

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



**АДАПТАЦИЯ ЛЕСНОГО ХОЗЯЙСТВА К ИЗМЕНЕНИЮ КЛИМАТА:  
ПРИРОДООРИЕНТИРОВАННЫЕ РЕШЕНИЯ И ЦИФРОВИЗАЦИЯ.  
FORESTRY – 2024**

**Материалы Международного лесного форума**

**Молодежная секция**

**Воронеж, 31 октября - 1 ноября 2024 г.**



**Воронеж 2024**

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



АДАПТАЦИЯ ЛЕСНОГО ХОЗЯЙСТВА К ИЗМЕНЕНИЮ КЛИМАТА:  
ПРИРОДООРИЕНТИРОВАННЫЕ РЕШЕНИЯ И ЦИФРОВИЗАЦИЯ.  
FORESTRY – 2024

Материалы Международного лесного форума

Молодежная секция

Воронеж, 31 октября - 1 ноября 2024 г.

Воронеж 2024

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»

ADAPTATION OF FORESTRY TO CLIMATE CHANGE:  
NATURE-ORIENTED SOLUTIONS AND DIGITALISATION.  
FORESTRY – 2024

Proceedings of the International Forestry Forum

Youth section

Voronezh, October 31 – November 1, 2024

Voronezh 2024

УДК 630\*

A28

**A28** Адаптация лесного хозяйства к изменению климата: природоориентированные решения и цифровизация. Forestry – 2024 : материалы Международного лесного форума, молодежная секция, Воронеж, 31 октября – 1 ноября 2024 г. / отв. ред. Н. В. Яковенко; М-во науки и высшего образования РФ, ФГБОУ ВО «ВГЛТУ». – Воронеж, 2024. – 236 с. – URL: <https://vgltu.ru/nauka/konferencii/mezhdunarodnyj-lesnoj-forum-forestry-2024/> – Текст: электронный.

ISBN 978-5-7994-1156-5

Сборник материалов Международного лесного форума «Адаптация лесного хозяйства к изменению климата: природоориентированные решения и цифровизация. Forestry – 2024» посвящен актуальным вопросам устойчивого развития лесного хозяйства в условиях глобальных изменений климата. Особое внимание уделено природоориентированным решениям и внедрению современных цифровых технологий, способствующих эффективному управлению лесными ресурсами и их адаптации к новым климатическим условиям. Молодежная секция форума предоставляет платформу для молодых ученых и специалистов, представляющих инновационные идеи и подходы в области лесной экологии, сохранения биоразнообразия и лесного менеджмента. Сборник включает в себя статьи и исследования, отражающие передовой опыт и практические наработки в сфере адаптации лесного хозяйства, делая акцент на междисциплинарном подходе и международном сотрудничестве.

Материалы форума предназначены для широкого круга специалистов, включая ученых, практиков, экспертов в области лесного хозяйства, экологии, климатологии, географии, цифровых технологий, а также представителей государственных структур, бизнеса и некоммерческих организаций. Материалы также адресованы студентам, аспирантам и молодым исследователям, заинтересованным в изучении современных подходов к управлению лесными экосистемами в условиях изменяющегося климата.

