar, tetraploid balsam poplar. The creation of birch seed plantations from regenerants in vitro is proposed. The experience of creating plantation crops of poplar, silver birch and Karelian birch using in vitro biotechnology is analyzed.

Keywords: selection of woody plants; types of selection; hybridization; mutagenesis and polyploidy; varieties of woody plants; Scots pine; larch; English oak; birch; poplar; alder.

Введение

Начиная с 1925 года, когда вышла в свет книга о селекции дуба черешчатого первого заведующего кафедрой лесоводства и декана лесохозяйственного факультета Воронежского сельскохозяйственного института В.П. Кобранова [2] и по настоящее время, почти 100 лет, селекция древесных растений развивается в направлении изучения формового разнообразия, отбора ценных форм, экотипов, гибридизации, получения сортов древесных и кустарниковых растений. С образованием Центрального научно-исследовательского института лесной генетики и селекции в Воронеже стали развиваться такие направления как популяционная и плюсовая селекция с выходом на создание лесосеменных плантаций и лесосеменных участков; мутагенез и полиплоидия в селекции древесных растений; генная инженерия, микрклональное размножение трудно укореняемых древесных растений и в настоящее время использование ДНК-анализа в селекционных исследованиях.

Объекты и методика исследования

Методы и направления селекции древесных растений отличаются от селекции сельскохозяйственных культур. Системы селекции древесных растений зависят от систем размножения того вида, с которым мы работаем [5].

Древесные растения живут дольше человека, поэтому это направление лесоводства имеет результаты, когда соблюдается преемственность поколений в изучении селекции того или иного вида растений. Первый заведующий кафедрой лесных культур Воронежского государственного лесотехнического института с 1931 г. Самофал С.А. уже почти сто лет назад представил докторскую диссертацию “Наследственность и изменчивость лесных пород и их значение для лесовыращивания” [5]. В.Н. Сукачев в первом номере журнала «Советская ботаника» (1933) в качестве основных установок селекции лесных древесных пород предлагал

изучение формового разнообразия важнейших древесных пород, отбор и размножение лучших из них [5].

На максимальное использование в селекции местного материала, выделение из него наиболее продуктивных, наиболее ценных форм, указывал Н.И. Вавилов [5].

Но фундаментальные исследования в области селекции древесных растений в Воронеже можно отнести к послевоенным годам.

Результаты и обсуждение

В 1949-51 гг. заведовал кафедрой лесных культур Вересин Михаил Михайлович и позднее, в 1951-54 гг. был заведующим и организатором новой кафедры – дарвинизма, генетики и селекции до ее объединения с кафедрой лесоводства. М. М. Вересин был признан ведущим лесоводом-селекционером нашей страны [1]. За эти годы им создана обширная серия (десятки га) опытных насаждений сосны, лиственницы, ели, кедра, дуба, орехов, тополей, березы. В числе этих насаждений, имеющих важное научно-производственное значение, центральное место занимают культуры сосны, лиственницы, ели, дуба из семян разных географических пунктов и типов леса. Созданные им в Воронежском и Учебно-опытном лесхозах на площади около 40 га культуры сосны включали более 350 экотипов и являются уникальными и наиболее крупными в стране и в мире, представляя собой коллекцию экотипов сосны бывшего СССР. Выведенный им быстрорастущий триплоидный исполинский сорт тополя Э.С.-38 широко разводится в СНГ и принят для международного сортоиспытания. Опытные насаждения - живые памятники ученого-селекционера, служат теперь местом учебной практики студентов, экскурсий и семинаров. На этих объектах работают аспиранты. Опытные культуры, заложенные М. М. Вересиным, послужили также основанием при выборе Воронежа местом организации первого в стране Центрального НИИ лесной генетики и селекции. С 1955 года М. М. Вересин - и. о. профессора лесоводства. Им разработан лекционный курс по лесной селекции. Созданные объекты в лесу наглядно показывают на практике все направления и методы селекции и семеноводства древесных растений [4].

Огромная работа по созданию опытов на десятках гектар была возможна при поддержке ректора тех лет В.И. Рубцова. Научно-учебная база селекционных объектов закладывалась по всем традиционным направлениям и методам селекции. Опытные культуры искусственных лесных насаждений представляют ценный генофонд древесных растений центральной лесостепи России. К ним относятся

1. географические культуры сосны обыкновенной,
2. коллекционно-географические культуры лиственницы,
3. типологические культуры дуба черешчатого,
4. коллекция гибридных тополей,
5. клоновая и семейственная лесосеменная плантация сосны обыкновенной,
6. коллекция интродуцированных и гибридных форм ореха грецкого и маньчжурского,
7. плантация карельской березы и другие.

Для выяснения вопроса о возможности и эффективности применения семян разного происхождения и опытов по гибридизации разных климатипов сосны созданы четыре участка

посадок сосны общей площадью 37,6 га из семян разного географического происхождения. В посадках М.М. Вересиным представлена сосна обыкновенная из 353 пунктов бывшего СССР. Семена для опыта были получены от сети лесных контрольно-семенных станций. На основе этого опыта Минприроды составил лесосеменное районирование основных древесных пород. Сохранилось для стационарных исследований два крупных участка [5]. В Левобережном лесничестве Учебно-опытного лесхоза на площади 4,6 га в лесорастительных условиях свежего бора (А₂) географические культуры были созданы рядовой посадкой двухлетними сеянцами весной 1953 года. Густота посадки 14,3 тыс. на 1 га. Участок разделен на 80 делянок. На каждой делянке высажена сосна из какого-либо одного географического пункта. По данным последнего исследования в 2010 году лучшие результаты по росту, продуктивности и качеству остаются за сосной местного происхождения (Хреновской лесхоз). Однако сосна Киевского происхождения по запасу на 1-2% выше, но она уступает по качеству стволов местной сосне. Эти опыты, к сожалению, утрачены после лесного пожара.

На базе другого объекта географических культур сосны, заложенных в 1959 году М.М. Вересиным в Воронежском лесхозе (Ступинское поле), А.И. Чернодубовым и О.А. Смогуновой показана популяционно-ландшафтная структура сосны обыкновенной. На основании обобщения результатов опытов ВГЛТУ обновляются придержки для регламентации географических перемещений семян в Европейской равнинной части России.

В 1955 году Р.И. Дерюжкиным под руководством М.М. Вересина в Учебно-опытном и других лесхозах Воронежской области в разных лесорастительных условиях было посажено свыше 30 га опытных культур лиственницы (115 образцов лиственницы сибирской, 7 – лиственницы даурской, 38 – лиственницы Сукачева, 8 – лиственницы европейской, 1 – лиственницы японской, 1 – лиственницы гибридной). На опытных культурах систематически проводятся фенологические наблюдения, исследуются физиологические, биохимические, анатомические и цитологические особенности растений; изучаются показатели роста продуктивности и качества культур, физико-механические свойства. Среди лиственницы Сукачева выявлены деревья с небольшим уровнем миксоплоидии в соматических клетках, отличающиеся мощным ростом и устойчивостью. Изучение роста, продуктивности и качества коллекционно-географических культур в возрасте 45 лет показало, что после рубок ухода показатели роста разных климатипов выравниваются. Например, лиственница сибирская Хакасского происхождения IV-V бонитета под Воронежем в 65 лет произрастает по I-II бонитету.

В аналитической селекции сосны обыкновенной, дуба черешчатого, осины, тополя белого, сереющего, ольхи черной и березы используются отобранные плюсовые насаждения и деревья. На прививочных и семейственных лесосеменных плантациях изучаются системы семенного размножения.

В коллекции гибридов тополя лучшие результаты показывает полученный М.М. Вересиным аллотриплоидный тополь Э.С.-38 «Воронежский гигант». Культуры этого тополя в 42 года в пойме реки Дон достигают запаса 1100 м³/га. Гибриды тополь белый × осина в 45 лет на темно-серых суглинках имеют запас более 1500 м³/га [4].

Результатом селекции является сорт. Сортовыведение у древесных пород – это длительная и сложная работа [3]. На сортоиспытательном участке полиплоидных сортообразцов тополя в 40 лет тополь сереющий Хоперский 1 имел запас 1052 м³/га .

Последний считается спонтанно-гибридным видом от скрещивания тополя белого и осины, зарегистрирован Госкомиссией по охране селекционных достижений как сорт [3].

В 1960 году впервые в ЦЧР заложен опыт возможности разведения березы карельской из семян полученных от института лесной генетики и селекции Финляндии (Хельсинки). Опыт показал возможность успешного разведения березы карельской в условиях Воронежской области. Изучение признаков узорчатости у семенного потомства от свободного опыления позволило выделить высокоствольную, короткоствольную, кустовидную, гнездовидную и ребристую форму карельской березы [5].

М.М. Вересиным с 1951 г. в содружестве со Ф.Л. Щепотьевым начаты работы по акклиматизации ореха грецкого в Учебно-опытный лесхоз ВЛТИ. В 1965 году получено около 2000 гибридных сеянцев (орех грецкий × орех маньчжурский), сохранилось около 100 растений наиболее зимостойких, семь из которых дают хорошие орехи, которые трудно отличить от ореха грецкого, два гибрида отличаются соматическим гетерозисом (возможно полиплоиды). Шесть из них зарегистрированы как сорта: Дуэт, Марион, Орион, Памяти профессора Вересина, Спектрум, Юбиляр.

В 1996 году при поддержке ФЦП "Интеграция" на площади 7 га заложены опытные плантационные культуры березы повислой, карельской и аллотриплоидного тополя сереющего из регенерантов, полученных *in vitro* в сравнении с традиционной технологией, т.е. сеянцами и черенками. На данном этапе контрастных различий между сеянцами и регенерантами нет. В настоящее время продолжается развитие опытной базы, фундаментальные и прикладные исследования на которых позволяют готовить высококвалифицированные кадры для лесного хозяйства [4].

В 1970 году организован Центральный НИИ лесной генетики и селекции в Воронеже. Первые четверть века сотрудники института работали на объектах, созданных в лесотехническом институте и активно создавали свои новые научные объекты в лесу. За этот период, с использованием ранее накопленного опыта отечественных и зарубежных исследователей, разработаны теоретические основы и методические приемы отбора и сохранения ценного генофонда природных популяций, получения новых форм путем гибридизации и мутагенеза, генетической оценки исходного материала в испытательных культурах и на сортоиспытательных участках, создания объектов постоянной лесосеменной базы. Практическим итогом научных исследований стали разработка лесосеменного районирования, создания на больших площадях лесосеменных плантаций и участков, закладка лесных культур улучшенным посевным и посадочным материалом, внедрение в защитные и озеленительные посадки быстрорастущих, устойчивых и декоративных сортов и форм местных и интродуцированных пород. Особое место занимают объекты, созданные под руководством профессора А.П. Царева: крупнейший популетум в Семилукском лесопитомнике. Им зарегистрированы сорта тополя: Ведуга, Болид, Белар, Степная Лада, ЭС 38; Р.П. Царевой зарегистрированы сорта тополя: Бриз, Сюрприз.

Ниже показан фрагмент испытания аллотриплоидов в сравнении с диплоидами тополя. Испытательные культуры достигли 40 лет, для тополя это возраст рубки.

Испытание полиплоидных тополей проводится в Семилукском лесопитомнике на деградированном черноземе (табл. 1). Опыт заложен в 1983 году на открытой площади по сплошь подготовленной почве. Посадочный материал – зимние одревесневшие черенки и черенковые саженцы сорта Хоперский 1 [3]

]. Черенковые саженцы были получены путем зеленого черенкования в теплице с туманом. В качестве стимуляторов укоренения применяли лактоны. Тополь бальзамический, ЭС.-38, 3n№1, 3n№2, Робуста – 236 вводили зимними черенками. Посадка проведена с размещением 4×4 м., в трех повторностях.

Таблица 1 – Показатели роста и продуктивности сортообразцов тополей на сортоиспытательном участке в возрасте 40 лет

Название тополя	Высота, м (H ± m)	Диаметр, см (D ± m)	Запас, м ³ /га
Бальзамический	18,4±0,40	18,0±0,61	91
Робуста – 236	22,5±0,33	26,5±0,83	284
ЭС 38	24,8±0,26	26,8±0,72	247
3n №1	23,5±0,15	25,8±0,91	236
3n №2	24,5±0,17	25,5±0,74	245
Хоперский 1	28,8±0,43	48,9±1,15	1052

Лучшие результаты в 40 лет отмечены у сорта тополя сереющего Хоперский 1 (средняя высота деревьев 28,8 м, средний диаметр – 48,9 см, запас – 1052 м³/га) (рис.1а). Этот тополь рекомендуется для промышленного и защитного разведения в поймах рек, приовражных и балочных полосах, как корнеотпрысковый. Для озеленения он не рекомендуется (пол женский).

У тополя сереющего Хоперский 1 изучен кариотип: 74,3% клеток триплоидные (3n=57), диплоидные клетки (2n=38) – 11,4%; анеуплоидные разного уровня – 11,4%; тетраплоидные – 2,9%. Изучение качественных характеристик древесины показало, что длина древесинного волокна составляет 1,57±0,02 мм. ПЦР-анализ этого тополя показал значительные различия с искусственным гибридом тополь белый×осина.

Вместе с тем, многие вопросы теории и практики лесной генетики и селекции требуют дальнейшего изучения [5]. Предметом научных дискуссий остаются проблемы наследования потомством количественных и качественных признаков материнских насаждений и деревьев, оценка эффективности различных направлений и методов аналитической и синтетической селекции.

Выводы

Таким образом, кратко показана 100-летняя динамика развития лесной селекции в Воронеже. Применение методов аналитической и синтетической селекции древесных растений имеет свои особенности.

Специфика лесных древесных растений: длительный период онтогенеза, позднее вступление в репродуктивный возраст – требует проведения многолетних исследований и

обуславливает необходимость обеспечения преемственности работ в течение нескольких поколений лесоводов и селекционеров. При этом достоверные выводы об эффективности тех или иных методов и технологических приемов могут быть получены лишь на основе эксперимента, то есть закладки методически выдержанных стационарных опытных объектов и их последовательного глубокого изучения. Таких объектов пока еще недостаточно и их закладку следует продолжить. Не менее важно сохранить в полном объеме информацию о ранее заложенных опытах для будущих поколений исследователей, равно как сохранить сами объекты. Долг ныне работающих ученых – оставить творческое наследие своим преемникам. Сохранение и расширение экспериментальной базы во многом зависит от ответственности и дальновидности руководителей и специалистов лесного хозяйства.

Список литературы

1. Вересин М.М., Ефимов Ю.П., Арефьев Ю.Ф. Справочник по лесному селекционному семеноводству. – М.: Агропромиздат, 1985. – 245 с.
2. Кобранов Н.П. Селекция дуба. М., 1925. – 41 с.
3. Патент на селекционное достижение № 1187 Р. Ф. Тополь (*Populus L.*) Хоперский 1 / А.И. Сиволапов; заявитель и патентообладатель ВГЛТУ. - № 9908269; заявл. 06.12.2000 г.; зарегистрировано в государственном реестре охраняемых селекционных достижений 17.12.2001 г.
4. Сиволапов А.И. Тополь сереющий: генетика, селекция, размножение: монография; ВГЛТА. – Воронеж: ВГУ, 2005. – 157 с.
5. Сиволапов, А.И. Селекция и семеноводство древесных растений : учебное пособие / А.И. Сиволапов. – Воронеж: ВГЛТА, 2011. – 204 с.

References

1. Veresin M.M., Efimov Yu.P., Arefyev Yu.F. Handbook on Forest Breeding and Seed Production. Moscow: Agropromizdat, 1985. 245 p.
2. Kobranov N.P. Oak Breeding. Moscow, 1925. 41 p.
3. Patent for a breeding achievement No. 1187 R. F. Topol (*Populus L.*) Khopersky 1 / A.I. Sivolapov; applicant and patent holder of the Volgograd State University of Forestry and Technologies. - No. 9908269; applied for on December 6, 2000; registered in the State Register of Protected Breeding Achievements on December 17, 2001.
4. Sivolapov, A.I. *Populus pyramidalis*: genetics, breeding, propagation: monograph; VGLTA. – Voronezh: VSU, 2005. – 157 p.
5. Sivolapov, A.I. Breeding and Seed Production of Woody Plants : Textbook / A.I. Sivolapov. – Voronezh: VGLTA, 2011. – 204 p.

АНАЛИЗ ИСКУССТВЕННОГО ЛЕСОВОССТАНОВЛЕНИЯ В УСЛОВИЯХ ЕВРОПЕЙСКОГО СЕВЕРА

С.Е. Страздаускас, Н.Р. Сунгурова

Северный (Арктический) федеральный университет имени М.В. Ломоносова,
Архангельск, Россия, e-mail: n.sungurova@narfu.ru

Аннотация. В статье рассматриваются вопросы изучения искусственного лесовосстановления сосны и ели на вырубках различных типов в условиях Европейского Севера. Проанализированы различные методы создания лесных культур. Установлено, что предпочтение следует отдавать посадкам сосны, которые обгоняют в росте посадки ели в 2 раза, а посевы – в 10 раз.

Ключевые слова: лесные культуры, сосна, ель, метод создания, рубка, лесовосстановление.

ANALYSIS OF ARTIFICIAL REFORESTATION IN THE CONDITIONS OF THE EUROPEAN NORTH

S.E. Strazdauskas, N.R. Sungurova

Northern (Arctic) Federal University named after M.V. Lomonosov, Arkhangelsk, Russia,
e-mail: n.sungurova@narfu.ru

Abstract. The article discusses the issues of studying artificial reforestation of pine and spruce in various types of deforestation in the conditions of the European North. Various methods of creating forest crops are analyzed. It has been established that preference should be given to pine plantings, which outstrip spruce plantings by 2 times, and crops by 10 times.

Keywords: forest crops, pine, spruce, creation method, deforestation, reforestation.

Современные методы лесокультурного производства направлены на создание лесов, состоящих из хозяйственно-ценных хвойных пород, на участках, где естественное восстановление лесов невозможно. Цель данного процесса заключается в создании оптимальных условий для выращивания древесины на конкретно определенной территории. Эта задача решается за счет использования качественного посевного и посадочного материала, а также проведения простейших мероприятий по организации лесных культур и осуществления агрономических и лесоводческих уходов. Многолетние наблюдения в

Архангельской области показывают, что лесные культуры в основном создаются в трех группах типов леса: сосняках и ельниках брусничных, черничных и долгомошных [1-3].

Исследование лесных культур осуществлялось в Архангельской области, преимущественно в северной подзоне тайги на вырубках с дренированными и переувлажненными почвами.

Для изучения искусственного лесовосстановления пользовались общепринятыми методиками. Весь массив полученных полевых данных обрабатывался с помощью современных методов математической статистики.

В ходе исследования установлено (табл. 1), что лесные культуры, созданные посевом семян ели к третьему классу возраста, формируют второй ярус под пологом лиственных пород на вырубках с дренированными почвами, представленным главным образом березой.

При средней высоте культур в черничном типе леса, составляющей 1,2 м, и в брусничном – 1,3 м, эти культуры значительно уступают (в 4-5 раз) пологу мягколиственных деревьев и относятся к V_a-V_б классам бонитета. Благодаря высокой сохранности, плотность культур составляет от 7 до 9 тысяч экземпляров на гектар. В то же время доминирующий полог, образуемый березой с незначительной примесью других древесных пород (ольхи, рябины, ивы, ели и сосны), в черничном лесном типе относится к V, а в брусничном - IV – V классам бонитета. Проведение рубок ухода для регулирования высоты и густоты полога таких культур оказывается нецелесообразным, поскольку это не создает конкурентных отношений с березой. В связи с этим, хозяйственная деятельность в этих насаждениях должна быть направлена на ведение лиственного лесного хозяйства с последующим формированием хвойного полога.

В лесных культурах, созданных посредством посева на вырубках, сохраняется примерно такое же количество здоровых растений, как и в культурах, созданных посадкой сеянцев, хотя ель в среднем растет медленнее. Это характерно для медленнорастущей ели по ее биологическим свойствам. Однако стоит отметить, что в менее загущенных культурах максимальные деревья ко второму классу возрасту достигают высоты, сравнимой с высотой еловых деревьев, высаженных сеянцами. С увеличением густоты посева замедляется рост ели как в высоту, так и в диаметре, включая и максимальные растения. Поскольку групповое размещение культур приводит к увеличению отпада и ухудшению роста основной породы, рекомендуется переходить к более равномерному рядовому посеву.

Создание культур посевом по пластам плуга ПЛ-1 приводит к улучшению их состояния и роста, как получено на участке 16, где в 19-летнем возрасте высота растений достигает 1,5 м. В таких посевах наблюдается высокий уровень отпада в посевных местах, что снижает конкуренцию за питательные элементы. В то же время, культуры, высаженные по минерализованным полосам после использования покровосдирателя (участок 14), в возрасте 36 лет имеют среднюю высоту 1,3 м.

Эффективность посадок ели значительно выше, чем культур, созданных посевами. В условиях северной подзоны тайги ель подвержена негативному влиянию низких температур в период вегетации. Многолетние эксперименты показывают, что в начале вегетационного периода молодые побеги могут быть повреждены поздневесенними и раннелетними заморозками. Это замедляет рост в высоту и иногда даже приводит к гибели растений.