УДК 630\*

ISBN 978-5-7994-1156-5

© ФГБОУ ВО «ВГЛТУ», 2024

## СОДЕРЖАНИЕ

<b>Секция 1. Биотехнология, генетика, селекция для решения вопросов адаптации и митигации лесных экосистем.....</b>	<b>7</b>
Брындина Л.В., Корчагина А.Ю., Живитченко Д.И. ИЗМЕНЕНИЕ МОРФОМЕТРИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ РАСТЕНИЙ ПОД ДЕЙСТВИЕМ УДОБРЕНИЯ ИЗ ОРГАНИЧЕСКИХ ОТХОДОВ.....	7
Брындина Л.В., Корчагина А.Ю., Репникова Л.А. ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ ЩЕЛОЧНОГО ГИДРОЛИЗАТА КОЛЛАГЕНА НА БИОМЕТРИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ РАСТЕНИЯ.....	12
Ведёхин С.С., Попова А.А. ОДНОФАКТОРНЫЙ ДИСПЕРСИОННЫЙ АНАЛИЗ РЕЗУЛЬТАТОВ ИЗМЕРЕНИЯ РОСТА РАССАДЫ КАТАРАНТУСА РОЗОВОГО «РОУЗ» (CATNARANTUS ROSEUS «ROSE»).....	16
Воскобойник М.Ю. ЛЕСОСЕМЕННЫЕ ПЛАНТАЦИИ: ПОРОДНЫЙ СОСТАВ И СХЕМЫ ПОСАДКИ В УСЛОВИЯХ УМЕРЕННОГО КЛИМАТИЧЕСКОГО ПОЯСА.....	21
Калошин В.П. АНАЛИЗ ТЕХНОЛОГИИ СОЗДАНИЯ КУЛЬТУР ДУБА НА ОСИНОВЫХ ВЫРУБКАХ В ЖИВОТИНОВСКОМ ЛЕСНИЧЕСТВЕ УЧЕБНО-ОПЫТНОГО ЛЕСХОЗА ВГЛТУ.....	28
Медведев Д.Ю. ОБЗОР ТЕХНОЛОГИИ ВЫРАЩИВАНИЯ ПОСАДОЧНОГО МАТЕРИАЛА В ЛЕСНЫХ ПИТОМНИКАХ.....	35
Пивоваров М.В., Цепляев А.Н. ПРИМЕНЕНИЕ ЭЛЕКТРОСТИМУЛЯЦИИ ПРИ ВЫРАЩИВАНИИ ПОСАДОЧНОГО МАТЕРИАЛА ДРЕВЕСНЫХ, КУСТАРНИКОВЫХ КУЛЬТУР И ГАЗОННЫХ ТРАВ.....	38
Попова В.Т., Цепляев А.Н., Пальцева А.В. СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ УКОРЕНЕНИЯ ПРЕДСТАВИТЕЛЕЙ РОДА JUNIPERUS, L. В УСЛОВИЯХ ЦЕНТРАЛЬНО-ЧЕРНОЗЕМНОГО РЕГИОНА.....	44
Рязанцева О.С., Цепляев А.Н. СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ СОСТОЯНИЯ ЭКЗЕМПЛЯРОВ ЛИПЫ ЕВРОПЕЙСКОЙ PALLIDA, ПРОИЗРАСТАЮЩИХ НА РАЗНЫХ ТЕРРИТОРИЯХ ЦЕНТРАЛЬНОЙ ЛЕСОСТЕПИ (НА ПРИМЕРЕ ПГТ РАМОНЬ ВОРОНЕЖСКОЙ ОБЛАСТИ И Г. СТАРЫЙ ОСКОЛ БЕЛГОРОДСКОЙ ОБЛАСТИ).....	50
Шовкун В.А., Цепляев А.Н., Кондауров В.О. ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИЙ «КОНТЕЙНЕР В КОНТЕЙНЕРЕ» ПРИ ВЫРАЩИВАНИИ ПОСАДОЧНОГО МАТЕРИАЛА СОСНЫ ОБЫКНОВЕННОЙ С ЗКС.....	55