Таблица 1 - Характеристика обследованных культур сосны и ели

№ участ-ка	Культивируемая порода	Тип леса	Способ обработки почвы	Метод создания культур	Таксационные показатели культур			Количество растений, шт./га	Класс бонитета (по В.С. Моисееву)
					высота, м	диаметр, см	возраст, лет		
1	ель	черничный	минерализованная полоса, ПДН-1	посев	1,2±0,02	-	40	7170	V,б
2	ель	брусничный	минерализованная полоса, ПДН-1	посев	1,3±0,01	0,5±0,05	36	9020	V,a
3	сосна	брусничный	минерализованная полоса, ПДН-1	посадка	13,1±0,61	12,2±0,63	34	880	II
4	ель	черничный влажный	минерализованная полоса, ЯП-1	посадка	6,2 ±0,24	4,9±0,44	32	1060	III
8	сосна	черничный	минерализованная полоса, ТК-1,2	посадка	4,7±0,33	7,2±0,40	15	1980	II
9	сосна	черничный	микроповышения, ФЛШ-1,2	посадка	4,9±0,30	7,2±0,52	15	2010	II
10	сосна	черничный	микроповышения, ПШ-1	посадка	5,7±0,45	7,5±0,50	15	2500	II
11	ель	черничный	минерализованная полоса, ТК-1,2	посадка	0,9±0,11	-	15	7120	V
12	ель	черничный	минерализованная полоса, КМ-1	посадка	1,3±0,17	0,6±0,09	15	8080	IV
13	ель	черничный	минерализованная полоса, КМ-1	посадка	1,4±0,30	1,0±0,17	15	6690	IV
14	ель	черничный	минерализованная полоса, ЯП-1	посев	1,3±0,29	0,5±0,04	36	7360	V,б
15	сосна	черничный	пласт, ПЛ-1	посадка	5,3±0,70	8,5±0,84	19	1310	III
16	ель	черничный влажный	пласт, ПЛ-1	посев	1,5±0,45	1,1±0,26	19	2490	V
17	ель	черничный	пласт, ПЛ-1	посадка	4,2±0,61	5,0±0,30	18	2290	II
18	сосна	брусничный	дно борозд, ПКЛ-	посев	9,0±0,82	8,0±0,39	39	2194	IV

№ участ-ка	Культиви-руемая порода	Тип леса	Способ обработки почвы	Метод создания культур	Таксационные показатели культур			Количество растений, шт./га	Класс бонитета (по В.С. Моисееву)
					высота, м	диаметр, см	возраст, лет		
			70						
19	сосна	брусничный	дно борозды, ПКЛ-70	посадка	12,0±0,39	11,2±0,46	39	1460	III
20	сосна	брусничный	площадки 3 х 3 м, мотыга	посадка	11,0±0,55	10,3±0,61	39	1170	III
21	ель	черничный	минерализованные полосы после КМ-1	посадка	0,8±0,05	-	20	1630	V,б
22	сосна	черничный	микроповышения ПЛМ-1,3	посадка	8,0±0,36	11,5±0,77	25	1390	III
23	ель	черничный	микроповышения ПЛМ-1,3	посадка	1,4±0,11	0,9±0,08	25	2040	V,б

На участке 4, где 32-летние культуры достигли высоты 6,2 м и диаметра 4,9 см, отсутствие заметного воздействия низких температур позволяет им успешно конкурировать с пологом лиственных пород, рост которого составляет 6,5 м при среднем количестве 7820 деревьев на гектар.

Культуры ели, созданные методом посадки по пластам на участке 17, демонстрируют неплохие результаты в возрасте 18 лет, достигая средней высоты 4,2 м. Эти растения успешно конкурируют с пологом лиственных пород, что говорит о том, что метод посадки выбран правильно, для растений обеспечиваются необходимые условия для роста и развития. Отсутствие повреждения морозом является одним из ключевых факторов, способствующих их оптимальному росту. В отличие от этого, на участках 21 и 23, где культуры достигают возраста 20 и 25 лет соответственно, отмечается значительно меньшее развитие. Их средняя высота составляет всего 0,8 и 1,4 м соответственно. Это связано с частыми повреждениями растений заморозками, что провоцирует формирование кустистой формы деревьев. Они многократно меняют верхушечный побег, что становится препятствием для их нормального роста и качества формируемой древесины. Даже обработка почвы с использованием микроповышений плуга ПЛМ-1,3 на участке 23 не принесла ожидаемых результатов, показывая, что низкие температуры и недостаток уходов за растениями играют решающую роль в их развитии.

Сосна, в свою очередь, на некоторых участках оказывается более уязвимой к неблагоприятным факторам среды. На обследованных участках 5, 6 и 7 культуры сосны погибают из-за недостатка лесоводственных мероприятий или их несвоевременного осуществления, а также из-за повреждений, причиняемых лосями. Это подчеркивает важность правильного и своевременного ухода за сосновыми насаждениями для их успешного роста и выживания.

На участке 3, где сосновые культуры располагаются в брусничном типе леса, к 34-летнему возрасту они достигают средней высоты 13,1 м и диаметра 12,2 см. Эти показатели соответствуют II классу бонитета, что является свидетельством здоровых и продуктивных насаждений. На данном участке формируется сосново-березовое насаждение с составом 9С1Б+Е и общим запасом 154 м³ на гектар. Из этого запаса доля культур сосны составляет 129,4 м³ на гектар, что подтверждает их значительный вклад в общую древесную массу на этом участке. Естественное происхождение сосны добавляет 7,6 м³ на гектар, что также необходимо учитывать при планировании дальнейших лесоводственных мероприятий. В целом, успешное развитие сосны на данном участке является важным аспектом для формирования здоровых и устойчивых насаждений к внешним факторам.

Сравнительный анализ роста культур, созданных различными способами обработки почвы, показывает хорошие результаты, свидетельствующие о важности выбора метода подготовки площадок для посадки. На участке 19, где была применена механизированная подготовка с использованием плуга ПКЛ-70, наблюдается заметно лучший рост по сравнению с участком 20, где использовалась ручная обработка площадками. Это подтверждается также данными о сохранности культур: на участке с механизированной обработкой процент сохранности растений составляет 45,7%, тогда как на участке с ручной обработкой этот

показатель значительно ниже – всего 39%. Такие различия указывают на то, что механизированная обработка способствует лучшему укоренению и общему развитию хвойных растений.

Когда речь идет о сравнении роста сосны и ели одинакового биологического возраста в условиях брусничного типа леса, результаты свидетельствуют о явном отставании ели, что делает сосну предпочтительной для выбора в качестве посадочного материала в этих условиях. Сосна демонстрирует не только лучшее выживание, но и более высокие темпы роста как по высоте, так и по диаметру ствола.

Дополнительно, анализ таксационных показателей показывает, что растения, выращиваемые на участках с механизированной обработкой, имеют более высокие значения, чем те, что высажены при ручной обработке. Это подчеркивает, что ручная обработка почвы значительно влияет на рост и развитие культур, снижая их продуктивность и общую эффективность. Таким образом, выбор способа подготовки почвы является ключевым фактором, определяющим успешность лесовосстановления и дальнейшее развитие насаждений. Механизированный подход, как показывает практика, обеспечивает лучшие условия для роста растений, что является важным для достижения поставленных лесоводственных целей.

На участках 11, 12 и 13, где проводилось наблюдение за культурами ели, была зафиксирована их повреждаемость заморозками в молодом возрасте. Это наблюдалось до того, пока не сформировался полог лиственных пород. При этом отсутствие снежного покрова на хорошо сформированных плугом микроповышениях повлияло на уязвимость культур для зимних отрицательных температур.

В условиях формирования черничного свежего типа леса, где в первом ярусе доминирует береза, наблюдается значительное количество деревьев естественного происхождения – 16 тыс. шт. на гектар при средней высоте в 5,1 м. Это подтверждает возможность успешного естественного восстановления березы в данной экосистеме, что также оказывает благоприятное влияние на условия роста культур ели. Береза, как светолюбивое дерево, создает определенные условия под пологом, что, иногда мешает нормальному развитию еловых культур, особенно в стадии индивидуального роста.

Таким образом, можно отметить, что текущие условия, включая климатические факторы и виды растительности, оказывают значительное влияние на успешность и жизнеспособность еловых насаждений на указанных участках. Отсутствие защиты от заморозков и негативное влияние конкурирующих видов растительности могут существенно снизить общий успех восстановительных мероприятий. Поэтому для повышения выживаемости и устойчивости еловых культур в таких условиях потребуются тщательный подход к выбору лесовосстановительных работ.

Список литературы

1. Маркова И.А., Дерябина Н.В. Подготовка почвы под лесные культуры в таежной зоне в СССР и за рубежом // Обзорная информация: Лесоведение и лесоводство. – М.: ЦБНТИлесхоз, 1981. – 30 с.

2. Мелехов И.С., Корконосова Л.И., Чертовской В.Г. Руководство по изучению типов концентрированных вырубок // 2-е изд. – М., 1965. – 180 с.
3. Моисеев В.С. Таксация молодняков. Учебное пособие, Л.: 1971. – 343 с.
4. Пигарев Ф.Т., Беляев В.В., Сунгуров Р.В. Комплексная оценка качества посадочного материала и его применение на Европейском Севере / Методические указания. – Архангельск, 1987. – 16 с.
5. Родин А. Р. Лесоводственно-биологическое обоснование создания культур хвойных пород саженцами, // Научные труды МЛТИ, 1975. - Вып. 68. - С 158-164.
6. Сунгурова Н.Р., Дрочкова А.А. Биометрические характеристики посадочного материала как тест-показатель успешности культур *Pinus silvestris* L. // Изв. вузов. Лесн. журн. 2021. № 4. С.107–116. DOI: 10.37482/0536-1036-2021-4-107-116.
7. Тарханов С.Н. Изменчивость ели в географических культурах Республики Коми. – Екатеринбург: УрО РАН, 1998. - 196 с.
8. Торхов С.В. и др. Основные положения организации и развития лесного хозяйства в Архангельской области. - Арханг. лесоустроит. экспедиция. - Архангельск. - 2004 г. - 369 с. (Утверждены протоколом совещания у заместителя руководителя Рослесхоза Неведьева В.В. 11.01.2005 г.).
9. Чупров Н.П. Березняки Европейского Севера России. Архангельск: СевНИИЛХ, 2008. – 386 с.

References

1. Markova I.A., Deryabina N.V. Soil preparation for forest crops in the taiga zone in the USSR and abroad // Overview: Forestry and forestry. – M.: CBN-Tilleshov, 1981. – 30 p.
2. Melekhov I.S., Korkonosova L.I., Chertovskoy V.G. Guidelines for the study of types of concentrated logging // 2nd ed. – M., 1965. – 180 p.
3. Moiseev V.S. Taxation of young animals. Textbook, L.: 1971. – 343 p.
4. Pigarev F.T., Belyaev V.V., Sungurov R.V. Comprehensive assessment of planting material quality and its application in the European North / Methodological guidelines. – Arkhangelsk, 1987. – 16 p.
5. Rodin A. R. Forestry and biological substantiation of the creation of coniferous crops by seedlings, // Scientific works of MLTI, 1975. - Issue 68. - Pp. 158-164.
6. Sungurova N.R., Drochkova A.A. Biometric characteristics of planting material as a test indicator of the success of *Pinus silvestris* L. crops // Izv. vuzov. Lesn. zhurn. 2021. No. 4. Pp.107-116. DOI: 10.37482/0536-1036-2021-4-107-116.
7. Tarkhanov S.N. Variability of spruce in geographical cultures of the Komi Republic. Yekaterinburg: Ural Branch of the Russian Academy of Sciences, 1998. 196 p
8. Torkhov S.V. and others. The main provisions of the organization and development of forestry in the Arkhangelsk region. - Arhang. forest management. the expedition. Arkhangelsk, 2004, 369 p. (Approved by the minutes of the meeting with the Deputy head of the Federal Forestry Agency Nefediev V.V. on 11.01.2005).
9. Chuprov N.P. Birch Forests of the European North of Russia. Arkhangelsk: Sevniiikh, 2008. – 386 p.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ СОСНОВОЙ ВОДНОЙ ВЫТЯЖКИ В КАЧЕСТВЕ БИОСТИМУЛЯТОРА ЯРОВОЙ ПШЕНИЦЫ

В.Б. Троц, Н.М. Троц

Самарский государственный аграрный университет, г. Кинель,
Россия, e-mail: dr.troz@mail.ru

Аннотация. Опытами установлено, что применяя водную вытяжку из ствола сосны обыкновенной, используя 3,5 л – для предпосевной обработки 1 тонны семян и 1,0 л – для опрыскивания 1 га посевов можно существенно влиять на урожайность яровой пшеницы обеспечивая прибавку сборов зерна на неорошаемом участке - в пределах 15,8%, а в условиях орошения на уровне 17,8% при полной экономической окупаемости затрат.

Ключевые слова: урожай, зерно, биологически активный препарат, сосна обыкновенная, водная вытяжка.

THE USE OF PINE WATER EXTRACT AS A BIOSTIMULATOR OF SPRING WHEAT

V.B. Trots, N.M. Trots

Samara State Agrarian University, Kinel, Russia, e-mail: dr.troz@mail.ru

Annotation. Experiments have shown that using water extract from the trunk of a common pine, using 3.5 liters for pre-sowing treatment of 1 ton of seeds and 1.0 liters for spraying 1 hectare of crops, it is possible to significantly affect the yield of spring wheat by providing an increase in grain harvests in the non-irrigated area - within 15.8%, and under irrigation conditions at the level of 17.8% when full economic cost recovery.

Keywords: harvest, grain, biologically active preparation, common pine, water extract.

Введение. В сельскохозяйственном растениеводстве достаточно широко используются биологически активные вещества. Их производят из различных природных минеральных и органических веществ, а также синтетических соединений. Воздействия сравнительно небольшими дозами данных веществ на семена или вегетирующие растения можно увеличить урожайность зерновых культур до 15-20%, а кормовых и овощных растений на 25-30%. При этом материальные затраты на получение данной прибавки урожайности значительно ниже, чем от прибавки получаемой в результате применения минеральных удобрений. Это особенно

важно в современных экономических условиях, когда многие хозяйства не могут в полном объеме приобрести и внести необходимое количество минеральных удобрений [1,2].

В литературе также сообщается, что наряду с гуматами, торфом, соломой, навозом, растительной зеленью и другим органическими материалами для производства биологически активных веществ можно использовать зеленую массу хвойных деревьев и отходы производства лесной промышленности [3,4].

По нашему мнению, в качестве биоактиватора можно использовать и концентрированную водную вытяжку из ствола сосны обыкновенной, производимую компанией ООО «ГРИНЭКСТ» для использования в косметологии. Однако научные исследования в этом направлении не проводились и нет каких-либо литературных сведений по данному вопросу.

Цель исследований. Изучить влияние концентрированной водной вытяжки из ствола сосны (ExtPine) на продуктивность яровой пшеницы и выявить экономическую целесообразность ее использования в производстве.

Материалы и методы. Для решения поставленных задач, нами в 2023-2024 гг в ООО «Сев07» муниципального района Приволжский Самарской области был заложен полевой опыт, который предусматривал изучение различных норм использования концентрированной водной вытяжки из ствола сосны (ExtPine) (препарат) и двух способов ее применения (Фактор В). Его схема представлена в таблице 1.

1. Схема опыта, 2023-2024 гг.

Номер варианта	Варианты опыта	Способ использования препарата
1	Контроль	без обработки препаратом
2	Препарат в норме 3,0 л	обработка семян препаратом (3,0 л/т)
3	Препарат в норме 4,0 л	обработка семян препаратом (3,0 л/т) + обработка растений препаратом в фазу кущения (1 л/га)
4	Препарат в норме 3,5 л	обработка семян препаратом (3,5 л/т)
5	Препарат в норме 4,5 л	обработка семян препаратом (3,5 л/т) + обработка растений препаратом в фазу кущения (1,0 л/га)
6	Препарат в норме 4,0 л	обработка семян препаратом (4,0 л/т)
7	Препарат в норме 5,0 л	обработка семян препаратом (4,0 л/т) + обработка растений препаратом в фазу кущения (1 л/га)

Обработка семян препаратом проводилась за 4 дня до посева с помощью машины ПС-10 и одновременно с их протравливанием фунгицидами. При этом концентрированная водная вытяжка из ствола сосны (ExtPine) разбавлялась в растворе воды из расчета 10 литров раствора на 1 тонну семян. Для опрыскивания вегетирующих растений норма расхода препарата использовалась из расчета 1 л на 1 га посева. Обработка посевов проводилась самоходным опрыскивателем ОС-2500 из расчета 200 л воды на 1 га посева. Это делалось одновременно с обработкой растений гербицидами и их подкормкой минеральными удобрениями.

Все изучаемые варианты опыта высевались при естественном и искусственном орошении (Фактор С) на фоновом уровне полного минерального удобрения, принятом в хозяйстве $N_{40}P_{40}K_{40}$. Опыт предусматривал 3-х кратную повторность. Учетная площадь

делянки 500 м². Почва - чернозем обыкновенный с глубиной гумусового горизонта 50-60 см, содержанием гумуса около 5,14 %, подвижного фосфора 12,2 мг и обменного калия 18,6 мг на 100 г почвы. Реакция почвенного раствора – слабощелочная со значением pH в пределах 7,2-7,3. Рельеф поверхности поля выравненный с общим небольшим уклоном (менее 2°) в юго-западном направлении.

Агротехника в опыте была общепринятой для яровой пшеницы в южной агроклиматической зоне Самарской области и базировалась на безотвальной обработке пахотного горизонта плоскорезом КПШ-9. Предшественник в опыте – озимая пшеница. Посев яровой твердой пшеницы проводился зерновой сеялкой Amazone DMC Primera 601. Норма высева семян составляла 170 кг/га или 4,5 млн. шт. всхожих семян на 1 га. Уборка опытных посевов выполнялась зерноуборочным комбайном Acros. Зерно с каждой учетной делянки обмолачивалось отдельно и ссыпалось в транспортное средство, затем взвешивалось на автомобильных весах с точностью до 1,0 кг.

За вегетационный период 2023 года в районе опытного поля выпало 128,2 мм атмосферной влаги, при норме 172 мм, ГТК составил 0,53. Рост и развитие опытных растений в 2024 году проходил в более благоприятных условиях, при ГТК 0,64.

Орошение опытных посевов выполнялось фронтальной дождевальная машиной BAUER OneAqua, при снижении влажности почвы ниже 70-75% от НВ.

Вся научная работа в опытах велась с учетом методики опытного дела Б.А. Доспехова и основ научных исследований в агрономии по Моисейченко В.Ф. [5, 6].

Результаты и обсуждения. Опытами установлено, что яровая твердая пшеница сорта Безенчукская золотистая даже при естественном атмосферном увлажнении на удобренном черноземе южной зоны Самарской способна формировать урожаи зерна на уровне 1,26 т с 1 га (табл. 1).

1. Урожайность зерна яровой пшеницы, 2023-2024 гг.

№ п/п	Варианты опыта	Без орошения			На орошении		
		урожай зерна, т/га	прибавка		урожай зерна, т/га	прибавка	
			т/га	%		т/га	%
1.	Контроль	1,26	-	-	2,02	-	-
2.	Препарат в норме 3,0 л	1,33	0,07	5,5	2,17	0,15	7,4
3.	Препарат в норме 4,0 л	1,38	0,12	9,5	2,23	0,21	10,3
4.	Препарат в норме 3,5 л	1,42	0,16	10,9	2,30	0,28	13,8
5.	Препарат в норме 4,5 л	1,46	0,20	15,8	2,38	0,36	17,8
6.	Препарат в норме 4,0 л	1,39	0,13	10,3	2,28	0,26	12,8
7.	Препарат в норме 5,0 л	1,41	0,15	11,9	2,33	0,31	15,3
НСР ₀₅		0,05	-	-	0,12	-	-

Опытами установлено, что используя в качестве биологически активного вещества концентрированную водную вытяжку из ствола сосны (ExtPine) можно влиять на продуктивность растений увеличивая урожайность зерна с 1 га в среднем на 5,5-15,8% и достоверно обеспечивая дополнительные его сборы, по сравнению с контрольным вариантом, на уровне 0,07-0,20 т с 1 га.

При этом наиболее существенная прибавка урожая получена нами в вариантах, где для стимулирования жизненных процессов растений проводилась предпосевная обработка семян с применением биопрепарата в норме 3,5 л на 1 тонну семян (вариант №4) и дополнительное опрыскивание вегетирующих растений с нормой расхода препарата 1 л на 1 га и суммарной нормой его применения 4,5 л (вариант №5).

Выявлено, что наибольший эффект прослеживается при дробном применении препарата, когда часть его используется для предпосевной обработки семян, а часть – для опрыскивания растений в фазу кущения. Данная закономерность четко прослеживалась и при применении препарата с другими нормами его расхода. Двукратное воздействие биопрепарата на растительный организм позволяет существенно стимулировать биохимические процессы в растительных тканях и при прочих равных условиях в среднем на 4,9% повысить сбор зерна с 1 га.

Применение препарата в норме 3,0 л для обработки семян (вариант №2) и в норме 4,0 л (вариант №3) для двукратного его использования не имело преимуществ перед лучшими вариантами опыта (№4 и №5), хотя и способствовало повышению сборов зерна, по сравнению с контрольным посевом в среднем на 5,5% и 9,5% или на 0,07 т и 0,12 т зерна с 1 га. Очевидно при данных нормах использования водной вытяжки из ствола сосны (ExtPine), ее проникновение в клетки растительных тканей происходит медленнее, или количество препарата недостаточно для активного участия в биохимических клеточных процессах. Однако в любом случае двукратное воздействие препаратом на растение оказывается в среднем на 4,0% результативнее варианта с предпосевной обработкой семян, дополнительно позволяя собрать с каждого гектара 0,05 т зерна.

При использовании препарата в норме 4,0 л для предпосевной обработки 1 т семян начинает прослеживаться уже ее ингибирующий эффект и урожайность зерна данного варианта опыта (вариант № 6) не только не растет, но и начинает снижаться - до 1,39 т/га. Аналогичная закономерность прослеживается и с продуктивностью варианта №7, где дополнительно к обработке семян препаратом в норме 4,0 л/т добавлялось еще и опрыскивание посевов раствором водной вытяжки из ствола сосны (ExtPine) с нормой 1,0 л/га.

Анализ урожайных данных полученных на орошаемом участке опыта показал, что за счет применения дополнительного орошения почвы можно увеличить сборы зерна во всех вариантах опыта в среднем на 60,3-63,0% - до 2,02-2,38 т/га и существенно усилить эффект от воздействия биологически активного препарата на растительный организм за счет лучшего обводнения тканей и растворения препарата в физиологических растворах.

Установлено, что воздействуя на семена препаратом в норме 3,0 л/т (вариант №2) и дополнительно еще и на вегетирующие растения (вариант №3) в норме 1,0 л/т можно повысить сборы зерна с 1 га соответственно на 7,4% и 10,3%. Повысив норму использования препарата на обработке семян до 3,5 л/т можно добиться прибавки урожая уже на 13,8% (вариант №4), а при дополнительной обработке посевов, с расходом препарата 1,0 л/га – на 17,8% (вариант №5). Повышение нормы использования водной вытяжки из ствола сосны (ExtPine) при обработке семян – до 4,0 л/т (вариант №6) и до 5,0 л – при двукратном воздействии на растительный организм (вариант № 7), также как и в вариантах неорошаемого участка, не

способствовало дальнейшему росту урожая зерна яровой пшеницы. Прибавка его сборов, по отношению к контролю, составляла соответственно всего лишь 12,8% и 15,3%.

Опытами установлено, что более лучший результат от применения водной вытяжки из ствола сосны (ExtPine) в условиях орошения, также как и при естественном увлажнении растений, четко прослеживается при двукратном воздействии на растительный организм – при предпосевной обработке семян и опрыскивании растений в фазу кущения.

При расчете показателей экономической эффективности использования концентрированной водной вытяжки из ствола сосны (ExtPine) в технологии выращивания яровой твердой пшеницы мы исходили из того что стоимость 1 л препарата составляет 500 руб. Каких либо дополнительных технологических мероприятий на ее применение не требуется, поскольку предпосевная обработка данным препаратом семян совмещается с их обработкой фунгицидами, а опрыскивание посевов с их обработкой гербицидами для подавления сорной растительности. Поэтому в сумму производственных затрат нами включалась только стоимость расходуемого препарата по вариантам опыта.

Экономическая оценка полученных результатов опыта показала, что стоимость убранного урожая зерна яровой твердой пшеницы в 2023-2024 годах в денежном выражении по вариантам опыта варьировала от 25,2 тыс. руб./га до 47,6 тыс. руб./га (в рыночных ценах, сложившихся на август-октябрь 2024 г – из расчета 20 000 руб. за 1 т зерна твердой пшеницы).

Анализ данных неорошаемого участка выявил, что на производство полученного в контрольном варианте опыта зерна необходимо потратить 15,6 тыс. руб. на 1 га, при этом буде получен условный чистый доход на уровне 9,60 тыс. руб./га при рентабельности производства 61,5%. В варианте №2, где проводилась предпосевная обработка семян биопрепаратом в норме 3,0 л/т, производственные затраты возрастают на 1,5 тыс. руб. и составляют 17,1 тыс. руб./га, в результате получаемый условный чистый доход уменьшается до 9,50 тыс. руб./га, а уровень рентабельности – до 55,8%.

В варианте №3 с дополнительным опрыскиванием посевов препаратом в норме 1,0 л/га и суммарным его расходом 4,0 л производственные затраты повышаются еще на 0,5 тыс. руб. – до 17,6 тыс. руб./га, увеличивается и стоимость продукции – на 1,0 тыс. руб./га. Это способствует росту показателя условного чистого дохода – до 10 тыс. руб./га. Понесенные затраты на применение препарата полностью окупаются, но уровень рентабельности -56,8% не дотягивает до контрольного индекса.

Увеличение нормы расхода препарата на предпосевную обработку семян до 3,5 л на 1 т (вариант № 4) позволяет увеличить стоимость произведенной продукции, по сравнению с контрольным вариантом, на 3,2 тыс. руб. га и при сравнительно небольшом повышении суммы производственных затрат, добиться приемлемого показателя рентабельности производства - 63,7%.

Вариант №5 с дополнительным опрыскиванием посевов препаратом в норме 1,0 л/га хотя и обеспечивал рост урожайности яровой твердой пшеницы, но и требовал увеличения денежных расходов на дополнительное приобретение концентрированной водной вытяжки из ствола сосны (ExtPine), это не способствовало повышению эффективности производства. Его

рентабельность – 63,6% практически оставалась на уровне варианта №4 – с предпосевной обработкой семян.

Дальнейшее увеличение нормы применения препарата – до 4,0 л на 1 т обрабатываемых семян (вариант №6) вело к снижению получаемой денежной выручки от продажи зерна, показателю условного чистого дохода и уровню рентабельности производства – до 58,0%.

Еще более низкие экономические показатели рентабельности производства – 55,8% отмечались нами в варианте №7, где дополнительно к расходуемому 4,0 л препарата добавлялся еще 1 л продукта на опрыскивание посевов.

Анализ экономических показателей орошаемых вариантов показал их бесспорное преимущество по объему производимой продукции, которая в денежном выражении в среднем в 1,6 раза превышала показатели неорошаемых опытных посевов. Но искусственное дождевание требовало определенных затрат на подачу воды, а это было в среднем около 3,0 тыс. руб./га. Но они полностью окупались дополнительной продукцией. При этом только от применения биопрепарата свыше контрольного значения было получено – 1,50-4,95 тыс. руб. с 1 га. Как и в посевах неорошаемого участка, на орошении лучшие экономические показатели обеспечивали варианты №4 с нормой расхода препарата 3,0 л при однократном его воздействии на растительный организм и вариант №5 с нормой расхода препарата 4,0 л и двукратном его применении. Рентабельность производств в этих вариантах опыта равнялась соответственно 126,0% и 128,3% - при контрольном значении – 117,2%.

Выводы. Выполненные исследования позволяют сделать следующие основные выводы:

1. Наиболее эффективной нормой расхода концентрированной водной вытяжки из ствола сосны (ExtPine), для использования в качестве биологического стимулятора растений яровой твердой пшеницы сорта Безенчукская золотистая, является 4,5 л с дробным ее применением, используя 3,5 л – для предпосевной обработки 1 тонны семян и 1,0 л – для опрыскивания 1 га посевов. Она обеспечивает получение прибавки сборов зерна, по сравнению с контролем - на неорошаемом участке - 15,8%, а при орошении - 17,8%.

2. Использование водной вытяжки из ствола сосны (ExtPine) в качестве биологически активного препарата в технологии возделывании яровой твердой пшеницы сорта Безенчукская золотистая в условиях богары южной агроклиматической зоны Самарской области экономически оправдано только при предпосевной обработке семян в норме 3,5 л на 1 т семян.

3. В условиях искусственного орошения посевов пшеницы данный биологически активный препарат экономически целесообразно использовать двукратно, с суммарной нормой 4,5 л. Первый раз - для предпосевной обработки семян в норме 3,5 л/т, второй раз – для опрыскивания посевов в фазу кущения с нормой расхода препарата 1,0 л/га. Данный способ использования препарата обеспечивает максимальную рентабельность производств – 128,3%, при контрольном значении 117,2%.

Список литературы

1. Влияние магниевого серосодержащего удобрения Ультра Си на продолжительность вегетации сои / В.Б. Троц, Н.М. Троц, А.И. Манухин, С.В. Троц // Известия Оренбургского ГАУ. - 2023. - №2 (100). - С. 48-54.
2. Агроэкологическая оценка эффективности применения глинисто-солевого шлама Усольского калийного комбината в агроценозах зерновых культур / Н.И. Аканова, Н.М. Троц, В.Б. Троц, А.С. Стромский, А.А. Стромский // Плодородие. - 2023. - №2 (131). - С. 71-75.
3. Ушанова В.М. Переработка древесной зелени и коры пихты сибирской с получением биологически активных продуктов / В.М. Ушанова // Хвойные бореальной зоны. -2013. - № 1-2. – С. 138-142.
4. Полупродукты для синтеза современных и перспективных пиретроидных инсектицидов области. - URL: <http://web.nioch.nsc.ru/194-kategorii-ru/razrabotki/bav-i-preparaty-dlya-selskogo-khozyajstva> (дата обращения 20.03.2025 г.).
5. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований). - 5-е издание, дополненное и переработанное / Б.А. Доспехов. - М.: Агропромиздат, 1985. - 351 с.
6. Моисейченко В.Ф. Основы научных исследований в плодоводстве, овощеводстве и виноградарстве / В.Ф. Моисейченко. – Москва: «Колос», 1996. – 381 с.

REFERENCES

1. Trots V.B., N.M. Trots, A.I. Manukhin, S.V. Trots. The influence of magnesium sulfur-containing fertilizer Ultra Si on the duration of soybean vegetation // Izvestiya Orenburg State Agrarian University. - 2023. - №2 (100). - PP. 48-54.
2. Agroecological assessment of the effectiveness of the use of clay-salt sludge from the Usolsky potash plant in agrocenoses of grain crops / N.I. Akanova, N.M. Trots, V.B. Trots, A.S. Stromsky, A.A. Stromsky // Fertility. - 2023. - №2 (131). - PP. 71-75.
3. Ushanova V.M. Processing of woody greenery and bark of Siberian fir to produce biologically active products / V.M. Ushanova // Conifers of the boreal zone. -2013. - № 1-2. – PP. 138-142.
4. Intermediates for the synthesis of modern and promising pyrethroid insecticides of the region. – URL: <http://web.nioch.nsc.ru/194-kategorii-ru/razrabotki/bav-i-preparaty-dlya-selskogo-khozyajstva> (accessed 03/20/2025).
5. Dospekhov B.A. Methodology of field experience (with the basics of statistical processing of research results). - 5th edition, expanded and revised / B.A. Dospekhov. - M.: Agropromizdat, 1985. - 351 p.
6. Moiseichenko V.F. Fundamentals of scientific research in fruit growing, vegetable growing and viticulture / V.F. Moiseichenko. – Moscow: Kolos, 1996. 381 p.

DOI:10/58168/FECC2025_338-343

УДК 630.94(470)(630.81)

КОЛИЧЕСТВЕННАЯ ОЦЕНКА РАБОТ ПО ЛЕСОВОССТАНОВЛЕНИЮ И ЛЕСОРАЗВЕДЕНИЮ НА ЗЕМЛЯХ ЛЕСНОГО ФОНДА В ЛЕСАХ ЦЕНТРАЛЬНОЙ ЛЕСОСТЕПИ

М.А. Тувышкина, А.Н. Водолажский

Воронежский государственный лесотехнический университет имени Г.Ф. Морозова,
г. Воронеж, Россия, e-mail: k995ma@yandex.ru

Аннотация. В данной работе проанализированы объемы проведенного лесовосстановления и лесоразведения за последнее десятилетие, начиная с 2014 года по 2023 год, отдельно по способам по шести субъектам РФ: Белгородской, Воронежской, Липецкой, Тамбовской, Орловской и Курской областям. Установлено, что общий объем лесовосстановления по всем областям ЦЧО за рассматриваемый период неизменно сокращается. Разница между значениями 2014 года и 2023 года составляет 2524,7 га или 41,5%.

Ключевые слова: лесовосстановление, способы лесовосстановления, лесоразведение, лесные культуры.

QUANTIFICATION OF REFORESTATION AND AFFORESTATION ON FOREST FUND LANDS IN THE FORESTS OF THE CENTRAL FOREST STEPPE

M.A. Tuvyshkina, A.N. Vodolazhskiy

Voronezh State University of Forestry and Technologies named after G.F. Morozov,
Voronezh, Russia, e-mail: k995ma@yandex.ru

Abstract. This paper analyzes the volume of reforestation and reforestation over the past decade, starting from 2014 to 2023, separately by methods in six regions of the Russian Federation: Belgorod, Voronezh, Lipetsk, Tambov, Orel and Kursk regions. It has been established that the total volume of reforestation in all regions of the Central Forest Area has been steadily decreasing over the period under review. The difference between the values of 2014 and 2023 is 2,524.7 hectares, or 41.5%.

Keywords: reforestation, methods of reforestation, afforestation, forest crops.

Количественная оценка эффективности мероприятий по лесовосстановлению является

важным инструментом управления лесным фондом Центральной лесостепи России. Данная территория характеризуется высокой степенью антропогенного воздействия, что делает восстановление лесных экосистем приоритетной задачей экологического регулирования в рассматриваемом регионе. Его лесные экосистемы играют ключевую роль в поддержании биоразнообразия, обеспечении экологического равновесия и сохранении природных ресурсов страны. Однако интенсивная хозяйственная деятельность, изменения климата и природные катаклизмы приводят к деградации лесных массивов, сокращению площади естественных насаждений и снижению продуктивности леса. Для решения этих проблем государство реализует комплекс мер по восстановлению лесов, включая посадку новых деревьев, улучшение качества существующих посадок и контроль за состоянием лесных угодий. Для оценки эффективности проводимых мероприятий и прогноза возможных потребностей в них в будущем необходимы объективные данные о динамике объемов проведенных работ. Цель настоящей статьи – провести количественный анализ работ по лесовосстановлению и лесоразведению на землях лесного фонда Центральной лесостепи за последнее десятилетие.

Центральная лесостепь Европейской части Российской Федерации включает в себя шесть субъектов. Это Белгородская, Воронежская, Курская, Липецкая, Тамбовская и Орловская области. Для насаждений лесного фонда этих регионов на основе документов отраслевой отчетности (форма № 15-ОИП) [1, 2] выполнен количественный анализ работ по лесовосстановлению и лесоразведению за последнее десятилетие (таблица 1).

Объемы лесовосстановления в Белгородской области за рассматриваемый 10-летний период неизменно сокращаются с 347,4 га в 2014 году до 75,8 га в 2023 году. В данном субъекте лесовосстановление полностью представлено искусственным способом. С 2014 года по 2020 год выполнялось оно только посадкой сеянцев с открытой корневой системой, а с 2021 года появляются объемы посадки сеянцев с закрытой корневой системой, которые с каждым годом постепенно возрастают с 1,7 га в 2021 году до 14 га в 2023 году, но доля их незначительна и составляет всего от 2,4% до 18,5% от общего объема

В Воронежской области общие объемы лесовосстановления за первые пять лет рассматриваемого периода постепенно снижаются с 2677,4 га в 2014 году до 1533,4 га в 2018 году, затем наблюдается незначительное их увеличение до 1894,4 га в 2020 году, затем снова скачок вниз до 1701,8 га в 2021 году и опять повышение площади до 2067,4 га в 2023 году. Из всех способов доминирует искусственное лесовосстановление, доля которого составляет 89-100%. Оно осуществляется посадкой сеянцев и посевом семян. Последний способ включает в себя небольшие площади от 10,1 га до 318,7 га. Создание лесных культур в основном осуществляется посадкой сеянцев с открытой корневой системой, хотя на протяжении всего рассматриваемого периода имеются объемы посадки сеянцев с закрытой корневой системой, которые составляют от 1/6 до 1/2 площади посадки. Объемы естественного лесовосстановления значительно варьируют по годам. Так в 2017 году оно проводилось на площади 213,3 га, в 2016 – 90,8 га, в 2020 – 1,8 га, а в 2019, 2021 и 2022 годах – отсутствовало совсем. Такая же картина наблюдается и по комбинированному способу лесовосстановления. Лесоразведение в Воронежской области не осуществляется.

[illegible]

В Курской области общий объем лесовосстановления на протяжении последних 10 лет неизменно сокращается от 615,4 га в 2014 году до 263 га в 2023 году, то есть почти в три раза. Он включает в себя искусственный (84-98%) и естественный способы (2-16%), комбинированное лесовосстановление отсутствует. Искусственное лесовосстановление осуществляется в основном посадкой сеянцев с открытой корневой системой. Исключения составляют 2022 и 2023 годы, когда еще сажали сеянцы с закрытой корневой системой, но в небольших объемах (16 и 24% соответственно), и 2018 и 2019 годы, когда производился посев лесных семян (7 и 30%). Объемы естественного лесовосстановления значительно варьируют по годам от 5,4 га в 2023 году до 99,5 га в 2014 году. В целом за последние 10 лет наблюдается снижение этого показателя. Лесоразведение проводилось в 2014 году на площади 37,1 га, затем четыре года отсутствовало, а, начиная с 2019 года, вновь осуществлялось на площади от 3,7 до 24 га.

Общий объем лесовосстановления Липецкой области за рассматриваемый период значительно сократился с 1470,5 га в 2014 году до 255,5 га в 2023 году, то есть практически в 6 раз. Искусственный способ лесовосстановления доминирует над остальными способами и составляет примерно 94-100% от общего объема. Он осуществляется в основном посадкой сеянцев с открытой корневой системой, хотя в 2022 и 2023 годах появляется посадка сеянцев с закрытой корневой системой, но доля ее небольшая (около 1/5 части). Посев семян проводится только в 2014 году на площади 75,1 га и в 2017 году на площади 1,0 га. Другие способы лесовосстановления (естественный и комбинированный) присутствуют только в 2014 и 2015 годах в незначительных объемах. Лесоразведение в Липецкой области проводится, начиная с 2016 года, его площади варьируют по годам от 0,1 га в 2023 году до 16,6 га в 2016 году.

В Орловской области общие объемы лесовосстановления сначала увеличиваются с 40,3 га в 2014 году до 134,9 га в 2016 году, а затем постепенно начинают сокращаться, и в 2023 году составляют 82,0 га. Так же, как и в других субъектах, искусственное лесовосстановление преобладает над остальными способами и составляет от 87 до 100%. Оно проводится посадкой сеянцев с открытой корневой системой, в 2022 и 2023 годах добавляется посадка сеянцев с закрытой корневой системой, которая составляет по годам соответственно 38% и 23% от общей площади посадки, и посевом лесных семян. Последний способ создания лесных культур за рассматриваемое десятилетие осуществлялся только в 2015-2018 годах и 2022 году. Его объемы варьируют от 10 до 38 га. Лесоразведение в Орловской области проводилось только в 2014 году на площади 132,9 га.

Общие объемы лесовосстановления в Тамбовской области достаточно стабильны по годам рассматриваемого десятилетия, их значения колеблются от 812,7 га до 1153 га. Из всех имеющихся способов в данном субъекте используется лишь один –искусственное лесовосстановление, которое осуществляется только посадкой сеянцев с открытой корневой системой. Лесоразведение в Тамбовской области не проводится.

Таким образом, из всего вышеизложенного можно сделать вывод, что общий объем лесовосстановления по всем областям ЦЧО за рассматриваемый период неизменно сокращается (рис. 1). Разница между значениями 2014 года и 2023 года составляет 2524,7 га

или 41,5%. В регионе преимущественно используется искусственный способ лесовосстановления путем посадки сеянцев с открытой корневой системой. Посадка сеянцев с закрытой корневой системой на протяжении всего изучаемого десятилетия осуществляется только в Воронежской области, а в остальных субъектах значения имеются только за последние 2-3 года. Исключение составляет Тамбовская область, где данный способ создания лесных культур не используется.

Площади посева лесных семян существенно варьируют по годам от 10,1 га в 2021 году до 203,0 га в 2014 году. Естественное лесовосстановление проводится в объемах, которые составляют 0,29-5,8% от общей площади лесовосстановления. Комбинированный способ также имеет незначительные показатели площади (0,3-3,1%). Лесоразведение в изучаемых субъектах проводится в течение всего рассматриваемого периода, за исключением 2015 года. Его объемы колеблются от 16,6 га в 2016 году до 170,0 га в 2014 году.

Список литературы

1. Отраслевая отчетность по форме 15-ОИП в Российской Федерации. – URL: <https://rosleshoz.gov.ru>
2. Приказ Министерства природных ресурсов и экологии РФ от 1 марта 2022 г. № 144 «Об установлении форм, содержания и порядка представления отчетности об осуществлении органами государственной власти субъектов Российской Федерации переданных в соответствии с частью 1 статьи 83 Лесного кодекса Российской Федерации полномочий Российской Федерации в области лесных отношений». – URL: <https://www.garant.ru/products/ipo/prime/doc/404423902>.

References

1. Industry reporting on Form 15-IPR in the Russian Federation. – URL: <https://rosleshoz.gov.ru>
2. Order No. 144 of the Ministry of Natural Resources and Ecology of the Russian Federation dated March 1, 2022 "On Establishing the Forms, Content and Procedure for Reporting on the Exercise by State Authorities of the Subjects of the Russian Federation of the Powers of the Russian Federation in the field of forest relations transferred in accordance with Part 1 of Article 83 of the Forest Code of the Russian Federation". – URL: <https://www.garant.ru/products/ipo/prime/doc/404423902>.

СЕЗОННОЕ РАЗВИТИЕ НЕКОТОРЫХ ХВОЙНЫХ ВИДОВ В Г. ВОРОНЕЖ В ВЕГЕТАЦИОННЫЙ ПЕРИОД 2024 ГОДА

Ю.В. Чекменева, И.Е. Кузнецова, А.А. Виноградова

Воронежский государственный лесотехнический университет имени Г.Ф. Морозова,
г. Воронеж, Россия, e-mail: yuliya-chekmeneva@yandex.ru

Аннотация. В работе представлены результаты изучения метеорологических условий вегетационного периода 2024 года и анализ их влияния на фенологическое развитие некоторых хвойных видов, растущих в г.Воронеж. Определены термические условия вегетационного периода 2024 года, проведен расчет сумм активных и эффективных температур, соответствующих началу фенофаз.

Ключевые слова. Хвойные виды, фенологическое развитие, вегетационный период, сумма активных и эффективных температур.

SEASONAL DEVELOPMENT OF SELECT CONIFEROUS SPECIES IN VORONEZH DURING THE VEGETATION PERIOD OF 2024

Yu.V. Chekmeneva, I.E. Kuznetsova, A.A. Vinogradova

Voronezh State University of Forestry and Technologies named after G.F. Morozov,
Voronezh, Russia, e-mail: yuliya-chekmeneva@yandex.ru

Abstract. The paper presents the results of a study of the meteorological conditions of the growing season of 2024 and an analysis of their impact on the phenological development of some coniferous species growing in Voronezh. The thermal conditions of the growing season of 2024 were determined, the sums of active and effective temperatures corresponding to the beginning of phenophases were calculated.

Keywords: coniferous species, phenological development, vegetation period, sum of active and effective temperatures.

Введение

Одним из актуальных направлений исследований являются наблюдения за фенологическим развитием растений и выявление их реакции на колебания погодных факторов. Фенологические показатели развития растений, сдвиги в сроках наступлений фенофаз под влиянием изменения погодных условий позволяют использовать растения в качестве феноиндикаторов изменения климата [5].

В последние десятилетия в условиях нарастающего изменения климата оценка состояния городских насаждений невозможна без исследования сезонного развития растений [4].

Цель исследования - изучение фенологического развития деревьев *Pseudotsuga menziesii* (Mirb.) Franco, *Metasequoia glyptostroboides* Hu & W.C. Cheng, *Pinus sylvestris* L. растущих в городских посадках центрального района г.Воронеж в течение вегетационного периода 2024 г.

Задачи:

1. провести сравнительный анализ фенологического развития генеративных и вегетативных органов хвойных видов, произрастающих в придорожных посадках Центрального района г.Воронеж;
2. оценить термические условия вегетационного периода 2024 года, определить среднесуточные температуры воздуха, суммы активных и эффективных температур, соответствующие наступлению фенологических фаз разных видов.

Объекты и методика исследований.