<b>Секция 2. Техника и технологии для реализации природоориентированных решений и природоподобных практик в лесном хозяйстве.....</b>	<b>60</b>
Дерепаско И.В. МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССА РАБОТЫ ТРЕЛЕВОЧНОГО АГРЕГАТА С СИСТЕМОЙ РЕКУПЕРАЦИИ ЭНЕРГИИ ДЛЯ ОЦЕНКИ КОЛЕБАНИЙ В ПРОДОЛЬНО-ВЕРТИКАЛЬНОЙ ПЛОСКОСТИ.....	60
Гончаров Д.А., Зимарин С.В., Попиков П.И., Князев А.Г. СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ КОНСТРУКЦИЙ ПРЕДОХРАНИТЕЛЬНЫХ УСТРОЙСТВ ПОЧВООБРАБАТЫВАЮЩИХ ДИСКОВЫХ ОРУДИЙ.....	65
Зленко А.В. МОДЕЛИРОВАНИЕ РАБОЧЕГО ПРОЦЕССА ШНЕКОРОТОРНОГО ЛЕСОПОЖАРНОГО ГРУНТОМЕТА.....	72
Кондауров В.О., Шовкун В.А. ТЕХНОЛОГИИ УТИЛИЗАЦИИ ОТХОДОВ ОТ ПЕРЕРАБОТКИ ДРЕВЕСИНЫ: СОВРЕМЕННЫЕ ПОДХОДЫ И ПЕРСПЕКТИВЫ.....	77
Маликов В.Б., Шамаев В.А., Руссу А.В. ИССЛЕДОВАНИЕ СКВОЗНОЙ ПРОПИТКИ ДРЕВЕСИНЫ ЛИСТВЕННИЦЫ.....	81
Пивцов А.В., Попиков П.И. СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩЕГО ГИДРОПРИВОДА ЛЕСОПОЖАРНОГО ГРУНТОМЕТА.....	84
Полумиско А.А. СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ОСОБЕННОСТЕЙ КОНСТРУКЦИЙ МАГНИТНЫХ ДЕМПФИРУЮЩИХ УСТРОЙСТВ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ МАШИН.....	89
Попиков С.К. ВЛИЯНИЕ ДИНАМИЧЕСКИХ НАГРУЗОК НА УСТОЙЧИВОСТЬ ЛЕСОТРАНСПОРТНОЙ МАШИНЫ МАНИПУЛЯТОРНОГО ТИПА.....	96
Попикова А.В. РЕЗУЛЬТАТЫ ТЕОРЕТИЧЕСКИХ И ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ ДИНАМИЧЕСКОЙ НАГРУЖЕННОСТИ ГРУЗОПОДЪЕМНОГО МЕХАНИЗМА ЛЕСНОГО МАНИПУЛЯТОРА.....	100
Савинков М.А., Посметьев В.И., Никонов В.О., Храпов И.О. АНАЛИЗ ПЕРСПЕКТИВНЫХ УСТРОЙСТВ ДЛЯ АККУМУЛИРОВАНИЯ ЭНЕРГИИ РАБОЧЕЙ ЖИДКОСТИ В ГИДРОПРИВОДАХ ТРАНСПОРТНО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ МАШИН.....	107
Хворых А.М. ВЛИЯНИЕ МОДИФИКАЦИИ ДРЕВЕСИНЫ НА ВПИТЫВАНИЕ ВЛАГИ В ДРЕВЕСИНЕ.....	114