Объекты исследования — голосеменные древесные виды, растущие в городских посадках. Псевдотсуга Мензиса (*Pseudotsuga menziesii* (Mirb.) Franco) — интродуцент из западной части Северной Америки (восемь деревьев). Метасеквойя глиптостробусовая (*Metasequoia glyptostroboides* Hu & W.C. Cheng) — интродуцент из Китая (три дерева). Аборигенный вид сосна обыкновенная (*Pinus sylvestris* L.) — три дерева. Возраст *P. menziesii* и *P. sylvestris* 38 – 45 лет, *M. glyptostroboides* 15 – 20 лет. Деревья растут в рядовых и групповых посадках, прилегающих к автомобильным дорогам.

Наблюдение за фенологическим развитием проведено по методике Булыгина Н.Е. Расчет среднесуточных температур (ССТ, °C) сумм активных (САТ, °C) и эффективных температур воздуха (СЭТ, °C) произведено по методике Лосева А.П., Журниной Л.Л. [3]. Активная температура — среднесуточная температура воздуха выше биологического минимума развития культуры. Эффективная температура — среднесуточная температура воздуха, уменьшенная на значение биологического минимума

Для развития растений наиболее важным фактором является теплообеспеченность, которая характеризуется суммой активных температур, и вычисляется как сумма среднесуточных температур воздуха за период времени, в течение которого среднесуточная температура равнялась выше 5, 10 или 15 °C, т.к. для каждого из растений существуют свои минимальные температуры. Весной в умеренном климате при прохождении порога ССТ = +5°C растения выходят из состояния покоя, вступая в период вегетации.

Результаты и обсуждение

В настоящее время все чаще проявляются погодные аномалии, оказывающие негативное влияние на древесно-кустарниковые насаждения. Превышение нормативного значения средней годовой температуры (+7,5 °C) в 2024 году составило 1,7 °C (+9,2 °C), при этом год характеризовался значительным дефицитом осадков - 381 мм при среднем многолетнем значении 572 мм (отрицательная аномалия 67 %). Данный год являлся самым засушливым за последние 75 лет (с 1949 года). [2].

Аномально раннее начало вегетационного периода в 2024 году началось с перехода среднесуточной температуры воздуха через 0°C в конце первой декады марта (09.03), а с 20 марта среднесуточные температуры стали превышать пороговые значения +5 °С, начался рост сумм активных (САТ) и эффективных температур (СЭТ). Последующее похолодание и падение ССТ до 0°C с 24 по 26 марта не остановило начала сезонного развития у наблюдаемых растений (табл.1).

Набухание почек у деревьев *M. glyptostroboides* и *P. sylvestris* отмечено в близкие сроки 24 и 26 марта при одинаковых показателях сумм активных и эффективных температур (САТ = 19.5 °С и СЭТ = 5,5 °С). Значения ССТ были близки к 0 °С (0.1 и 1.1°C). Для наступления этой фазы *P. menziesii* необходимо большее количество накопленного тепла. Ранняя фенофаза зафиксирована в конце второй декады апреля (19.04), поздняя — в середине третьей декады апреля (26.04) при САТ = 14.1/20.0°C и СЭТ = 212.7/ 274.5 °С. Этот период сопровождался резким аномальным потеплением, значения ССТ перешли пороговые значения выше +10 °С в конце второй декады апреля (19.04). Превышение следующего порога +15°C среднесуточными температурами установлено в середине третьей декады апреля (26.04). Средняя месячная температура апреля (+14,6 °С) на 5,9 °С превысила климатическую норму (+8,7 °С) [2].

Развержение почек у деревьев *P. sylvestris* зарегистрировано в конце марта (29.03) при САТ = 47.4°C и СЭТ = 22.4°C. Среднесуточная температура превысила пороговые значения в +10°C. У *M. glyptostroboides* раннее наступление фенофазы зафиксировано в конце первой декады апреля (08.04), позднее — в начале второй декады апреля (13.04), при САТ = 166.4 /276.6 °С и СЭТ = 91.4/171.6 °С. Среднесуточная температура в эти сроки перешла пороговое значение в +15°C. Расхождение почечных чешуй у деревьев *P. Menziesii* зафиксировано в конце апреля у ранней феноформы (26.04) и в начале мая — у поздней (2.05), при САТ = 439.2 и 520.8 °С; СЭТ = 274,2 – 335,8°C. В этот период среднесуточная температура воздуха достигла 20°C. В начале мая (02.05) похолодало и значения ССТ опустились до 13.6°C.

Начало роста побегов у деревьев ранней феноформы *P. sylvestris* зарегистрировано в середине первой декады апреля (05.04) при ССТ = 4.7 °С. Деревья поздней феноформы вступили в фазу в начале второй декады апреля (11.04) при САТ = 130.1 и 224.1 °С; СЭТ = 10,1 – 44.1°C. Ранняя фенодата у деревьев *M. glyptostroboides* установлена в конце первой декады апреля (11.04), поздняя — в конце второй декады апреля (19.04) при САТ = 224.1/342.4°C; СЭТ = 44.1 – 82.4 °С. Для начала линейного роста побегов *P. Menziesii* потребовалось большее количество тепла. Раннее наступление фенофазы отмечено в конце апреля (28.04), позднее — в начале мая (4.05) при САТ = 472,4/541.1°C и СЭТ = 122.4 – 141.1 °С. В этот период наступило резкое похолодание, и значения ССТ опустились с 14.7 до 6.5°C. Абсолютный минимум зафиксирован 4 мая –2.4 °С и 10 мая –1,8 °С. Значения являются абсолютным минимумом для соответствующих дат) [1].

Таблица 1 – Фенологическое развитие хвойных видов и температурные показатели вегетационного периода в г.Воронеж 2024 г.

Развитие вегетативных побегов					
Набухание почек					
Вид	дата наступления		ССТ,°С	САТ,°С	СЭТ, °С
	ранняя	поздняя			
<i>M.glyptostroboides</i>	24.03		0.1	19.5	5,5
<i>P. sylvestris</i>	26.03		1.1	19.5	5,5
<i>P.menziesii</i>	19.04	26.04	14.1 / 20.0	337.7 / 434.5	212.7 / 274.5
Разверзание почек					
<i>M.glyptostroboides</i>	8.04	13.04	17.1 / 14.4	166.4 / 276.6	91.4 / 171.6
<i>P. sylvestris</i>	29.03		11.4	47.4	22.4
<i>P.menziesii</i>	26.04	2.05	20.0 / 13.6	439.2 / 520.8	274.2 / 335.8
Начало линейного роста побегов					
<i>M.glyptostroboides</i>	11.04	19.04	20.6 / 14.1	224.1 / 342.4	44.1 / 82.4
<i>P. sylvestris</i>	5.04	11.04	4.7 / 20.6	130.1 / 224.1	10.1 / 44.1
<i>P.menziesii</i>	28.04	4.05	14.7 / 6.5	472.4 / 541.1	122.4 / 141.1
Окончание линейного роста побегов					
<i>M.glyptostroboides</i>	13.06		21.2	1171.4	441.4
<i>P. sylvestris</i>	15.06		20.3	1210	460
<i>P.menziesii</i>	21.06		17.3	1335.5	525.5
Охвоение побегов					
<i>M.glyptostroboides</i>	16.04		10.5	294.3	64.3
<i>P.sylvestris</i>	15.05		8.7	594.3	154.3
<i>P.menziesii</i>	28.04	4.05	14.7 / 6.5	472.4 / 541.1	122.4 / 141.1
Завершение роста и вызревания хвои					
<i>M.glyptostroboides</i>	7.07	15.07	22.2 / 27.3	1693.5 / 1893.3	683,3/ 723.5
<i>P.sylvestris</i>	21.06		17.3	1335. 5	525.5
<i>P. menziesii</i>	13.06		21.2	1171.4	441.4
Расцвечивание хвои					
<i>M.glyptostroboides</i>	29.10		8.4	-	-
Опадение хвои					
<i>M.glyptostroboides</i>	6.11		0.1	-	-
Развитие генеративных побегов					
Начало пыления микростробилов					
<i>P.sylvestris</i>	26.04	2.05	20 / 13.6	428 / 520.8	273 / 335.8
<i>P. menziesii</i>	14.04	17.04	14.6 / 16.4	259.4 / 299.5	164.4 / 189.5
Начало «цветения» мегастробилов					
<i>P.sylvestris</i>	26.04	2.05	20 / 13.6	428 / 520.8	273 / 335.8
<i>P. menziesii</i>	15.04		13.2	272.6	172.6

Окончание пыления микростробилов					
<i>P.sylvestris</i>	6.05	10.05	13 / 8.3	546.8 / 562.5	351.8 / 362.5
<i>P. menziesii</i>	19.04	22.04	14.1 / 12.9	331.2 / 372.7	211.2 / 237.7
Окончание «цветения» мегастробилов					
<i>P.sylvestris</i>	6.05	10.05	13 / 8.3	546.8 / 562.5	351.8 / 362.5
<i>P. menziesii</i>	21.04		17.3	359.8	229.8
Созревание шишек					
<i>P.sylvestris</i>	18.09		17,2	3293.4	2363.4
<i>P. menziesii</i>	6.09		16.9	3052.5	2182.5

Завершение роста побегов в середине июня отмечено у *M. glyptostroboides* (13.06, при САТ = 1171.4 °С и СЭТ = 441.4°С) и *P. sylvestris* (15.06, при САТ = 1210 °С и СЭТ = 460°С). У деревьев *P.menziesii* рост побегов завершился в начале третьей декады июня при САТ = 1335.5 °С и СЭТ = 525.5°С.

Начало охвоения у *M.glyptostroboides* отмечено в середине апреля (16.04) при САТ = 294 °С и СЭТ = 64.3 °С. Рост хвой у деревьев *P.menziesii* зафиксирован в конце апреля (28.04 – ранняя фенодата) и начале мая (04.05 –поздняя). В эти даты значения САТ = 472.4/ 541.1 °С и СЭТ= 122.4 и 141.1 °С. На рост побегов и хвой пришелся период похолодания. Вызревание хвой отмечено в начале второй декады июня (13.06) при САТ = 1171.4 °С и СЭТ = 441.4 °С.

В связи с биологической особенностью *P.sylvestris* рост хвой начинается после окончания роста побегов, в начале лета. В 2024 году начало фенофазы зафиксировано в середине мая (15.05) при более высоких значениях сумм температур (САТ = 594.3 °С и СЭТ= 154.3 °С) по сравнению с *M. glyptostroboides* и *P. menziesii*. Завершение роста и вызревание хвой отмечено в начале третьей декады июня (21.06) при САТ = 1335.5 °С и СЭТ = 525.5°С.

У деревьев хвоепадной и веткопадной *M. glyptostroboides* ранняя фенодата роста хвой отмечена в первой декаде июля (07.07), поздняя – в середине июля (15.07) при САТ = 1693.5 / 1893.3 °С и СЭТ = 683.3 / 723.5 °С. Расцвечивание хвой началось в конце октября (28.10) при среднесуточной температуре ССТ = 8.4°С. В этот период ССТ температуры имеют показатели, ниже порогового уровня + 10 °С, поэтому подсчет сумм температур не производился. С наступлением первых заморозков в середине первой декады ноября (06.11) началось опадение хвой при ССТ = 0.1 °С.

Сезонное развитие генеративной сферы у деревьев *M. glyptostroboides* не отмечено. У деревьев *P.menziesii* фенологическое развитие генеративных органов происходит до распускания ростовых почек. Для начала пыления данному виду нужно небольшое количество тепла. Начало пыления микростробилов зафиксировано в середине апреля (14.04 – 16.04) при САТ =259.4 / 299.5°С и СЭТ = 164.4 / 189.5°С. В этот период ССТ превысили порог +10 °С (ССТ = 14.6/16.4°С). Пыление продлилось 5-6 дней. Начало рецептивной фазы макростробилов зафиксировано в середине апреля с 15.04 при САТ =272.6°С и СЭТ = 172.6°С. Длилась фенофаза 7 дней и закончилась в начале третьей декады апреля (21.04) при САТ =359.8°С. и СЭТ = 229.8°С.

P. sylvestris отличается более поздним прохождением фенофаз генеративных органов, после начала роста побегов. Пыление микростробилов зафиксировано в конце апреля (26.04)

– начале мая (02.05) при САТ = 428 / 520.8°C и СЭТ = 273 / 335.8°C. Продолжительность фенофазы 9-11 дней. Окончание пыления пришлось на поздние весенние заморозки с 6 по 10 мая ССТ = 20/13.6°C. Начало и окончание рецептивной фазы мегастробилов у *P. sylvestris* отмечено в те же сроки, что и пыление, при одинаковых показателях температуры, с одинаковой продолжительностью 9-11 дней.

Созревание и раскрытие шишек у *P. sylvestris* отмечено в конце второй декады сентября (18.09) при САТ = 3293.4 и СЭТ = 2363.4°C на второй год после опыления. У *P. Menziesii* шишки созревают в первый год. В 2024 году в начале сентября (06.09) при САТ = 3052.5 и СЭТ = 2182.5°C.

Сентябрь продемонстрировал максимальные значения средней температуры и минимальное количество осадков в многолетнем ряду наблюдений. Средняя температура осеннего периода (+10,3 °C) достигла рекордно высокого значения и превысила норму (+7,2 °C) на 3,1 °C. По количеству осадков осенний период характеризовался как очень сухой, с суммарным количеством влаги, незначительно превышающим половину сезонной нормы.

Выводы:

1. Установлены даты перехода пороговых значений ССТ в 2024 г. в условиях г.Воронеж. Определены суммы активных и эффективных температур, соответствующие началу фенологических фаз у изучаемых видов.

Раннее развитие вегетативной сферы, сопровождающееся переходом ССТ выше +5 °C, характерно деревьям *P. sylvestris* и *M.glyptostrobooides* – это середина третьей декады марта (24.03 и 26.03). Данному периоду соответствовали низкие значения САТ = 19.5 °C и СЭТ = 5,5 °C. Позже на 24 - 31 день, в зависимости от ранней (19.04) или поздней феноформы (26.04), началась вегетация у *P.menziesii*. Значения САТ = 14.1/20 °C и СЭТ = 212.7/ 274.5 °C сопровождались аномально быстрым переходом ССТ через пороговые значения +10, +15 и +20 °C.

2. Для начала развития генеративной сферы низкое количество тепла необходимо деревьям *P.menziesii* — САТ = 259.4/299.5°C и СЭТ = 164.4 / 189.5°C - для ранней и поздней феноформы (14.04 и 17.04) соответственно. Более высокая теплообеспеченность требуется деревьям *P. sylvestris*. Значения САТ = 428/520.8°C и СЭТ = 273 / 335.8°C соответствуют ранней (14.04) и поздней (17.04) феноформам.

3. Установлены резкие колебания ССТ температур для городских условий вегетационного периода 2024 года: аномально высокие для начала вегетации (март-апрель) и аномально низкие (заморозки в первой декаде мая при абсолютном минимуме -2.4°C). В связи с этим, устойчивость городских насаждений может быть обеспечена использованием видов с разной ритмикой развития вегетативной и генеративной сферы. Высокая адаптивность древесных растений *P. sylvestris*, *P.menziesii* и *M.glyptostrobooides* в городских посадках проявляется в вариабельности фенологических форм. Различие между ранней и поздней феноформами составляет: у деревьев *P.menziesii* — 6 - 7 дней; *P. sylvestris* — 4 - 6 дней; *M.glyptostrobooides* — 5 - 8 дней.

Список литературы

1. Аномальные условия вегетационного периода 2024 года // Воронежский областной центр информационного обеспечения АПК URL: <https://vrnikc.ru/news/anomalnye-usloviya-vegetatsionnogo-perioda-2024-goda/> (дата обращения: 19.062024).
2. Климат Воронежа: 2024-й год – второй самый тёплый в истории наблюдений // GISMETEO URL: <https://www.gismeteo.ru/news/weather/klimat-voronezha-2024-j-god-vtoroj-samyj-tjoplyj-v-istorii-nabljudenij/> (дата обращения: 28.12.2024).
3. Лосев А.П., Журина Л.Л. Агрометеорология, - М.КолосС.2003. – 301 с.
4. Татарникова В.Ю., Дашиева О Древесные растения и городская среда// БГСХА, г.Улан- Удж, Р.Ф.) 2009 Актуальные проблемы лесного комплекса, стр. 1-4.
5. Янцер О.В. Основные тренды сезонной динамики растительности города Екатеринбурга в связи с климатическими изменениями // Труды ФГБОУ ВО «Уральский государственный педагогический университет», Екатеринбург 2023.

References

1. Abnormal conditions of the growing season of 2024//Voronezh Regional Center for Information Support APK URL: <https://vrnikc.ru/news/anomalnye-usloviya-vegetatsionnogo-perioda-2024-goda/> (date of reference: 19.062024).
2. The climate of Voronezh: 2024 is the second warmest in the history of observations//GISMETEO URL: <https://www.gismeteo.ru/news/weather/klimat-voronezha-2024-j-god-vtoroj-samyj-tjoplyj-v-istorii-nabljudenij/> (date of reference: 28.12.2024).
3. Losev A.P., Zhurina L.L. Agrometeorology, - M. KolosS.2003. - 301 p.
4. Tatarnikova V.Yu., Dashieva O Woody plants and urban environment//BHSHA, Ulan-Uj, R.F.) 2009 Actual problems of the forest complex, pp. 1-4.
5. Yantser O.V. The main trends in the seasonal dynamics of vegetation in the city of Yekaterinburg in connection with climatic changes//Proceedings of the Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education "Ural State Pedagogical University," Yekaterinburg 2023.

СОСТОЯНИЕ ГЕНЕРАТИВНОЙ СФЕРЫ ИНТРОДУЦИРОВАННОЙ СОСНЫ ЖЕЛТОЙ В ВОРОНЕЖСКОЙ ОБЛАСТИ

М.Ю Чугреев

Всероссийский научно-исследовательский институт лесной генетики, селекции и биотехнологии, г. Воронеж, Россия, e-mail: michael.yurievich@yandex.ru

Аннотация. Представлены результаты фенологических наблюдений, а также эмбриологических исследований образцов пыльцы деревьев сосны желтой, произрастающих за пределами города Воронежа (Семилуки) и в насаждениях на городской территории (дендрарий ВНИИЛГИСбиотех). Определена жизнеспособность пыльцы, оценены уровни адаптационного потенциала.

Ключевые слова: сосна желтая, хвойные интродуценты, пыльца, жизнеспособность пыльцы, фенология, техногенное загрязнение.

THE STATE OF THE GENERATIVE SPHERE OF THE INTRODUCED WESTERN YELLOW PINE IN THE VORONEZH REGION

M.Yu. Chugreev

All-Russian Research Institute of Forest Genetics, Breeding and Biotechnology,
Voronezh, Russia, e-mail: michael.yurievich@yandex.ru

Abstract. The results of phenological observations and embryological studies of pollen samples of western yellow pine trees growing outside the city of Voronezh (Semiluki) and in plantings on urban territory (arboretum of VNIILGISbiotech) are presented. The viability of pollen was determined, and the levels of adaptive potential were assessed.

Keywords: western yellow pine, coniferous introduced species, pollen, pollen viability, phenology, technogenic pollution.

ВВЕДЕНИЕ

Потепление климата, участившиеся засухи и лесные пожары приводят к ослаблению и массовой гибели лесов, что наносит большой ущерб как лесному, так и сельскому хозяйству. В последние десятилетия в связи с глобальным потеплением климата и для смягчения его последствий все более востребованными становятся работы по адаптивной лесной селекции.

Необходимы меры по повышению устойчивости лесов, интенсификации работ по подбору растений с широкой нормой реакции, повышенной экологической пластичностью и не уступающей местным видам и сортам продуктивностью [1]. Оценка состояния генеративной сферы интродуцированных растений позволяет судить об их жизненном состоянии и акклиматизации к новым условиям произрастания [2].

ЦЕЛЬ ИССЛЕДОВАНИЯ

Целью работы является оценка влияния метеорологических условий 2024 года и техногенного загрязнения мест произрастания на состояние мужской генеративной сферы интродуцированной сосны желтой в Воронежской области.

Сформулированы следующие задачи: провести фенологические наблюдения, оценить интенсивность пыления; произвести сбор и культивирование *in vitro* пыльцы на искусственных питательных средах при стандартной и повышенной температуре прорастивания; определить значения жизнеспособности пыльцы и уровень адаптационного потенциала; посредством дисперсионного анализа оценить различия в жизнеспособности пыльцы деревьев из различных местопроизрастаний.

ЛИТЕРАТУРНЫЙ ОБЗОР

Сосна желтая, тяжелая или оregonская – дерево до 75 м высотой и до 2,8 м в диаметре. Имеет коническую крону и крепкие, сравнительно немногочисленные, дугообразно изогнутые ветви. Происходит из Северной Америки (ареал от Британской Колумбии до Калифорнии на юг и до Южной Дакоты на восток), где произрастает до высоты 3000 м над уровнем моря. Хвоинки по три в пучке, жесткие, длиной до 25 см., темно-зеленые. Микростробилы 15-35 мм длиной, желто-коричневые или красные. Шишки удлиненойцевидные, длиной до 15 и шириной до 5 см, одиночные или (чаще) по 4-6 вместе. Семена до 10 мм длиной и 6 мм шириной, крыло – до 30 мм, масса 1000 штук варьирует от 35 до 63 г. На родине отличается высокой продуктивностью и хорошим качеством древесины, которая используется в строительстве и мебельном производстве. Интродуцирована в Европу в конце 20-х годов XIX века, в Россию – в 1837 году (Крым). Весьма морозоустойчива, в России встречается от Черноморского побережья до Московской области и даже севернее. Перспективна для озеленения от Москвы и южнее [3].

Изменения метеоусловий могут оказывать сильное влияние на состояние генеративной сферы интродуцированных видов хвойных и так испытывающих интродукционный стресс. Если условия становятся неблагоприятными, это может приводить к существенному снижению качества пыльцы, и, соответственно, урожая семян. Если же метеоусловия будут благоприятными – интродуцированные виды могут противостоять не только интродукционному стрессу, но и техногенному [2].

ХАРАКТЕРИСТИКА ОБЪЕКТОВ И МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЯ

Проводились исследования образцов пыльцы деревьев сосны желтой, произрастающих в двух местах произрастания: за пределами города – в Коллекционно-маточном дендрарии

(КМД) на территории Семилукского лесного опытно-показательного питомника; на лесопарковом участке Экспериментально-показательного дендрария ВНИИЛГИСбиотех (ЭПД). Все деревья имели красную окраску микростробиллов.

Фенологические наблюдения проводили по методическим указаниям Н.Е.Булыгина, регистрировались начало набухания почек, разverzание генеративных почек, начало и окончание пыления (микростробиллы) и рецeптивной фазы (макростробиллы). Интенсивность образования микро- и макростробиллов оценивалась по шестибалльной шкале А.А.Корчагин оценивалась на момент пыления. По данным Воронежской гидрометеорологической службы вычислялись суммы эффективных температур (далее ЭТ), приходящиеся на основные этапы развития генеративной сферы изучаемого вида.

Сбор микростробиллов проводился непосредственно до пыления, либо в самом его начале. Микростробиллы в бумажных пакетах просушивались до созревания пыльцы, которая затем просеивалась и пересыпалась в стеклянные пробирки с ватными пробками. Пробирки хранились в холодильнике. Пыльца культивировалась в условиях влажной камеры на искусственных питательных средах [4], при стандартной (+27°C) [5] и повышенной (+35°C) температуре культивирования. На основе результатов анализа препаратов рассчитывались значения жизнеспособности пыльцы и делались выводы об адаптационном потенциале деревьев. Проводился дисперсионный анализ значений жизнеспособности пыльцы деревьев из различных мест произрастания. Статистическая обработка осуществлялась с помощью пакета анализа данных программ MS Excel.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Метеоусловия весны 2024 года были сложными. Средняя температура марта была на 1,5°C выше среднесноголетней нормы, апреля – выше на 5,9°C, май же начался заморозком (до -3°C), за которым последовала прохладные две недели. Объем осадков весной был низким (от 7 до 58% от среднесноголетней нормы), но он следовал за обильными на осадки месяцами с октября по январь (221, 314, 255, 205% соответственно), что способствовало достаточной влагообеспеченности почвы для развития генеративной сферы изученных видов.

Набухание почек и удлинение побега началось у сосны желтой в середине второй декады апреля. Разverzание генеративных почек пришлось на середину третьей декады апреля (ЭТ 258,3°C). Пыление началось 15 мая при сумм ЭТ 392,2°C. Пыление длилось 4 дня. Интенсивность образования микростробиллов у дерева из ЭПД оценивалась на 4 балла, у дерева из КМД – на 3 балла. Сильного сдвига начала его пыления не наблюдалось. Однако был проведен сбор образцов пыльцы в начале мая (3 числа) и в момент начала пыления. Интенсивность образования макростробиллов и количество ози были ниже и оценивались в обоих местопроизрастаниях на 2 балла.

Качество всех образцов пыльцы в 2024 году было высоким: у дерева из ЭПД оно не зависело от даты сбора и варьировало около 90,5%, у дерева из КМД равнялось $95,8 \pm 1,6\%$ (рисунки 1). Различия между КМД и ЭПД были достоверны.

При повышении температуры культивирования наблюдается снижение числа проросших пыльцевых зерен. В образце, собранном до начала похолодания и заморозков оно не было статистически значимым, в остальных было.

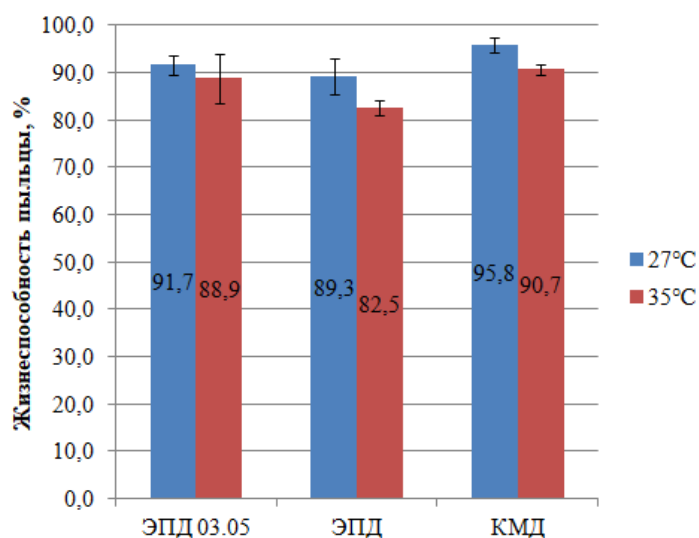


Рисунок 1 – Влияние температуры проращивания, места произрастания и даты сбора на жизнеспособность пыльцы сосны желтой

Однофакторный дисперсионный анализ показал значимые различия между местами произрастания при обеих температурах проращивания (таблица 1). Двухфакторный дисперсионный анализ средних значений качества пыльцы показал отсутствие достоверных различий (Р-значения для мест произрастания и температур проращивания равнялись 0,069 и 0,052, соответственно, что хоть и немного, но больше 0,05). Влияние мест произрастания на качество пыльцы данного вида минимально и уровни адаптационного потенциала изученных деревьев высоки.

Таблица 1 – Р-значения однофакторного дисперсионного анализа величин жизнеспособности пыльцы сосны желтой, произрастающей в различных экологических условиях, полученных при нормальной и повышенной температурах проращивания

t проращивания	F критическое	F	Р-Значение
27°C	5,318	12,601	$7,51 \cdot 10^{-3}$
35°C	7,709	56,346	$1,69 \cdot 10^{-3}$

Из аномалий строения и прорастания пыльцы у сосны желтой при стандартной температуре встречались: деформированные пыльцевые зерна, двусторонне и несколько раз проросшие пыльцевые трубки и трубки, образующие вздутия и ветвления. При повышенной температуре вздутия встречаются чаще, а также наблюдаются набухшие, но не проросшие пыльцевые зерна.

ВЫВОДЫ

Метеоусловия весны 2024 года не привели к заметному сдвигу прохождения фенофаз развития генеративной сферы у сосны желтой. Процессы развития и созревания генеративных структур проходили в сроки, сходные с предыдущими годами наблюдения.

Качество всех образцов пыльцы в 2024 году было высоким: у дерева из ЭПД оно не зависело от даты сбора и было близко к 90,5%, у дерева из КМД равнялось $95,8 \pm 1,6\%$. Различия между КМД и ЭПД были достоверны. При повышении температуры культивирования наблюдается снижение числа проросших пыльцевых зерен. В образце, собранном 3 мая оно не было статистически значимым, в остальных было. Вероятно, некоторое снижение адаптационного потенциала стало результатом воздействия заморозков.

Однофакторный дисперсионный анализ показал значимые различия между местами произрастания при обеих температурах проращивания (таблица м2). Двухфакторный дисперсионный анализ средних значений качества пыльцы показал отсутствие достоверных различий (Р-значения для мест произрастания и температур проращивания равнялись 0,069 и 0,052, соответственно, что хоть и немного, но больше 0,05). Влияние мест произрастания на качество пыльцы данного вида минимально и наблюдается некоторое снижение уровней адаптационного потенциала изученных деревьев.

Из аномалий строения и прорастания пыльцы у сосны желтой при стандартной температуре встречались: деформированные пыльцевые зерна, двусторонне и несколько раз проросшие пыльцевые трубки и образующие вздутия и ветвления. При повышенной температуре вздутия встречаются чаще, а также наблюдаются набухшие, но не проросшие пыльцевые зерна.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Таким образом, на мужскую генеративную сферу желтой сосны воздействует комплекс факторов, включающий в себя уровень техногенного загрязнения места произрастания и метеорологические условия во время созревания пыльцы и пыления.

Список литературы

1. Кузнецова Н.Ф. Адаптивная селекция сосны обыкновенной на засухоустойчивость: природа и сортоиспытание / Н.Ф. Кузнецова // Вестник Поволжского государственного технологического университета. Серия: Лес. Экология. Природопользование. – 2023. – № 1 (57). – С. 58-72.
2. Чугреев М.Ю. Результаты многолетних исследований мужской генеративной сферы сосны крымской в Воронежской области / М.Ю. Чугреев // Сборник тезисов 27-ой Пущинской школы-конференции молодых ученых с международным участием "БИОЛОГИЯ - НАУКА XXI ВЕКА". Пушино: ФИЦ ПНЦБИ РАН. – 2024. – С. 404.
3. Матюхин Д.Л., Симахин М.В. Виды и формы хвойных, культивируемые в России. Часть 4. Pinus L. Москва: Товарищество научных изданий КМК. – 2021. – 267 с.
4. Паушева З.П. Практикум по цитологии растений. Москва: Колос, 1974. 288 с.

5. Свинцова В.С. Влияние засухи на генеративную сферу и жизнеспособность пыльцы сосны обыкновенной / В.С. Свинцова, Н.Ф. Кузнецова, Е.Ю. Пардаева // Лесоведение. – 2014. – № 3. – С. 49-57.

References

1. Kuznetsova N.F. Adaptive breeding of Scots pine for drought resistance: nature and variety testing / N.F. Kuznetsova // Bulletin of the State Technical University. Ser: Forest. Ecology. Environmental management. – 2023. – No 1 (57). – pp. 58-72.

2. Chugreev M.Yu. The results of long-term studies of the Crimean pine's male generative sphere in the Voronezh region / M.Yu.Chugreev // Collection of abstracts of the 27th Pushchino School-conference of young scientists with international participation "BIOLOGY – SCIENCE OF THE XXI CENTURY". Pushchino: FRC PSCBR RAS. – 2024. – p. 404.

3. Matyukhin D.L., Simakhin M.V. Types and forms of conifers cultivated in Russia. Part 4. Pinus L. Moscow: KMK Scientific Press Ltd. – 2021. – 267 p.

4. Pausheva Z.P. A workshop on plant cytology. Moscow: Kolos, 1974. 288 p.

5. Svintsova V.S. The effect of drought on the generative sphere and viability of pollen of the common pine / V.S. Svintsova, N.F. Kuznetsova, E.Yu. Pardaeva // Lesovedenie. – 2014. – No 3. – pp.50-58.

СОВРЕМЕННЫЕ ПРОБЛЕМЫ ЛЕСНОЙ ОТРАСЛИ: ПРИКЛАДНЫЕ И ИННОВАЦИОННЫЕ РЕШЕНИЯ

DOI:10/58168/FECC2025_357-362

УДК 630*176.322.6

ЛЕСОВОССТАНОВИТЕЛЬНЫЕ РУБКИ В ДУБРАВАХ БЕЛГОРОДСКОЙ ОБЛАСТИ

В.В. Веретенников

Воронежский государственный лесотехнический университет имени Г.Ф. Морозова,
г. Воронеж, Россия, e-mail: veretennikovlesnik@yandex.ru

Аннотация. Рассматривается вопрос проведения сплошных рубок в дубравах Белгородской области. В действующем лесном законодательстве в них устанавливается особый правовой режим использования, охраны, защиты, воспроизводства лесов. Сплошные рубки, в данном случае, должны рассматриваться в качестве лесовосстановительных.

Ключевые слова. Дуб, деградация, сплошная рубка, лесные культуры, восстановление дубрав.

REFORESTATION IN THE OAK FORESTS OF THE BELGOROD REGION

V.V. Veretennikov

Voronezh State University of Forestry and Technologies named after G.F. Morozov,
Voronezh, Russia, e-mail: veretennikovlesnik@yandex.ru

Abstract. The article discusses the issue of continuous logging in the oak forests of the Belgorod region. In the current forest legislation, they establish a special legal regime for the use, protection, protection, and reproduction of forests. Continuous logging in this case should be considered as reforestation.

Keywords. Oak, degradation, continuous logging, forest crops, restoration of oak forests.

Введение. Все лесные насаждения Белгородской области отнесены к защитным. Дуб черешчатый является основной лесообразующей породой в лесном фонде. Последние «сплошные» рубки (рубки обновления) в дубравах проводились в 2007 году. В период с 2008 г. по 2024 г. только на одном арендованном участке осуществлялись выборочные чересполосные постепенные рубки. Последующие лесные культуры являются единственным

способом восстановления дубрав в субъекте. Процессы деградации отмечаются во всех высокоствольных спелых и перестойных дубравах региона.

Цель исследования. Среди причин ослабления и сокращения площади дубрав выделяются антропогенные факторы, одним из которых является нарушение сроков «рубок главного пользования» [2, с.5]. Вопрос проведения сплошных рубок, отвечающих биологическим особенностям лесных культур дуба и экономическим составляющим процесса их выращивания, должен решаться в каждом районе с учетом местного положительного опыта.

Целью исследования являлось обоснование проведения сплошных (лесовосстановительных) рубок в дубравах, предложение рекомендаций по внесению изменений в нормативно – правовые акты, регламентирующие проведение сплошных рубок в защитных лесах и лесах, расположенных на особо охраняемых природных территориях Белгородской области.

Литературный обзор. Процессу восстановления дубрав уделяется большое внимание. Работы, выполненные во второй половине XX в. – начале XXI в., являются монументальными: монография «Восстановление дубрав» (1963г.) и книга «Дуб» (1984 г.) К.Б. Лосицкого; монография «Дубравы лесостепи в биогеоценотическом освещении» (1975 г.) под редакцией А.А. Молчанова; Руководство по улучшению состояния и повышению продуктивности дубрав в лесостепной зоне европейской части Российской Федерации под общей редакцией В.Г. Шаталова (1997 г.); Руководство по ведению хозяйства и восстановлению дубрав в равнинных лесах европейской части Российской Федерации (ВНИИЛМ, 2000 г.) и монография «Дубравы России» (2000 г.) Н.П. Калиниченко; монография «Деградация дубрав Центрального Черноземья» (2010 г.) под общей редакцией Н.А. Харченко; монография «Дубравы лесостепи» (2013 г.) под общей редакцией В.А. Бугаева; монография «Внешние признаки патологии дуба черешчатого» (2015 г.) В.В. Царалунги; В.В. Чеботарева, П.А. Чеботарев, В.Г. Стороженко «Инновационный метод интенсивного восстановления дубрав лесостепи» (2021 г.).

Характеристика объектов и методика исследования. По лесорастительному районированию лесничества области отнесены к лесостепной зоне, лесостепному району. Лесистость составляет 8,7%. Леса расположены на территории региона неравномерно; большей сетью представлены отдельными участками различного размера: лесные дачи, урочища, колки. В ведении министерства природопользования Белгородской области находится около 2,2 тысяч отдельных обособленных участков леса (контуров), неравномерно размещенных по территории. Наиболее крупные лесные массивы области (от 2 до 10 тыс. га) расположены в Алексеевском, Шебекинском, Валуйском, Красногвардейском районах и Старооскольском городском округе и приурочены к рекам: Оскол, Короча, Нежеголь, Валуй, Тихая Сосна и их притокам.

Объектами исследования служили спелые и перестойные дубравы Белгородской области. Изучены материалы государственного лесного реестра, проведен анализ хозяйственной деятельности в лесничествах за последние 17 лет. В ОКУ «Алексеевское лесничество», ОКУ «Красногвардейское лесничество» и ОКУ «Новооскольское лесничество» заложены 8 временных пробных площадей в спелых насаждениях. Лесные массивы являются репрезентативными для всего региона. На основании полученных экспериментальных данных

и литературных источников сделаны предложения по проведению лесовосстановительных рубок.

Результаты исследования и их обсуждения. По состоянию на 1 января 2025 года доля дуба в лесном фонде Российской Федерации на территории Белгородской области составляет 73,3 % (162,7 тыс. га) от площади земель, занятых лесами. Спелые и перестойные дубравы занимают 24,8 тыс. га, из них высокоствольные составляют 1/3 часть. Общий запас насаждений данной группы возраста оценивается в 5,81 млн м³, из них 2,26 млн м³ приходится на высокоствольные дубравы.

На территории Белгородской области действуют 15 государственных природных комплексных (ландшафтных) заказников общей площадью 258,7 тыс. га, являющихся ООПТ регионального значения. Государственные природные заказники (179 шт.), также являющиеся ООПТ регионального значения, занимают площадь 27,7 тыс. га. Согласно режиму особой охраны территории заказников, утвержденному постановлением Правительства Белгородской области от 11 января 2010г. № 1-пп «О государственных природных комплексных заказниках регионального значения» на территориях заказников запрещается заготовка древесины, кроме осуществления на основании утвержденного в установленном порядке акта лесопатологического обследования рубки аварийных, погибших и поврежденных лесных насаждений, уборки неликвидной древесины, мероприятий по предупреждению распространения вредных биологических организмов.

Площадь спелых и перестойных дубрав, располагающихся в пределах вышеуказанных ООПТ, составляет 7 098 га; их запас – 1,58 млн м³. Высокоствольные дубравы (семенные и порослевые) занимают площадь 1741 га с запасом – 466,4 тыс. м³. Таким образом, из расчетной лесосеки исключены 29 % спелых и перестойных насаждений, в том числе 21 % всех высокоствольных дубрав, расположенных в области.

До 1991 года лесные насаждения Белгородской области относились ко II группе лесов, в которой осуществлялись рубки главного пользования.

В высокоствольную хозсекцию входит не только дуб высокоствольный семенной, с установленным возрастом спелости 140 лет, но и дуб высокоствольный порослевой с возрастом спелости 100 лет. С высокой долей вероятности можно предположить, что естественные дубовые насаждения преимущественно являются порослевыми; к высокоствольным отнесены древостои, обладающие лучшей производительностью. Трудно сказать, обусловлено это наследственностью, одной из первых генерацией порослевого происхождения, типом местности или другими геоморфологическими факторами.

Лесоводы – ученые неоднократно подчеркивали, что в лучших условиях произрастания дуб имеет продолжительность жизни меньше, чем в худших условиях. Поэтому в высоких бонитетах отпад выше, чем в низких [3, с. 119].

В 2024 году нами заложено 5 временных пробных площадей в спелых высокоствольных и 3 в спелых низкоствольных дубравах на территории Алексеевского, Красногвардейского и Новооскольского лесничеств в целях определения таксационных показателей. Только в кв. 196 ОКУ «Новооскольское лесничество» отмечено наличие 3-х летнего самосева дуба в количестве 12 тыс. шт. на 1 га. Все экземпляры были повреждены мучнистой росой, перевершинены и

отнесены к неблагонадежным. Материнский древостой данного насаждения представлен ранней морфологической формой дуба черешчатого.

Таксационная характеристика спелых насаждений приведена в таблице 1.

Таблица 1 – Средние таксационные характеристики спелых насаждений

Номер квар- тала	Состав древостоя	Воз- раст, лет	Н, м	Д, см	Класс бони- тета	Тип леса / ТЛУ	Пол- нота	Запас, м ³ /га	Категория санитарного состояния	
									К _{ср} дуба	К _{ср} насаждения
45	10ДННП	100	23	32	III	ДОСЗЛ/ Д1	0,8	290	3,9	3,9
62	10ДВС	155	34	56	I	ДСН/Д2	0,4	280	3,7	3,7
75	10ДННП+КЛ	110	23	32	III	ДОСЗЛ/ Д1	0,7	260	4,0	4,0
84	10ДВС+КЛ	130	32	52	I	ДСН/Д2	0,7	440	4,0	4,0
88	9ДВС1КЛВ	110	32	48	Ia	ДСН/Д2	0,5	280	3,9	3,7
89	10ДВС+КЛ	140	36	60	Ia	ДСН/Д2	0,6	440	4,1	4,1
196	9ДВП1КЛ	110	27	44	II	ДСН/Д2	0,5	200	3,1	3,0
258	10ДННП+ЛП	90	25	36	II	ДОСЗЛ/ Д1	0,8	310	3,7	3,5

Средняя категория состояния дуба (К_{ср}) изменяется от 3,1 до 4,1. В соответствии со шкалой определения санитарного состояния, 7 обследованных насаждений из 8 относятся к усыхающим (88%).

Основными патологическими признаками дуба являлись водяные побеги, покрывающие > 25% поверхности ствола. При определении санитарного состояния пользовались перечнем наиболее значимых патологических признаков для дуба черешчатого с их градацией по степени развитости и привязкой к категориям состояния, предложенным В.В. Царалунгой [4, 160]. Распределение деревьев по категориям санитарного состояния проводили по Правилам санитарной безопасности в лесах РФ, утвержденным постановлением Правительства РФ от 9.12.2020г. № 2047 [1].

При вероятном ускоренном отмирании деревьев 4-й категории состояния полнота насаждений снизится до критической. Выборочные рубки не обеспечат замену усыхающих лесных насаждений на насаждения, обладающие функциями и характеристиками материнского древостоя. Основываясь на полученные результаты исследования, считаем необходимым проведение сплошных рубок в спелых и перестойных дубравах Белгородской области.

Выводы и рекомендации. В целях обеспечения многоцелевого, рационального, непрерывного, неистощительного использования дубрав Белгородской области необходимо

внести изменения в нормативно – правовые акты, регламентирующие проведение сплошных рубок в защитных лесах и лесах, расположенных на особо охраняемых природных территориях Белгородской области:

1) дополнить статью 111.1 Лесного кодекса Российской Федерации частью 2.1 «Сплошные рубки лесных насаждений разрешаются в дубравах лесостепной зоны Европейской части Российской Федерации в спелых и перестойных лесных насаждениях, относящихся к усыхающим лесным насаждениям»;

2) изложить подпункт 1 части 4 статьи 119 Лесного кодекса Российской Федерации в следующей редакции: «проведение сплошных рубок лесных насаждений, за исключением случаев, предусмотренных частью 6 статьи 21, частью 2.1 статьи 111.1 настоящего Кодекса, и случаев, если выборочные рубки не обеспечивают замену лесных насаждений, утрачивающих свои средообразующие, водоохранные, санитарно-гигиенические, оздоровительные и иные полезные функции, на лесные насаждения, обеспечивающие сохранение целевого назначения защитных лесов и выполняемых ими полезных функций»;

3) в пункте 42 Правил осуществления мероприятий по предупреждению распространения вредных организмов (утверждены приказом Минприроды России от 09.11.2020г. № 912) третий абзац изложить в следующей редакции «деревья хвойных пород и дуба черешчатого (в лесостепной зоне Европейской части Российской Федерации) 4-й категории состояния»;

4) приложение 1 к Правилам осуществления мероприятий по предупреждению распространения вредных организмов, утвержденным приказом Минприроды России от 9.11.2020г N 912 дополнить категорией защитных лесов «Леса, расположенные на землях особо охраняемых природных территорий» с минимальным допустимым значением полноты, до которой допускаются выборочные санитарные рубки, для всех пород 0,3;

5) добавить пункт 10 Правил ухода за лесами (утверждены приказом Минприроды России от 30.07.2020г. № 534) подпунктом «л) лесовосстановительные рубки (ЛВР), проводимые в спелых и перестойных дубовых насаждениях лесостепной зоны Европейской части Российской Федерации с целью замены деградирующих дубрав на лесные культуры, создаваемые путем посадки семян и (или) посева желудей дуба черешчатого»;

6) изложить пункт 7 Режима особой охраны территории государственного природного комплексного (ландшафтного) заказника регионального значения Белгородской области в следующей редакции: «заготовка древесины, кроме осуществления на основании утвержденного в установленном порядке акта лесопатологического обследования рубки аварийных, погибших и поврежденных лесных насаждений, уборки неликвидной древесины, мероприятий по предупреждению распространения вредных биологических организмов. Сплошные санитарные рубки проводятся только в случае, если выборочные рубки не обеспечивают замену лесных насаждений, утративших свои средообразующие, водоохранные, санитарно-гигиенические, оздоровительные и иные полезные функции. Лесовосстановительные рубки проводятся в спелых и перестойных дубравах».