<b>Секция 3. Актуальные проблемы сохранения биоразнообразия в условиях климатических изменений.....</b>	<b>118</b>
Бахтин А.М.	
ВЛИЯНИЕ ПОЛЕЗАЩИТНОЙ ЛЕСНОЙ ПОЛОСЫ НА ЭМИССИЮ УГЛЕКИСЛОГО ГАЗА В УСЛОВИЯХ КАМЕННОЙ СТЕПИ.....	118
Варгузина М.Г., Бугакова А.Д.	
КЛИМАТО-ПРОСТРАНСТВЕННАЯ ОРГАНИЗАЦИЯ РУССКИХ ПРАВОСЛАВНЫХ МОНАСТЫРЕЙ.....	123
Желенков О.Г.	
ЛЕСОВОДСТВЕННО-ХОЗЯЙСТВЕННАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ РУБОК УХОДА НА ПРОДУКТИВНОСТЬ ЛЕСА.....	130
Матыцина Е.П., Ершова С.О.	
К ВОПРОСУ О ВОССТАНОВЛЕНИИ ДРЕВЕСНЫХ РАСТЕНИЙ КРЫМСКОГО ПРИРОДНОГО ЗАПОВЕДНИКА ПОСЛЕ ЛЕСНЫХ ПОЖАРОВ.....	136
Матыцина Е.П., Балаба В.С., Козючиц А.А.	
К ВОПРОСУ О ПЛОДОНОШЕНИИ ДУБА КРАСНОГО (ЛАТ. QUERCUS RUBRA) И ДУБА ЧЕРЕШЧАТОГО (ЛАТ. QUERCUS ROBUR) В УСЛОВИЯХ ЦЕНТРАЛЬНОГО ЧЕРНОЗЕМЬЯ.....	142
Никитенко В.В.	
СОВРЕМЕННАЯ ОЦЕНКА СОСТОЯНИЯ ДРЕВОСТОЯ ПОЛЕЗАЩИТНОЙ ЛЕСНОЙ ПОЛОСЫ В УСЛОВИЯХ АГРОЛЕСОЛАНДШАФТА «КАМЕННОЙ СТЕПИ».....	147
Парахневич А.И.	
СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ КОЛИЧЕСТВЕННЫХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ПОПУЛЯЦИОННЫХ СТРАТЕГИЙ ДРЕВЕСНЫХ РАСТЕНИЙ ДУБРЯВ НА РАЗНЫХ СТАДИЯХ СУКЦЕССИИ.....	153
Похваленко В.А., Харченко Н.Н., Трегубов О.В.	
АНАЛИЗ СРЕДНЕМЕСЯЧНЫХ КЛИМАТИЧЕСКИХ ДАННЫХ В ЮЖНОЙ ЧАСТИ СРЕДНЕГО ПРЕДКАВКАЗЬЯ.....	158
Рудницких А.А.	
ОСОБЕННОСТИ ВИДОВОГО СОСТАВА ДРЕВЕСНО-КУСТАРНИКОВЫХ ИНТРОДУЦЕНТОВ В СТАРИННЫХ УСАДЕБНЫХ ПАРКАХ ВОРОНЕЖСКОЙ ОБЛАСТИ.....	161
Сафонова А.А.	
СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ТАКСАЦИОННЫХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ДРЕВОСТОЯ ПРИГОРОДНЫХ ЛЕСОВ Г. ВОРОНЕЖ.....	167
Сидельников В.А.	
СУКЦЕССИЯ ЛЕСНЫХ ЭКОСИСТЕМ ВОРОНЕЖСКОЙ ОБЛАСТИ: АНАЛИЗ И КАЧЕСТВЕННАЯ ОЦЕНКА ПРОЦЕССОВ.....	174
Старухина Е.А.	
ЭКОСИСТЕМНЫЕ УСЛУГИ ГОРОДСКИХ ЗЕЛЕННЫХ НАСАЖДЕНИЙ.....	179