При определении санитарного состояния деревьев дуба черешчатого использовать Перечень наиболее значимых патологических признаков для дуба черешчатого с их градацией

по степени развитости и привязкой к категориям состояния, предложенный В.В. Царалунгой. Распределение деревьев по категориям санитарного состояния проводить по Правилам санитарной безопасности в лесах РФ, утвержденным постановлением Правительства РФ от 9.12.2020г. № 2047.

Современное состояние дубрав Белгородской области вызывает особую озабоченность. Действующие ограничения в проведении сплошных рубок приводят к накоплению площадей спелых и перестойных насаждений, в том числе с неудовлетворительным состоянием. Отсутствие благонадежного подроста дуба подразумевает создание последующих лесных культур единственным способом сохранения дубрав как вида биогеоценоза.

Список литературы

1. Правила санитарной безопасности в лесах РФ : постановление Правительства РФ от 09.12.2020 № 2047 / СПС «КонсультантПлюс». – URL: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_370645/0b3dfd4779a800d94c98bb0d44cd53e1dae94450/ (дата обращения – 10.05.2025).
2. Калиниченко, Н.П. Руководство по ведению хозяйства и восстановлению дубрав в равнинных лесах европейской части Российской Федерации / Н.П. Калиниченко, В.И. Желдак, С.А. Румянцева и др. – М.: ВНИИЛМ, 2000. – 136 с. – Текст : непосредственный.
3. Молчанов, А.А. Дубравы лесостепи в биогеоценотическом освещении / под ред. А.А. Молчанова. – М., Наука, 1975. – 374 с. – Текст : непосредственный.
4. Царалунга, В.В. Внешние признаки патологии дуба черешчатого : монография / В.В. Царалунга, Е.С. Фурменкова, А.А. Крюкова ; М-во образования и науки РФ, ФГБОУ ВО «ВГЛУ». – Воронеж, 2015. – 231 с. – ISBN 978-5-7994-0712-4. – Текст: непосредственный.

References

1. Rules of sanitary safety in forests of the Russian Federation : Decree of the Government of the Russian Federation dated 09.12.2020 No. 2047 / SPS "ConsultantPlus". – URL: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_370645/0b3dfd4779a800d94c98bb0d44cd53e1dae94450/ (date of reference – 05/10/2025).
2. Kalinichenko, N.P. Guidelines for the management and restoration of oak trees in the lowland forests of the European part of the Russian Federation / N.P. Kalinichenko, V.I. Zheldak, S.A. Rumyantseva et al. – Moscow: VNIILM, 2000. – 136 p. – Text : direct.
3. Molchanov, A.A. Oak forests of the forest–steppe in biogeocenotic illumination / edited by A.A. Molchanov. – M., Nauka, 1975. – 374 p. - Text : direct.
4. Tsaralunga, V.V. External signs of oak pathology: a monograph / V.V. Tsaralunga, E.S. Furmenkova, A.A. Kryukova ; Ministry of Education and Science of the Russian Federation, VGLTU. – Voronezh, 2015. – 231 p. – ISBN 978-5-7994-0712-4. – Text: direct.

ДИНАМИКА БИОДЕГРАДАЦИИ ДРЕВЕСИНЫ В ПОГИБШИХ ДРЕВОСТОЯХ ПИХТЫ СИБИРСКОЙ

С.Г. Елисеев, С.Н. Казицин

Сибирский государственный университет науки и технологий имени академика М.Ф.

Решетнева, г. Красноярск, Россия,

e-mail: s-555s@yandex.ru, sergeikaz060890@yandex.ru

Аннотация. В работе представлены результаты исследований биодegradации сухостойной древесины пихты сибирской (*Abies sibirica*) в зависимости от давности гибели в насаждениях, погибших вследствие воздействия сибирского шелкопряда (*Dendrolimus sibiricus*) и полиграфа уссурийского (*Polygraphus proximus*). В качестве индикатора биодegradации древесины использовался показатель ударной вязкости при изгибе. По результатам проведенных исследований установлено, что показатель ударной вязкости древесины резко снижается только в первые 3-5 лет, что по-видимому обусловлено наиболее интенсивной биодegradацией древесины в этот период. В дальнейшем динамика биодegradации стволовой древесины сухостойных деревьев резко замедляется.

Ключевые слова. Древесина, биодegradация, сухостой, свойства древесины.

DYNAMICS OF WOOD BIODEGRADATION IN DEAD SIBERIAN FIR STANDS

S.G. Eliseev, S.N. Kazitsin

Reshetnev Siberian State University of Science and Technology,

Krasnoyarsk, Russia, e-mail: s-555s@yandex.ru, sergeikaz060890@yandex.ru

Abstract. The paper presents the results of studies of biodegradation of Siberian fir (*Abies sibirica*) dry wood depending on the age of death in stands killed by Siberian silkworm (*Dendrolimus sibiricus*) and Ussuri polygraph (*Polygraphus proximus*). As an indicator of biodegradation of wood-sina the index of impact bending toughness was used. According to the results of the studies, it was found that the impact toughness of wood sharply decreases only in the first 3-5 years, which is apparently due to the most intensive biodegradation of wood during this period. In the future, the dynamics of biodegradation of stem wood of dry trees slows down sharply.

Keywords: Wood, biodegradation, dry wood, wood properties.

В условиях потепления климата происходит коренное изменение лесорастительных условий. Это приводит, как улучшению условий произрастания для древесных растений на территориях где лес ранее не произрастал, так и к массовой гибели насаждений на исконно лесных территориях. Массовая гибель древостоев происходит вследствие изменения гидрологического режима почв, лесных пожаров, болезней и вспышек массового размножения насекомых вредителей [1,2,3,4,5,6].

В настоящее время на территории Красноярского края наблюдается массовая гибель темнохвойных лесных насаждений от воздействия насекомых вредителей: сибирского шелкопряда (*Dendrolimus sibiricus*) и уссурийского полиграфа (*Polygraphus proximus*). Оба представленных вида из-за повышения средних температур в сибирском регионе распространяются за пределами своего коренного ареала обитания. Так сибирский шелкопряд в настоящее время активно осваивает северные территории Красноярского края, где ранее он не обитал, а полиграф уссурийский и вовсе является инвазивным видом для данного региона, естественный ареал обитания которого является дальний восток [7,8]. Из-за повреждения лесных насаждений данными видами вредителей на территории региона к настоящему времени скопилось огромное количество сухостойной древесины на площади более 1,4 млн. га (по данным Центра защиты леса Красноярского края). Основной древесной породой страдающей от воздействия этих видов вредителей является пихта сибирская (*Abies sibirica*).

Поскольку гибель насаждений зачастую происходит на значительных территориях с достаточно слабо развитой инфраструктурой, вырубка погибших насаждений в сжатые сроки не представляется возможной. Поэтому сухостойные насаждения длительное время занимают значительные территории и создают угрозу развития катастрофических пожаров.

Одной из проблем использования сухостойной древесины является отсутствие достоверных данных по динамике биодеструкции древесины при массовой гибели насаждений. Практический опыт показывает, что погибшие деревья утрачивают свою товарную стоимость как пиловочное сырье стремительно – в первые 2-3 года после гибели. При этом практически отсутствуют данные об изменении физико-механических свойств древесины в зависимости от давности гибели вследствие воздействия дереворазрушающих грибов.

Для определения динамики биодegradации древесины в погибших древостоях пихты сибирской были заложены пробные площади в сухостойных насаждениях погибших от воздействия сибирского шелкопряда и уссурийского полиграфа разной давности гибели. На пробных площадях путем сплошного перечёта были определены средние по высоте и диаметру модельные деревья из которых были выпилены кряжи для определения физико-механических свойств древесины.

Особое внимание при исследовании механических свойств сухостойной древесины пихты сибирской отводилось ударной вязкости древесины. Поскольку именно этот показатель наиболее чувствителен к воздействию дереворазрушающих грибов. Даже на ранних стадиях развития гнилей при сохранении плотности и прочности древесины по основным показателям ударная вязкость показывает резкое снижение древесины [9]. Поэтому в данном исследовании ударная вязкость была выбрана индикатором динамики биодеструкции сухостойной древесины.

Механические испытания древесины на ударную вязкость при изгибе проводились в соответствии со стандартными методиками, утвержденными ГОСТ 16483.0-89, ГОСТ 16483.4-73. Результаты испытаний древесины представлены на рисунках 1 и 2.

Исследование механических свойств сухостойной древесины позволило установить следующие особенности. Ударная вязкость сухостойной древесины в насаждениях, погибших от воздействия полиграфа уссурийского, резко снижается (на 40 %) уже в первые 3-5 лет (рисунок 1). Это свидетельствует об активном освоении стволовой древесины погибшего дерева дереворазрушающими грибами. После 5 лет с момента гибели темп снижения показателя замедляется и за последующие 5 лет нахождения дерева в сухостойном состоянии ударная вязкость уменьшается лишь на 9%. При этом у групп с 12-14 летней и 19-20 летней давностью гибели модельные деревья показывают увеличение ударной вязкости. Их показатели превышают 8-10 летнюю группу на 13,8 % и 24 % соответственно. Тем не менее, в сравнении с контролем их показатели на 33-39 % ниже, чем у растущих деревьев. Такие закономерности, по-видимому, объясняются селективным вываливанием деревьев с низкими физико-механическими свойствами, что наиболее интенсивно наблюдается при 8-10 летней давности гибели. К 20 годам с момента гибели в вертикальном состоянии остаются только деревья с более высокой плотностью и прочностью древесины относительно средних показателей по насаждению.

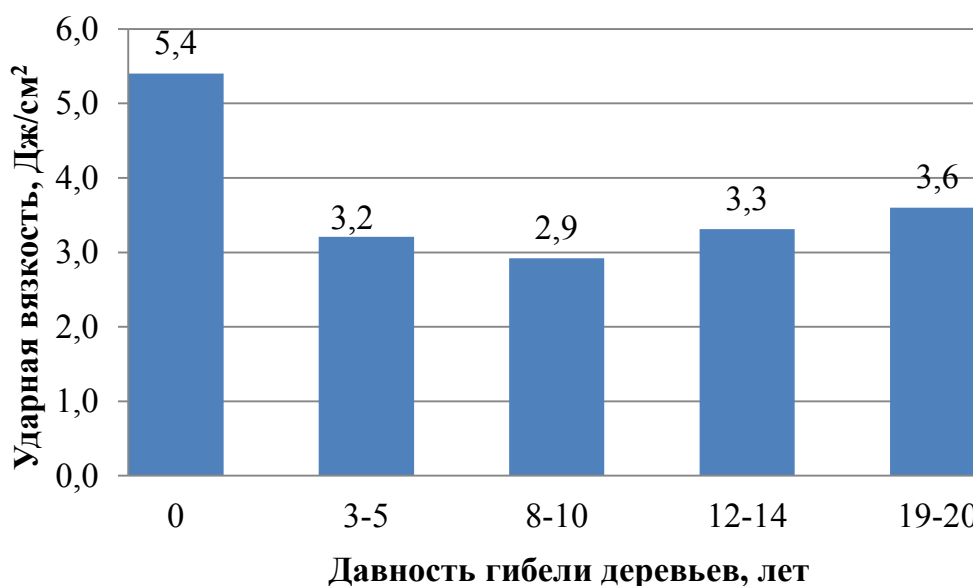


Рисунок 1 – Показатель ударной вязкости древесины при изгибе в насаждениях погибших от воздействия полиграфа уссурийского

При испытании древесины модельных деревьев погибших от воздействия сибирского шелкопряда на ударную вязкость (рисунок 2) деревья 5-летней давности гибели имели показатели на 28 % ниже в сравнении с древесиной контрольных деревьев. В то же время древесина моделей 8-летней давности гибели показала снижение ударной вязкости в сравнении с контролем в пределах 9 %.

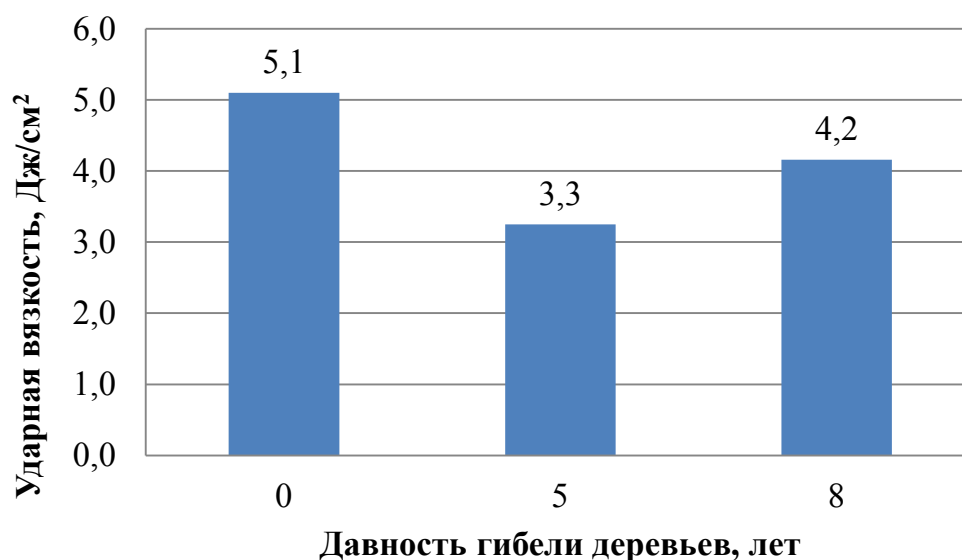


Рисунок 2 – Показатель ударной вязкости древесины при изгибе в насаждениях погибших от воздействия сибирского шелкопряда

Сопоставление показателей ударной вязкости деревьев погибших от воздействия полиграфа уссурийского и сибирского шелкопряда показало, что при давности гибели 3-5 лет результаты практически идентичны. В тоже время при давности гибели 8 лет деревья, погибшие от воздействия сибирского шелкопряда, имеют ударную вязкость на 45 % выше в сравнении с погибшими от воздействия полиграфа уссурийского. Эти особенности, по-видимому, связаны с более интенсивным изреживанием погибших от воздействия сибирского шелкопряда насаждений.

По результатам проведенных исследований можно сделать следующие выводы. Процесс биодеструкции древесины сухостойных деревьев происходит не линейно. Резкое снижение показателя ударной вязкости наблюдается только в первые 3-5 лет. А затем данный показатель сохраняется примерно на одном уровне длительное время. После 8-10 лет отмечается рост показателя ударной вязкости, это связано с селективным вываливанием деревьев с более низкими физико-механическими показателями. В целом можно констатировать, что древесина в сухостойных насаждениях может длительное время сохранять достаточно высокие физико-механические показатели древесины. Но при этом следует учитывать, что даже при относительно небольшой давности гибели сухостойная древесина становится более хрупкой. Такую древесину в несущих конструкциях следует использовать с осторожностью.

Финансирование: Работа выполнена в рамках государственного задания Минобрнауки России на выполнение коллективом научной лаборатории «Биорефайнинг лесных ресурсов» проекта «Исследование закономерностей процессов биодеструкции древесины погибших древостоев для разработки научно-обоснованных подходов получения новых функциональных материалов» (Номер темы FEFE-2024-0032).

Список литературы

1. Стороженко В.Г. Древесный отпад в структурах лесного биогеоценоза // Хвойные бореальной зоны. - 2010. - Т. XXVII. - №3-4. - С. 279 - 283.
2. Замолодчиков Д.Г. Оценка пула углерода крупных древесных остатков в лесах России с учетом влияния пожаров и рубок // Лесоведение. - 2009. - 4. - С. 3 - 15.
3. Aber J. Forest processes and global environmental change: The effects of individual and multiple stressors on forests // BioScience. - 2001. - 51. - P. 735 - 751.
4. Hansen A.J., Neilson R.P., Dale V.H., Flather C.H., Iverson L.R., Currie D.J., Shafer S., Cook R., Bartlein P.J. Global change in forests: Responses of species, communities, and biomes // BioScience. - 2001. - 51. - P.765 - 779.
5. Hanson P.J., Weltzin J.F. Drought disturbance from climate change response of United States forests // Science of the Total Environment. - 2000. - № 262. - P. 205 - 220.
6. Dale V.H., Linda A.J., McNulty S., Neilson R.P., Ayres M.P., Flannigan M.D., Hanson P.J., Irland L.C., Lugo A.E., Peterson C.J., Simberloff D., Swanson F.J., Stocks B.J., Wotton B.M. Climate Change and Forest Disturbances // BioScience. - 2001. - V. 51. - P. 723 - 734.
7. Kharuk, V.I., Im, S.T., Petrov, I.A., Dvinskaya, M.L., Shushpanov A.S., Golyukov A.S. Climate-driven conifer mortality in Siberia // Glob. Ecol. Biogeogr. - 2020. - 30. - P. 543 - 556.
8. Demidko D.A., Goroshko A.A., Slinkina O.A., Mikhaylov P.V., Sultson S.M. The Role of Forest Stands Characteristics on Formation of Exterior Migratory Outbreak Spots by the Siberian Silk Moth *Dendrolimus sibiricus* (Tschetv.) during Population Collapse // Forests. - 2023. - 14. - P. 1078.
9. Уголев, Б. Н. Древесиноведение с основами лесного товароведения [Текст] : учеб. для лесотехнических вузов / Б. Н. Уголев. – 4-е изд. – Москва : МГУЛ, 2005. – 340 с.

References

1. Storozhenko V.G. Tree fall in the structures of forest biogeocenosis // Conifers of the boreal zone. - 2010. - VOL. XXVII. - №3-4. - С. 279 - 283.
2. Zamolodchikov D.G. Estimation of the carbon pool of large woody debris in Russian forests taking into account the impact of fires and logging // Lesovedenie. - 2009. - 4. - С. 3 - 15.
3. Aber J. Forest processes and global environmental change: The effects of individual and multiple stressors on forests // BioScience. - 2001. - 51. - P. 735 - 751.
4. Hansen A.J., Neilson R.P., Dale V.H., Flather C.H., Iverson L.R., Currie D.J., Shafer S., Cook R., Bartlein P.J.. Global change in forests: Responses of species, communities, and biomes // BioScience. - 2001. - 51. - P.765 - 779.
5. Hanson P.J., Weltzin J.F.. Drought disturbance from climate change response of United States forests // Science of the Total Environment. - 2000. - № 262. - P. 205 - 220.
6. Dale V.H., Linda A.J., McNulty S., Neilson R.P., Ayres M.P., Flannigan M.D., Hanson P.J., Irland L.C., Lugo A.E., Peterson C.J., Simberloff D., Swanson F.J., Stocks B.J., Wotton B.M. Climate Change and Forest Disturbances // BioScience. - 2001. - V. 51. - P. 723 - 734.
7. Kharuk, V.I., Im, S.T., Petrov, I.A., Dvinskaya, M.L., Shushpanov A.S., Golyukov A.S. Climate-driven conifer mortality in Siberia // Glob. Ecol. Biogeogr. - 2020. - 30. - P. 543 - 556.
8. Demidko D.A., Goroshko A.A., Slinkina O.A., Mikhaylov P.V., Sultson S.M. The Role of Forest Stands Characteristics on Formation of Exterior Migratory Outbreak Spots by the Siberian Silk Moth *Dendrolimus sibiricus* (Tschetv.) during Population Collapse // Forests. - 2023. - 14. - P. 1078.
9. Ugolev, B. N. Wood-wood science with the basics of forest commodity science [Text] : textbook for forestry universities / B. N. Ugolev. - 4th ed. - Moscow : MGUL, 2005. - 340 с.

ДИНАМИКА ПОКАЗАТЕЛЕЙ КАЧЕСТВА ДРЕВЕСИНЫ В ПОВРЕЖДЁННЫХ СОСНОВЫХ ДРЕВОСТОЯХ ВЛАДИМИРСКОЙ ОБЛАСТИ

Е.В. Малышев^{1,2}, Л.В. Стоноженко^{1,3}

¹ Мытищинский филиал Московского государственного технического университета имени Н. Э. Баумана, г. Мытищи, Московская обл., Россия, e-mail: stonozhenko@bmstu.ru

² Министерство лесного хозяйства Владимирской области, г. Владимир, Россия, e-mail: evgeniy_malyshev_1976@mail.ru

³ Всероссийский институт повышения квалификации руководящих работников и специалистов лесного хозяйства, г. Пушкино, Московская область, Россия, e-mail: taksator1974@gmail.com

Аннотация. В работе ставится вопрос о методах оценки качества и использовании древесины, полученной от санитарных рубок. Обследовано 11 участков леса подвергшихся воздействию ураганных ветров. Обмерено 142 модельных дерева сосны. Описанные пороки ранжированы в порядке их возникновения и по степени их влияния на снижение качества древесины. Выявлена динамика снижения качества древесины в зависимости от времени прошедшего с момента повреждения древостоя.

Ключевые слова. качество древесины, сорт лесоматериала, пороки древесины, повреждённые древостои, снижение сортности древесины, ветровал, бурелом, снеголом.

DYNAMICS OF WOOD QUALITY INDICATORS IN DAMAGED PINE STANDS OF THE VLADIMIR REGION

E.V. Malyshev^{1,2}, L.V. Stonozhenko^{1,3}

¹Bauman Moscow State Technical University (Mytishchi Branch), Mytishchi, Russia, e-mail: stonozhenko@bmstu.ru

²The Ministry of Forestry of Vladimir region, Vladimir, Russia, e-mail: evgeniy_malyshev_1976@mail.ru

³All-Russian Institute of Continuous Education in Forestry, Pushkino, Russia, e-mail: taksator1974@gmail.com

Abstract. The study raises the question of methods for quality assessing and use of wood obtained from sanitary logging. Eleven windfall areas were surveyed. 142 model pine trees were measured. The described defects are ranked according to their occurrence and the degree of their

negative effect on wood quality. The dynamics of decrease in wood quality has been revealed depending on time elapsed since stand damage.

Keywords: wood quality, timber grade, wood defects, damaged stands, reduced wood grade, windfall, snowfall.

Введение. Одним из актуальных вопросов при организации лесопользования в настоящее время является проблема использования древесины, полученной от санитарных рубок в древостоях, повреждённых различными природными явлениями (бурелом, ветровал, снеголом и др.). С одной стороны, современная правоприменительная практика прохождения процедуры утверждения актов лесопатологических обследований приводит к значительным временным разрывам между гибелью деревьев и фактическим проведением санитарной рубки. За это время происходит значительное снижение качества древесины на лесных участках, что снижает рентабельность ведения хозяйственной деятельности в лесах. С другой стороны, погибшие деревья при отводе лесосеки в санитарную рубку априори считаются дровяными. Однако, часто это является не вполне корректной оценкой лесных ресурсов. При этом занижаются платежи за использование лесов с целью заготовки древесины. Всё вышеизложенное ставит вопрос о разработке методов корректной оценки товарной структуры назначаемых в санитарную рубку древостоев.

Литературный обзор. Научные основы оценки качества древесины на корню при отводе лесосек разработанные в нашей стране ещё советскими учёными применяются до сегодняшнего дня. Однако в разрезе рассматриваемого вопроса необходимо отметить два значимых аспекта. Во-первых отмечено, что выход деловой древесины из отводимых в рубку древостоев постоянно растёт с течением времени [1]. Это связано с ростом технических возможностей по переработке низкокачественной древесины. В настоящее время пиловочник уже не является основным доминирующим сортиментом в лесозаготовках. Значительный объём рынка занимает балансовая древесина. Такая древесина может быть и мелкотоварной и низкого качества, особенно когда идёт речь не о высококачественной целлюлозе, а о МДФ или плитном (ДСП, ОСБ-плитах) производствах. В добавок к этому в концепции «зелёной» экономики растёт потребление топливных пеллетов. В соответствии с вышеизложенным, при наличии в регионе потребителей низкокачественной древесины, сбыт имеет практически любая древесина (даже с умеренными гнилевыми поражениями). В подобных случаях будет некорректным отнесение древесины из свежеповреждённых древостоев к дровяной категории. Второй аспект связан с тем, что действующие нормативы по отводу и таксации лесосек (сортиментные и товарные таблицы) ориентированы при их составлении на оценку распространённости пороков древесины, возникшие в растущем (живом) дереве [1]. Данные нормативы составляются на основе разделки на сортименты модельных (свежесрубленных живых) деревьев и учитывают только региональную и породную специфику распространённости таких пороков. В повреждённых древостоях кроме первой группы пороков, появляются и получают распространение пороки древесины характерные для свежесрубленной и мёртвой древесины [2]. Два эти фактора действуют разнонаправленно и

приводят к тому, что оценивать качество древесины на лесосеках отводимых под санитарные рубки с использованием сортиментных и товарных таблиц становится невозможно.

Характеристика объектов и методика исследования. Наше исследование проводилось в 2022–2025 годах на территории Владимирской области в Ковровском и Андреевском лесничествах. Поскольку главной хозяйственно ценной породой в регионе является сосна обыкновенная (*Pinus sylvestris* L.), обследования проводились на лесных участках с преобладанием этой породы. Целью исследования являлось выявление закономерностей изменения товарной структуры насаждений, поврежденных различными природными явлениями (ветровалом, буреломом, снеголомом и др.) во времени – с момента повреждения до отвода этих лесных участков в рубку.

Нами было обследовано 13 участков в повреждённых сосняках зеленомошной группы типов леса (ТЛУ С2-В2-В3) в возрасте от 50 до 116 лет, с полнотой 0,6...0,9 и 1^а...2 классов бонитета расположенных на участках, подвергшихся воздействию ураганных ветров и паводков в период с 2020 по 2024 годы. Обследовались древостои, повреждённые различными факторами: бурелом, ветровал, размыв берега реки, также мониторились последовавшие за ними биотические повреждения, вызванные энтомо вредителями и фито поражениями.

Для каждого поврежденного дерева проводилась индивидуальная подерёвная сортиментация на основе выявленных пороков древесины [3]. Всего обмерено 142 модельных дерева сосны. Нормы допусков пороков классифицировались в соответствии с требованиями ГОСТ 9463-2016 [4]. Для каждого дерева определяли средневзвешенный сорт с учётом выявленных пороков по формуле:

$$K_{\text{ср.}} = (V_1 * 1 + V_2 * 2 + V_3 * 3 + V_4 * 4 + V_{\text{др}1} * 5 + V_{\text{др}2} * 6) / V_{\text{общ.}}$$

где:

$K_{\text{ср.}}$ – средневзвешенный сорт поврежденного дерева,

$V_1, V_2, V_3, V_4, V_{\text{др}1}, V_{\text{др}2}$ – объемы сортиментов по сортам и дров,

1, 2, 3, 4, 5, 6 – индекс сорта,

$V_{\text{общ.}}$ – объем ствола.

Дровяной древесине присваивались индексы сорта «5» и «6». Так в дровах по ГОСТ 3243-88 [5] ядровая и заболонная гнили допускаются размером не более 65 % площади торца, но количество дров с гнилью от 30 до 65 % площади торца не должно превышать 20 % объема партии. Соответственно индекс сорта «5» при проведении нами расчётов присваивался при наличии гнили менее 30 % площади торца, а индекс сорта «6» дровяному отрезку с гнилью от 30 до 65 % площади торца. После оценки отдельных модельных деревьев средневзвешенный сорт рассчитывался в целом для каждой пробной площади. Каждая пробная площадь оценивалась как на момент до повреждения – с учётом пороков древесины, возникших в растущем (живом) дереве [1], так и после гибели деревьев, когда добавляются пороки древесины, характерные для свежесрубленной и мёртвой древесины [2]. Те пробные площади, на которых проводились ежегодные наблюдения, дали информацию о снижении товарной структуры погибшего древостоя на протяжении большего отрезков времени. Это позволило оценить изменение сортности древесины в зависимости от времени, прошедшего с момента повреждения. Обработка экспериментальных данных проводилась с использованием MS Excel

и Statistica for Windows. Использовались корреляционный и регрессионный анализы, а также методы описательной статистики.

Результаты исследования и их обсуждение. Результаты обследований повреждённых сосновых древостоев показали, что основными пороками развивающимися в свежераспавшемся сосновом древостое и мёртвой древесине сосны являются: механические повреждения (отщеп, трещины и слом ствола), грибные окраски, ходы стволовых вредителей, трещины усушки и заболонная гниль. В приведённом нами ранжирном ряду пороки расположены преимущественно в порядке их возникновения. Однако степень влияния их на снижение сортности неодинакова, как скорость развития, возможность увеличения со временем. Наши исследования показали следующие результаты:

- Механические повреждения (в первую очередь сломы ствола) – это механические повреждения стволов деревьев, вызванные сильным ветром (бурелом) или снеголомом. Сломы снижают товарную ценность древесины до дровяной, но только в месте слома и в среднем на метр в каждую сторону наблюдается расщепление древесины. По нашим оценкам процент перевода части деловой древесины в дровяную по этой причине варьирует в пределах от 10 % до 16 % (среднее значение 13 %). Однако, несмотря на достаточно значительное снижение качества непосредственно в момент наступления события, далеко не все деревья в обследуемых объектах являются буреломными. На части участков буреломных стволов не наблюдалось вообще.
- Заболонные грибные окраски (в основном синева) – это окраска древесины вызванная деятельностью деревоокрашивающих грибов. Эти грибы не разрушают структуру древесины, но изменяют её цвет, что не переводит древесину в дровяную, но снижает её сортность сначала до 3, а впоследствии до 4 сорта. Синева обычно проявляется в первый год после гибели деревьев. У сосны она как правило возникает в заболони. Ядро по нашим наблюдениям может не поражаться этим пороком.
- Червоточины – это повреждения древесины, вызванные деятельностью насекомых-вредителей в нашем случае это: Серый длинноусый усач (лат. *Acanthocinus aedilis*) и Большой сосновый лубоед (лат. *Tomicus piniperda*). Поверхностные червоточины не снижают прочность древесины, но ухудшают её внешний вид. Допускаются во всех сортах. Глубокие червоточины: проходят глубоко в древесину, создавая разветвлённые ходы. На поверхности видны крупные отверстия, а внутри древесины – сложная сеть ходов. Допускаются только в 3 и 4 сорте, при количестве более 10 штук на метр являются причиной снижения качества древесины до категории дровяной.
- Трещины боковые от усушки допускаются в первом, втором и третьем сорте глубиной не более 1/20 диаметра ствола и в четвертом глубиной не более 1/5 диаметра ствола. Появляются в условиях наших объектов как правило на 3...4 год в зависимости от влажности среды, в которой находится валёжная древесина.

По результатам оценки средневзвешенного сорта древесины на пробных площадях в различные периоды времени с момента повреждения древостоев нами была выявлена зависимость между давностью повреждений и средневзвешенным сортом древесины в древостое. Для аппроксимации экспериментальных данных использовался полином третьего

порядка, который наиболее точно описывал изменение сортности древесины в течение первых 3...4 лет после повреждения (Рисунок 1).

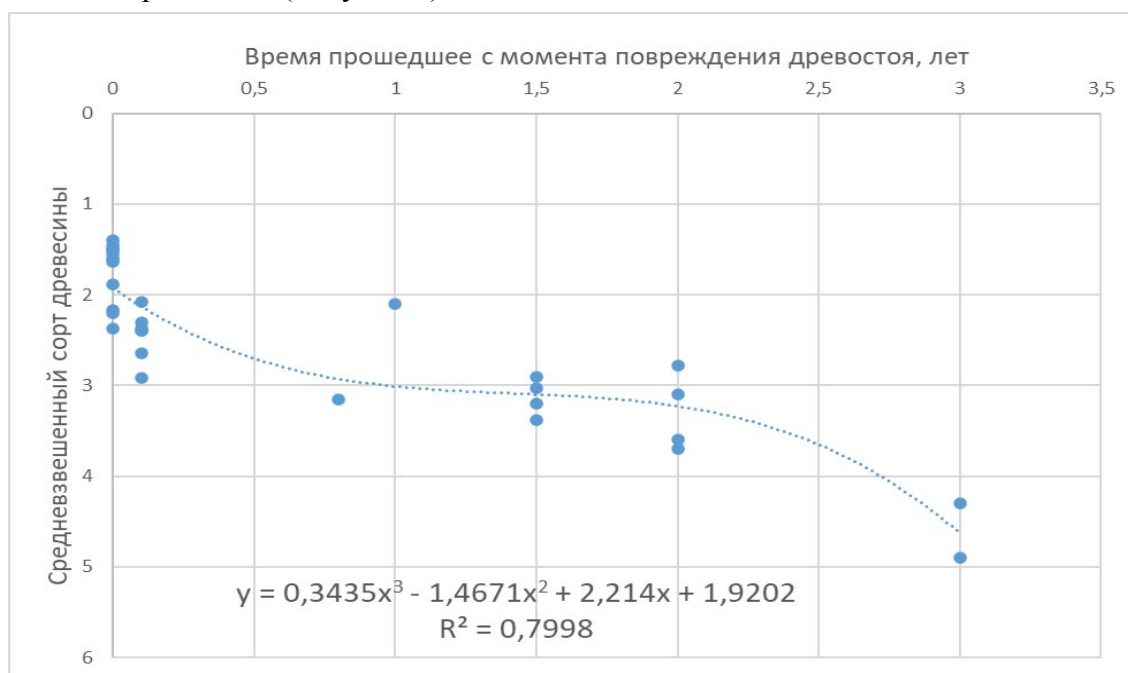


Рисунок 1. Изменение качества древесины в повреждённых древостоях

Полученное уравнение регрессии достаточно хорошо описывает зависимость показателей качества древесины от времени прошедшего с момента повреждения сосновых древостоев. В первый год после гибели сосновых древостоев наблюдается достаточно резкое снижение сортности древесины. Это связано с появлением сразу в момент повреждения в деревьях, повреждённых буреломом и снеголомом, дровяных участков ствола в районе слома. Но даже при отсутствии в повреждённых древостоях буреломных деревьев в первый год древесина упавших деревьев активно заражается грибами, вызывающими заболонные грибные окраски. Их наличие сразу классифицирует поражённую древесину по 3-му сорту, дальнейшее их развитие переводит сорт древесины в 4-й. В период с 1-го по 2-й год после повреждения скорость снижения качества древесины заметно снижается. Это связано с тем, что пороки появляющиеся и достаточно активно развивающиеся в этот период в древесине в основном только снижают её сортность, но не переводят её по качеству в дровяную. При этом сломы и синева в первый год после повреждения уже снизили сортность значительной части древесины до 3-го сорта и ниже. Соответственно этому появление глубоких червоточин как правило не приводит к дополнительному снижению сортности древесины, оставляя показатели её качества на уровне 3-го или 4-го сорта. Следует отметить, что в случаях значительного увеличения численности, к примеру серого длинноусого усача возможно ускорение снижения сортности древесины. Период с 2-го года по 3-й год после повреждения сосновых древостоев наблюдается увеличение скорости снижения сортности древесины. Этот процесс связан с появлением и увеличением (количества и глубины) боковых трещин усушки, которые могут достигать размеров нормирующихся по ГОСТ 9463-2016 [4] как недопустимые в деловой древесине. В нашей методике, при создании модели такой класс качества классифицируется как 5-й. Дальнейшее снижение сортности связано с появлением и

развитием гнилей (в первую очередь заболонных). Данный вид порока может при достижении определённых характеристик [5] не допускаться даже в дровяной древесине. Такая древесина будет классифицирована как неликвидная.

Заключение. По данным нашего исследования можно сделать вывод, что основные потери качества древесины происходят в первые 3...4 года после гибели сосновых древостоев. По истечении этого срока почти вся поврежденная древесина становится дровяной или неликвидной. Проведение санитарной рубки не позднее 2-х лет с момента гибели насаждения, для наших условий позволяет заготовить древесину хотя и низкого качества, однако классифицирующуюся как деловая. Результаты исследования имеют прикладное значение для рационализации ведения лесного хозяйства. Они подтверждают необходимость своевременного проведения лесопатологических обследований и санитарных рубок в поврежденных древостоях. Выявленные закономерности изменения сортности древесины могут быть использованы для разработки рекомендаций по оптимизации лесопользования в условиях поврежденных лесов. Это позволит минимизировать экономические потери и повысить рентабельность санитарно-оздоровительных мероприятий.

Список литературы

1. Мошкалев, А.Г. Таксация товарной структуры древостоев / А.Г. Мошкалев, А.А. Кнize, Н.И. Ксенофонов, Н.С. Уланов. – М.: Лесная промышленность, 1982 – 160 с.
2. Вакин А.Т. Пороки древесины. 2-е изд., перераб. и доп. / А.Т. Вакин, О.И. Полубояринов, В.А. Соловьев. – М.: Лесная промышленность, 1980. – 112 с.
3. Закономерности распространения пороков древесины в ельниках Московской области и их влияние на сортиментно-сортную структуру / Стоноженко Л.В., Коротков С.А., Иванов Н.Г. – Вестник Московского государственного университета леса – Лесной вестник. 2012. – № 2. – С. 99–102.
4. ГОСТ 9463-2016 Лесоматериалы круглые хвойных пород. Технические условия. – М.: Стандартинформ, 2016. – 11 с.
5. ГОСТ 3243-88 Дрова. Технические условия. – М.: Издательство стандартов, 1989. – 7 с.

References

1. Moshkalev, A.G. Evaluation of standing wood quality / A.G. Moshkalev, A.A. Knize, N.I. Ksenofontov, N.S. Ulanov. – M.: Forest industry, 1982 – 160 p.
2. Vakin A.T. Timber defects. 2nd ed., revised / A.T. Vakin, O.I. Poluboyarinov, V.A. Solovyov, Moscow: Lesnaya promyshlennost, 1980, 112 p.
3. Stonozhenko L.V., Korotkov S.A., Ivanov N.G. Regularity of expansion of timber defects in Moscow Region spruce stands and their influence on the assortment-range structure // Bulletin of the Moscow State University of Forests – Lesnoy Vestnik. 2012. – № 2. – pp. 99–102.
4. State standard 9463-2016 Round timber of coniferous species. Specifications. Moscow: Standartinform, 2016. – 11 p.
5. State standard 3243-88 Firewood. Specifications. – M.: Publishing House of Standards, 1989. – 7p.

ОЦЕНКА УРОВНЯ И ДИНАМИКИ РАЗВИТИЯ ЛЕСНОГО ПОТЕНЦИАЛА В РЕГИОНАХ ДАЛЬНЕВОСТОЧНОГО ФЕДЕРАЛЬНОГО ОКРУГА

Н.Н. Панкратова

Дальневосточный научно-исследовательский институт лесного хозяйства,
г. Хабаровск, Россия, e-mail: dalniilh.fbu@yandex.ru

Аннотация. На основе системы показателей, характеризующих лесоресурсный, лесопромышленный, лесохозяйственный, инфраструктурный и трудовой потенциалы в начале и конце анализируемого периода, определена интегрированная оценка уровня и темпов роста лесного потенциала дальневосточных регионов. Выполненная оценка позволяет определить стартовые возможности, внутренние резервы и направления развития лесного потенциала.

Ключевые слова: динамика развития, лесной потенциал, методика оценки.

ASSESSMENT OF THE LEVEL AND DYNAMICS OF FOREST POTENTIAL IN THE REGIONS OF THE FAR EASTERN FEDERAL DISTRICT

N.N. Pankratova

Far East Forestry Research Institute,
Khabarovsk, Russia, e-mail: dalniilh.fbu@yandex.ru

Abstract. Based on a system of indicators characterizing the forest resource, timber industry, forestry, infrastructural and labor potentials at the beginning and end of the analyzed period, an integrated assessment of the level and growth rates of the forest potential of the Far Eastern regions has been determined. The assessment makes it possible to determine the initial opportunities, internal reserves and directions for the development of forest potential.

Keywords: dynamics of development, forest potential, assessment methodology.

В Дальневосточном федеральном округе (ДФО) выделены зоны, где законодательно закреплён особый статус и особый режим хозяйственной деятельности на определённый срок. Они, как правило, находятся в границах отдельных административно-территориальных или муниципальных образований, имеют проблемную ситуацию и определённые внутренние источники роста, обусловленные выгодным географическим положением, высоким природно-ресурсным и экспортным потенциалом. Особые режимы предусматривают создание благоприятных условий для реализации приоритетов развития путем поощрения

определенных видов хозяйственной деятельности, их селективной поддержки через систему льгот и преференций [3].

Меры государственной поддержки в зонах, где в перечень разрешенных видов деятельности включена деревопереработка, стимулируют привлечение инвестиций в лесопромышленный комплекс, а точечный (зональный) характер и функциональный подход к предоставлению льгот только резидентам в границах выделенных зон, становится дополнительным фактором, оказывающим влияние на размещение лесоперерабатывающих производств и уровень использования регионального лесного потенциала.

Целью исследования является разработка методики оценки уровня и динамики развития лесного потенциала территорий с особым режимом экономической деятельности в ДФО.

Теоретическую основу исследования составляют авторские наработки С.В. Макара, в которых лесной потенциал рассматривается как часть природно-ресурсного потенциала территории, выполняющего ряд функций: социоприродную (защитную, экосистемную) и социально-экономическую. Как пространственный объект он находится на пересечении двух составляющих: лесообразующего (пространства формирования) и эксплуатирующего (пространства использования) [1]. Пространство использования, в свою очередь, состоит из совокупности потенциалов, формирующих территориальную хозяйственную систему. В эту совокупность входят: лесоресурсный, лесопромышленный, лесохозяйственный, инфраструктурный и трудовой потенциалы.

Процесс определения региональных различий в состоянии и использовании лесного потенциала предусматривает количественную оценку каждого частного потенциала на основе системы характеризующих его показателей и последующим интегрированием полученных значений. В качестве приоритетного способа интегрирования показателей может применяться метод нечетких множеств. Этот метод апробирован в работах В.К. Резанова и М.В. Шабалиной при разработке подходов к управлению устойчивым развитием лесного комплекса региона на основе системы сбалансированных показателей [2, 5].

В данной работе для оценки каждого из перечисленных потенциалов используется не менее четырех показателей. Фактические значения показателей определяются по данным государственной статистики, ежегодной отраслевой отчетности за анализируемый период времени. Целевые значения (критерии) устанавливаются исходя из программных документов отраслевого и территориального развития, отраслевых стандартов, нормативов, научных и экспертных материалов.

Совокупная оценка лесного потенциала определяется как сумма значений индексов лесоресурсного, лесопромышленного, лесохозяйственного и инфраструктурного потенциалов, рассчитанных через отношение фактических показателей конкретных потенциалов к их целевым критериям. Полученный результат отражает текущий уровень частных потенциалов по сравнению с их целевой (оптимальной) величиной.

Формула для оценки совокупного лесного потенциала (Z_l) на определенном временном этапе выглядит следующим образом:

$$Z_l = \sum_{j=1}^k P_j \times Z_j, \quad (1)$$

где: P_j – удельный вес частных лесных потенциалов ($j=1,k$);

Z_j – индексы частных лесных потенциалов ($j=1,k$).

Индексы частных лесных потенциалов (Z_j) определяются по формуле:

$$Z_j = \frac{\sum_{i=1}^{m,k} x_{ij}/a_{ij}}{m}, \quad (2)$$

где: x_{ij} – фактическое значение показателя i по потенциалу j ($j=1,k; i=1,m$);

a_{ij} – целевое значение показателя i по потенциалу j ($j=1,k; i=1,m$);

m – количество показателей;

k – количество частных потенциалов.

Для отражения развития лесного потенциала необходимо определить динамику показателей за определенный период времени. Динамический аспект развития определяется посредством расчета среднегодовых темпов прироста совокупного лесного потенциала (T_l) по формуле:

$$T_l = \sqrt[t-1]{\frac{Z_l^1}{Z_l^0}} \times 100 - 100 \quad (3)$$

где: Z_l^0 – оценка лесного потенциала в начале периода (2014 год);

Z_l^1 – оценка лесного лесной потенциал в конце периода (2021 год);

t – продолжительность периода, лет.