Старухина Е.А. СПРОС И ПРЕДЛОЖЕНИЕ ЭКОСИСТЕМНЫХ УСЛУГ ГОРОДСКИХ ЛЕСОВ.....	184
Тоцкая М.Н., Попова А.А. СОСТОЯНИЕ И УСТОЙЧИВОСТЬ ДРЕВЕСНЫХ РАСТЕНИЙ В УСЛОВИЯХ ГОРОДСКОЙ СРЕДЫ (НА ПРИМЕРЕ БУЛЬВАРА ПО УЛ. ОРДЖОНИКИДЗЕ, Г. ВОРОНЕЖ).....	189
Туркин А.Ф., Михин В.И. ОСОБЕННОСТИ БАЙРАЧНЫХ НАСАЖДЕНИЙ В УСЛОВИЯХ ВОРОНЕЖСКОЙ ОБЛАСТИ.....	195
<b>Секция 4. Экономические механизмы и инвестиции в реализации лесоклиматических проектов. Лесная политика, лесопользование и лесопользование в современных условиях хозяйствования.....</b>	<b>199</b>
Кузнецов Д.К. КОНЦЕПЦИЯ АНАЛИЗА РИСКОВ ПРИ РЕАЛИЗАЦИИ ЛЕСОКЛИМАТИЧЕСКИХ ПРОЕКТОВ.....	199
Колотушкин А.А. ЗЕМЕЛЬНЫЕ РЕСУРСЫ РОССИИ КАК СОСТАВНОЙ КОМПОНЕНТ ПРИРОДНОГО КАПИТАЛА.....	205
Федюнин П.Г. «ЗЕЛЕНАЯ ЭКОНОМИКА» В БОРЬБЕ С ИЗМЕНЕНИЯМИ КЛИМАТА: СТРАТЕГИИ И ПЕРСПЕКТИВЫ.....	215
<b>Секция 5. Цифровые технологии на службе лесного хозяйства.....</b>	<b>221</b>
Макаренко Н.Н. ЦИФРОВЫЕ РЕШЕНИЯ В ОЦЕНКЕ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ ЕМКОСТИ ТЕРРИТОРИИ.....	221
Нацентов Е.А. ПРЕИМУЩЕСТВА ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ГЕОИНФОРМАЦИОННЫХ СИСТЕМ (ГИС) В КОНТЕКСТЕ ОЦЕНКИ И УПРАВЛЕНИЯ АГРОЛЕСОПОЛОСАМИ.....	226
Рыжов Я.А. ЭФФЕКТИВНОЕ УПРАВЛЕНИЕ РАСТИТЕЛЬНОСТЬЮ ВДОЛЬ ЛИНИЙ ЭЛЕКТРОПЕРЕДАЧ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ТЕХНОЛОГИЙ ДИСТАНЦИОННОГО ЗОНДИРОВАНИЯ.....	231

## Секция 1. Биотехнология, генетика, селекция для решения вопросов адаптации и митигации лесных экосистем

DOI: 10.58168/FFYS2024\_7-11  
УДК 631.8

### ИЗМЕНЕНИЕ МОРФОМЕТРИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ РАСТЕНИЙ ПОД ДЕЙСТВИЕМ УДОБРЕНИЯ ИЗ ОРГАНИЧЕСКИХ ОТХОДОВ

**Брындина Лариса Васильевна**

*д. с.-х. н., профессор кафедры безопасности жизнедеятельности и правовых отношений ФГБОУ ВО «Воронежский государственный лесотехнический университет им. Г.Ф. Морозова», г. Воронеж, РФ*

**Корчагина Анна Юрьевна**

*к. т. н., преподаватель кафедры химии и биотехнологии ФГБОУ ВО «Воронежский государственный лесотехнический университет им. Г.Ф. Морозова», г. Воронеж, РФ*

**Живитченко Дарья Ивановна**

*аспирант 1-го года ФГБОУ ВО «Воронежский государственный лесотехнический университет им. Г.Ф. Морозова», г. Воронеж, РФ  
E-mail: darazhivitchenko@gmail.com*

### CHANGES IN THE MORPHOMETRIC PARAMETERS OF PLANTS UNDER THE ACTION OF FERTILIZERS FROM ORGANIC WASTE

**Bryndina Larisa Vasilyevna**

*Doctor of Agricultural Sciences, Professor of the Department of Life Safety and Legal Relations, Voronezh State University of Forestry and Technologies named after G.F. Morozov, Voronezh, Russia*

**Korchagina Anna Yurievna**

*Candidate of Technical Sciences, Lecturer of the Department of Chemistry and Biotechnology, Voronezh State University of Forestry and Technologies named after G.F. Morozov, Voronezh, Russia*

**Zhivitchenko Daria Ivanovna**

*1st year graduate student, Voronezh State University of Forestry and Technologies named after G.F. Morozov, Voronezh, Russia  
E-mail: darazhivitchenko@gmail.com*

**Аннотация.** В статье рассматривается возможность использования отходов масложировой промышленности в качестве сырья для получения биоудобрения. Предложено обогатить лузгу осадками сточных вод.