Для оценки динамики лесного потенциала территории по показателю среднегодового темпа прироста предлагается использовать следующую градацию:

- 0 % и ниже – отсутствие развития (стагнация);
- от 0,1 до 2 – стабильное развитие;
- свыше 2 % – активное развитие.

В целях данного исследования за базовый принимается 2014 год, текущий (оцениваемый) – 2021 год. Базовый год совпадает с годом, когда ДФО объявлен территорией первоочередного и опережающего развития в послании Президента В.В. Путина Федеральному Собранию [4]. Оцениваемый период является годом, предшествующим данному исследованию, когда условия в целом были сопоставимы и на экономику лесопользования не оказывали существенного воздействия внешние факторы.

Результаты оценки лесного потенциала субъекта Российской Федерации (на примере Амурской области) на начало и конец анализируемого периода приведены в таблицах 1 – 2.

Таблица 1 – Расчет совокупного лесного потенциала Амурской области, 2014 год

Уровни лесного потенциала	Индексы частных лесных потенциалов, Z_j					Узловые точки
	лесоресурсный	лесопромышленный	лесохозяйственный	инфраструктурный	трудовой	
низкий		0,212	0,312	0,35		0,4
средний						0,6
высокий	0,819				0,717	1
вес, P_j	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	
$P_j \times Z_j$	0,1638	0,0424	0,0624	0,07	0,1434	
$\Sigma(P_j \times Z_j)$	0,482					

В таблице 1 узловые точки соответствуют верхним пределам диапазона уровней лесного потенциала по значению индексов: низкий – до 0,4, средний – от 0,41 до 0,6, высокий – от 0,61 до 1. Вес каждого потенциала (P_j) принимается равным $1/n$, где n – количество частных потенциалов.

В рассматриваемом примере вес частных потенциалов равен 0,2. Индексы лесопромышленного, лесохозяйственного и инфраструктурного потенциалов, определенные по формуле (2), ниже 0,4, что соответствует низкому уровню. Лесоресурсный и трудовой потенциалы оцениваются как высокие, характеризующие их индексы выше 0,6. Совокупный лесной потенциал, определенный по формуле (1), равен 0,482 и находится на среднем уровне.

Таблица 2 – Расчет совокупного лесного потенциала Амурской области, 2021 год

Уровни лесного потенциала	Индексы частных лесных потенциалов, Z_j					Узловые точки
	лесоресурсный	лесопромышленный	лесохозяйственный	инфраструктурный	трудовой	
низкий		0,098		0,154		0,4
средний			0,575			0,6
высокий	0,842				0,615	1
вес, P_j	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	
$P_j \times Z_j$	0,1684	0,0196	0,115	0,0308	0,123	
$\Sigma(P_j \times Z_j)$	0,457					

За рассматриваемый период в Амурской области незначительно увеличился лесоресурсный потенциал, существенно повысился индекс лесохозяйственного потенциала (с низкого до среднего уровня), значительно сократился лесопромышленный и инфраструктурный потенциалы, отмечается снижение трудового потенциала, который находится на границах диапазона между высоким и средним уровнями. Совокупный лесной потенциал снизился с 0,482 до 0,457, но остался на среднем уровне. Среднегодовой темп прироста интегрированного индекса лесного потенциала, рассчитанный по формуле (3), составил -0,9 %.

Полученные оценки позволяют определить позицию каждого региона на территории ДФО по уровню и динамике развития лесного потенциала (среднегодовых темпов прироста). На рисунке 1 граничные значения квадрантов по горизонтали характеризуют уровни потенциалов и принимают значения 0; 0,4; 0,6; 1,0. Граничные значения квадрантов по вертикали отражают движение от статичного положения, характеризующегося отсутствием роста или даже стагнацией (среднегодовые темпы прироста 0 % и ниже) к стабильному (от 0,1 до 2 %), а затем активному развитию (свыше 2 %). Каждый регион внутри матрицы занимает определенное положение в обозначенных координатах.

В большинстве регионов ДФО в анализируемом периоде отмечается отрицательная динамика лесного потенциала. В группу регионов со средним потенциалом, демонстрирующим отрицательные темпы, помимо Амурской области, входят Еврейская автономная область (-1,6 %), Сахалинская область (-1,7 %) и Забайкальский край (-3,7 %). В группе регионов с низким уровнем лесного потенциала Камчатский край характеризуется

отсутствием развития, Чукотский автономный округ – падением темпов до отрицательных значений.

В группе регионов со средним потенциалом стабильное развитие наблюдается в Магаданской области (2 %), Республике Саха (Якутия) (1,7 %), активное развитие - Республике Бурятия (4,1 %). Регионы с высоким лесным потенциалом показывает стабильное развитие со среднегодовым темпом прироста 1 % (Хабаровский край) и 2 % (Приморский край).

Динамика развития					
Среднегодовой темп прироста, %	активное развитие	свыше 2		Республика Бурятия (0,568/4,1)	
	стабильное развитие	от 0,1 до 2		Магаданская область (0,45/2,0); Республика Саха (Якутия) (0,446/1,7)	Приморский край (0,63/2,0); Хабаровский край (0,61/1,0)
	отсутствие развития (стагнация)	0 % и ниже	Камчатский край (0,28/0); Чукотский автономный округ (0,26/-0,8)	Амурская область (0,45/-0,9); Еврейская автономная область (0,515/-1,6); Сахалинская область (0,441/-1,7); Забайкальский край (0,452/-3,7)	
			до 0,4	от 0,41 до 0,6	свыше 0,6
			низкий потенциал	средний потенциал	высокий потенциал
Уровень лесного потенциала					

Рисунок 1 – Позиция субъектов Российской Федерации ДФО по уровню и темпам развития лесного потенциала в период 2014 – 2021 годов

Разработанная методика и выполненная оценка показывает достигнутый уровень лесного потенциала и отражает структурно-динамический аспект его развития в каждом дальневосточном регионе, в том числе в сравнении с другими регионами округа, что позволяет определить вектор, дальнейшее направление поступательного движения к устойчивому состоянию. Полученные результаты могут применяться в целях адаптивного управления развитием лесного потенциала в других федеральных округах.

Список литературы

1. Макар, С.В. Методология пространственного анализа в обосновании стратегии развития лесного потенциала регионов России : автореф. дис. ... д-ра экон. наук: 08.00.05 / Макар Светлана Владимировна. – М., 2012. – 48 с.
2. Механизмы управления устойчивым развитием лесного комплекса / В.К. Резанов [и др.]; под ред. В.К. Резанова, К.В. Резанова. – Владивосток : Дальнаука, 2015. – 511 с. – ISBN 978-5-8044-1550-2.
3. Панкратова, Н.Н. Финансово-экономическое регулирование лесных отношений в условиях особых режимов хозяйственной деятельности / Н.Н. Панкратова // Подготовка

кадров в условиях перехода на инновационный путь развития лесного хозяйства : научно-практическая конференция, Воронеж, 21-22 октября 2021 г., ФГБОУ ВО «ВГЛУ» / отв. ред. И.С. Зиновьева; М-во природных ресурсов и экологии РФ, Фед. агентство лесного хозяйства. – Воронеж, 2021. – С. 52-56. – ISBN 978-5-7994-0953-1.

4. Послание Президента В.В. Путина Федеральному Собранию от 12.12.2013 // КонсультантПлюс : офиц. сайт / Компания «КонсультантПлюс». – Электрон. справ. правовая система. – URL: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_155646/ (дата обращения: 03.04.2025).

5. Резанов, В.К. Интегрированная модель системы сбалансированных показателей лесного комплекса (синтез подходов, комплексный анализ, интегральная оценка) / В.К. Резанов, М.В. Шаболина. – Хабаровск : Тихоокеан. гос. ун-т, 2011. – 239 с. – ISBN 978-5-7389-0959-7.

References

1. Makar, S.V. Metodologiya prostranstvennogo analiza v obosnovanii strategii raz-vitiya lesnogo potentsiala regionov Rossii : avtoref. dis. ... d-ra ekon. nauk: 08.00.05 / Ma-kar Svetlana Vladimirovna. – M., 2012. – 48 s.

2. Mekhanizmy upravleniya ustojchivym razvitiem lesnogo kompleksa / V.K. Rezanov [i dr.]; pod red. V.K. Rezanova, K.V. Rezanova. – Vladivostok : Dal'nauka, 2015. – 511 s. – ISBN 978-5-8044-1550-2.

3. Pankratova, N.N. Finansovo-ekonomicheskoe regulirovanie lesnyh otnoshenij v usloviyah osobyh rezhimov hozyajstvennoj deyatel'nosti / N.N. Pankratova // Podgotovka kadrov v usloviyah perekhoda na innovacionnyj put' razvitiya lesnogo hozyajstva : nauchno-prakticheskaya konferenciya, Voronezh, 21-22 oktyabrya 2021 g. / отв. ред. I.S. Zinov'eva; M-vo prirodnih resursov i ekologii RF, Fed. agentstvo lesnogo hozyajstva. – Voronezh, 2021. – S. 52-56. – ISBN 978-5-7994-0953-1.

4. Poslanie Prezidenta V.V. Putina Federal'nomu Sobraniyu ot 12.12.2013 // Konsul'tantPlyus : ofic. sajт / Kompaniya «Konsul'tantPlyus». – Elektron. sprav. pravovaya sistema. – URL: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_155646/ (data obrashcheniya: 03.04.2025).

5. Rezanov, V.K. Integrirovannaya model' sistemy sbalansirovannyh pokazatelej lesnogo kompleksa (sintez podhodov, kompleksnyj analiz, integral'naya ocenka) / V.K. Reza-nov, M.V. Shabolina. – Habarovsk : Tihookean. gos. un-t, 2011. – 239 s. – ISBN 978-5-7389-0959-7.

**ПЕРЕВОД МАЛОЦЕННЫХ ЛИСТВЕННЫХ НАСАЖДЕНИЙ В ЦЕННЫЕ
С ПРЕОБЛАДАНИЕМ ХВОЙНЫХ ПОРОД В ТАЛДОМСКОМ ЛЕСНИЧЕСТВЕ
МОСКОВСКОЙ ОБЛАСТИ**

А.И. Ревин, М.А. Тувышкина

Воронежский государственный лесотехнический университет имени Г.Ф. Морозова,
г. Воронеж, Россия, e-mail: airevin59@yandex.ru

Аннотация. В работе предложены варианты проведения рубок ухода в малоценных березовых насаждениях с примесью хвойных пород, в результате которых последние выйдут в основной ярус. Тем самым повышается хозяйственная ценность исследуемых древостоев, и сокращается площадь малоценных насаждений.

Ключевые слова: древостой, рубки ухода, малоценные насаждения, продуктивность.

**TRANSFER OF LOW-VALUE DECIDUOUS STANDS INTO VALUABLE ONES
WITH PREVAILABILITY OF CONIFERS IN TALDOM FORESTRY
OF MOSCOW REGION**

A.I. Revin, M.A. Tuvyshkina

Voronezh State University of Forestry and Technologies named after G.F. Morozov,
Voronezh, Russia, e-mail: airevin59@yandex.ru

Abstract. The paper proposes options for thinning in low-value birch stands with an admixture of coniferous species, as a result of which the latter will enter the main tier. This increases the economic value of the studied stands and reduces the area of low-value stands.

Keywords: forest stand, thinning, low-value plantings, productivity.

Вопросы смены древесных пород всегда стояли в центре внимания лесоводов нашей страны [5]. Установлено, что одна из основных причин происходящей смены пород заключается в противоположных биологических свойствах ели и лиственных пород. Способность ели размножаться только семенами при довольно позднем и редком плодоношении деревьев, неспособность семян распространяться на большие расстояния, быстрая потеря семенами всхожести не обеспечивают ей заселения открытых пространств в первые годы после рубки или пожара. Лиственные породы (береза, осина), в

противоположность ели, плодоносят ежегодно и обильно. Их легкие семена способны распространяться ветром на большие расстояния. Кроме того, эти древесные породы прекрасно возобновляются и вегетативным путем. Все это, наряду со светолюбием и морозостойкостью молодых растений, обеспечивает им хорошее возобновление и успешный рост на больших открытых пространствах [2,4].

В настоящее время наблюдается рост площадей, занятых малоценными насаждениями, которые появляются за счет восстановления вырубок. Поэтому остро встает вопрос о переводе малоценных насаждений в ценные, с преобладанием хвойных пород [1,3]. Основным лесохозяйственным мероприятием для разрешения этой задачи являются рубки ухода. От качества их проведения зависит дальнейшая судьба насаждений, их состав, старение, повышение всех полезностей леса и общая продуктивность.

Работы по выявлению малоценных березовых насаждений проводились в 2024 году. Объектом исследования являлись лиственные и лиственно-еловые насаждения Талдомского лесничества Комсомольского участкового лесничества Московской области. По таксационным описаниям производилась выборка всех малоценных березовых насаждений в возрасте от 10 до 40 лет. Особое внимание уделялось описанию подроста (количество, состав, возраст, высота и благонадежность).

Распределение площади малоценных березовых насаждений по составу, возрасту и наличию подроста хвойных пород показано в таблице 1.

Таблица 1 – Распределение площадей малоценных березняков по составу, возрасту и наличию хвойного подроста

Возраст, лет	Ед. изм.	Площадь березняков				Итого
		чистые		с примесью ели		
		без хвойного подроста	с хвойным подростом	без хвойного подроста	с хвойным подростом	
10	га	24,4		43,7		68,1
	%	1,5		2,6		4,1
20	га	80,2	31,6	78,5	21,1	211,4
	%	4,7	1,9	4,7	1,3	12,6
30	га	204,0	115,9	171,0	32,3	523,2
	%	12,3	6,9	10,2	1,9	31,3
40	га	547,1	73,5	190,1	60,6	871,3
	%	32,6	4,4	11,4	3,6	52,0
Всего	га	855,7	221,0	483,3	114,0	1674,0
	%	51,1	13,2	28,9	6,8	100

Нами изучались особенности хода роста малоценных березняков с примесью хвойных пород в основном полог до 30 % в наиболее распространенных типах леса в возрасте от 15 до 50 лет. Для этого было заложено 9 пробных площадей в насаждениях, относящихся к одному и тому же естественному ряду развития и роста. Средние таксационные показатели получены путем графического выравнивания (табл. 2).

Таблица 2 – Таксационные показатели березовых насаждений с примесью хвойных пород до 30 %

Возраст, лет	Средняя высота березы, м	Максимальная высота ели, м	Средний диаметр березы, см	Максимальный диаметр ели, см	Общая сумма площадей сечений насаждений, м ²	Общий запас насаждений, м ³	Текущее изменение запаса насаждений, м ³
15	6,2	4,4	3,7	3,7	10,8	43	
20	9,2	7,1	6,4	6,4	18,3	85	8,4
25	11,8	8,8	8,4	8,4	25,1	136	10,2
30	14,1	9,9	10,2	9,9	30,3	188	10,4
35	16,2	9,6	11,8	10,2	33,3	234	9,2
40	18,1	8,9	13,2	9,1	34,8	270	7,2

Исследование особенностей хода роста малоценных березовых насаждений с примесью хвойных пород, которые позволили выявить угнетенное положение ели в этих насаждениях, указывают на необходимость активного вмешательства в процесс их формирования. В противном случае эти насаждения останутся в категории малоценных, и к возрасту 90-100 лет доля хвойных пород в них не будет превышать 20-30 %.

К числу хозяйственных мероприятий, оказывающих регулирующее воздействие на формирование смешанных насаждений, повышающих долю хвойных пород в составе насаждений, способствующих более ускоренному переводу их в категорию ценных хвойных, относятся рубки ухода.

Как показали исследования, наиболее эффективными являются рубки ухода повышенной интенсивности, при которых выбирается не менее 40-50 % запаса лиственного полога.

В соответствии с особенностями формирования исследуемых насаждений первый уход должен проводиться не ранее 15-20 лет, когда процесс формирования насаждения еще не закончился, и не позднее 30 лет, когда ель начинает испытывать особенно сильное угнетение со стороны лиственных пород. Наиболее перспективными для перевода в категорию ценных хвойных будут следующие насаждения:

1. Чистые лиственные насаждения с наличием формирующегося елового яруса последующего возобновления.
2. Одноярусные лиственные насаждения с примесью хвойных пород предварительного возобновления в основном пологе до 20 % и наличием формирующегося елового яруса последующего возобновления.
3. Одноярусные лиственные насаждения с примесью хвойных пород предварительного возобновления в основном пологе до 20 % и наличием формирующегося елового яруса последующего возобновления.

Из всех этих групп самой перспективной является третья. Насаждения этой группы должны назначаться в рубку в первую очередь.

Как видно из таблицы 3, для чистых лиственных насаждений рекомендуется 3 приема рубок. В первые два приема выбирается не менее 50 % от запаса лиственных пород, а в

последнем приеме лиственный полог удаляется почти полностью, создавая благоприятные условия для роста формирующегося елового яруса. При групповом расположении подроста хвойных пород интенсивность выборки может снижаться.

Для второго и третьего вариантов насаждений рекомендуются двухприемные рубки. Период повторяемости рубок рекомендуется в 5-10 лет.

В соответствии с основными показателями предложенной программы рубок ухода для малоценных насаждений березы сделан набор участков для проведения в них первого приема рубок ухода (табл. 3).

Таблица 3 – Ведомость участков молодняков малоценных лиственных насаждений для перевода их в хвойные под влиянием рубок ухода

№ кв.	№ выд.	Площадь, га	Характеристика насаждения на момент ревизии							
			состав насаждения	полнота	возраст лиственных пород, лет	характер размещения по площади хв. пород основного полога	характеристика хвойного подроста или кол-во деревьев на 1 га, шт.	высота, м	состояние	характер размещения на ПП
27	22	1,6	6Б2Ос1Е1С	0,8	5	Равномерное	2000	0,5	хорошее	Равномерное
28	8	12,0	5Б3Ос2Е	0,8	20	Равномерное	1700	0,11-1,0	хорошее	Равномерное
50	33	1,2	8Б2Е	0,9	20	Равномерное	500	до 0,11	хорошее	Равномерное
80	4	6,6	4Б4Ос2Е	0,8	15	Групповое	1100	0,11-0,5	хорошее	Групповое
84	6	1,4	8Б2Е	0,9	15	Равномерное	200	до 0,11	хорошее	Групповое
84	29	1,4	8Б2Е	1,0	15	Равномерное	300	0,11-0,25	хорошее	Равномерное
52	1	6,1	5Б3Ос2Е	0,8	20	Групповое	1000	0,11-1,0	хорошее	Групповое
52	4	6,2	5Б3Ос2Е	0,8	20	Равномерное	1500	0,5-2,0	хорошее	Равномерное
61	6	2,1	6Б2Е2Ос	0,8	20	Групповое	1200	0,5-1,0	хорошее	Групповое

Окончание таблицы 3

№ кв.	№ выд.	Проектируемые рубки ухода									Ожидаемый результат	
		Кол-во приемов	Период повторяемости	Год начала рубок	Интенсивность рубок лиственного покрова						доля хвойных пород по запасу, %	предполагаемый год перевода в хвойное хоз-во
					1 прием		2 прием		3 прием			
					%	сомкн. после рубки	%	сомкн. после рубки	%	сомкн. после рубки		
27	22	2	10	2026	40	0,6	40		40		2037	
28	8	2	10	2026	40	0,6	40		40		2037	
50	33	2	10	2026	40	0,6	40		40		2037	
80	4	2	5	2026	30	0,7	40		40		2037	
84	6	2	10	2026	40	0,6	40		40		2037	
84	29	2	5	2026	40	0,6	40		40		2037	
52	1	2	10	2026	30	0,7	40		40		2037	
52	4	2	10	2026	40	0,6	40		40		2037	
61	6	2	10	2026	30	0,7	40		40		2037	

Список литературы

1. Дерябин, Д. И. Реконструкция лесонасаждений / Д. И. Дерябин. – Казань, 1957. – 21 с.
2. Кайрюкшtis, Л. А. Формирование елово-лиственных молодняков / Л. А. Кайрюкшtis. – Литов. НИИ лесного хоз-ва. - Каунас, 1959. – 244 с.
3. Калиниченко, Н.П. Лесовосстановление на вырубках / Н.П. Калиниченко, А.И. Писаренко, Н.А. Смирнов. – М.: Экология, 1991. – 384 с.
4. Крайнев, В. П. Особенности генезиса некоторых еловых древостоев и значение их в практике / В. П. Крайнев // Лесное хозяйство. – 1941. – № 3. – С. 30-35.
5. Колданов, В. Я. Смена пород и лесовосстановление / В. Я. Колданов. – М.: Лесная промышленность, 1966. – 171 с.

References

1. Deryabin, D. I. Reconstruction of forest plantations / D. I. Deryabin. - Kazan, 1957. - 21 p.
2. Kairyukshtis, L. A. Formation of spruce-deciduous young stands / L. A. Kairyukshtis. - Lithuanian Research Institute of Forestry. - Kaunas, 1959. - 244 p.
3. Kalinichenko, N. P. Reforestation in clearings / N. P. Kalinichenko, A. I. Pisarenko, N. A. Smirnov. – M.: Ekologiya, 1991. - 384 p.
4. Krainev, V. P. Features of the genesis of some spruce stands and their significance in practice / V. P. Krainev // Lesnoye khozyaystvo. – 1941. – № 3. – P. 30-35.
5. Koldanov, V. Ya. Change of species and forest restoration / V. Ya. Koldanov. – M.: Lesnaya Promyshlennost, 1966. – 171 p.

Научное издание

ЛЕСНЫЕ ЭКОСИСТЕМЫ В УСЛОВИЯХ МЕНЯЮЩЕГОСЯ КЛИМАТА:
ПРОБЛЕМЫ И ПЕРСПЕКТИВЫ

Материалы Международной научно-практической конференции,
посвященной 110-летию кафедры лесоводства, лесной таксации
и лесоустройства и 95-летию ВГЛТУ

Воронеж, 15 мая 2025 г.

Ответственный редактор М.А. Тувышкина

Материалы издаются в авторской редакции

Подписано к изданию 21.10.2025. Объем данных 31,8 Мб
ФГБОУ ВО «Воронежский государственный лесотехнический университет
имени Г.Ф. Морозова»
394087, г. Воронеж, ул. Тимирязева, 8