По результатам исследования установлено, что под влиянием использования смеси на основе лузги и осадка сточных вод наблюдаются положительные морфометрические изменения у растений. Удобрения из этих компонентов в соотношении 1:1 показали высокую эффективность при внесении их в почву в концентрации 10%.

**Abstract.** The article considers the possibility of using waste from the fat and oil industry as a raw material for the production of biofertilizer. It is proposed to enrich the husk with sewage sludge.

According to the results of the study, it was found that under the influence of using a mixture based on husk and sewage sludge, positive morphometric changes are observed in

plants. Fertilizers from these components in a ratio of 1:1 showed high efficiency when applied to the soil at a concentration of 10%.

**Ключевые слова:** лузга, осадок сточных вод, биоудобрение.

**Keywords:** husk, sewage sludge, biofertilizer.

В современном научном сообществе особое значение приобретают исследования, направленные на разработку инновационных технологий комплексной переработки растительной биомассы. Эти технологии призваны обеспечить максимальную эффективность использования растительных ресурсов. Сбор и переработка растительных отходов не нуждаются в привлечении крупных инвестиций и квалифицированной рабочей силы, характеризуются быстрой окупаемостью вложений.

В условиях роста производства растительных масел как на территории Российской Федерации, так и во всем мире, наблюдается увеличение объема отходов маслозаводов.

При этом остро стоит вопрос их утилизации. В ходе технологического процесса в значительном количестве образуются отходы - шелуха подсолнечника, составляющие около 15% от общего объема семян.

В настоящее время сфера применения шелухи подсолнечника ограничена (около 10%) и включает производство спирта, субстрат для выращивания грибов, добавку в корм для животных и биотопливо. Остальная часть подвергается утилизации, что влечет за собой экологические риски.

Вероятной причиной отсутствия разработанных технологий комплексной переработки шелухи подсолнечника является недостаточное изучение ее полного химического состава и свойств получаемых из нее соединений.

Таблица 1 – Химический состав лузги

Показатели	Содержание
Органическое вещество, %	84
Общий азот, %	0,9
Общий фосфор, %	3,9
Калий, %	4,5

Представленные данные в табл. 1 свидетельствуют о том, что внесение лузги в почву будет оказывать положительное влияние. Высокое содержание органических и минеральных элементов благоприятно скажется на росте и развитии растений [1].

Но высокое содержание лигнина (24,8–29,6%) и целлюлозы (31–42,4%) замедляет процесс разложения этого отхода в почве. Ускорить его деструкцию можно за счет обогащения осадками сточных вод, которые содержат 70–90 % органических веществ [4, 5]. Повышенное содержание азота (см. табл. 2) способствует образованию в структуре лигнина физиологически активных функциональных групп. К таким группам могут относиться соединения, содержащие азот в медленно высвобождаемой и трудноусвояемой форме. Их образование в макромолекуле лигнина можно достичь за счет реакции окислительного аммонолиза.

Таблица 2 – Химический состав осадка сточных вод

Показатели	Содержание
Органическое вещество, %	80,0
Общий азот, %	5,7
Общий фосфор, %	5,5
Калий, %	0,3

Наличие в составе удобрения легкоусвояемых для растений соединений калия и фосфора способствует интенсивному развитию корневой системы, что оптимизирует поглощение растением воды и питательных веществ из почвы.

Важным фактором, влияющим на плодородие почвы, является соотношение углерода к азоту (C/N). Низкая насыщенность органического вещества азотом приводит к увеличению устойчивости гумуса к разложению и снижению активности процессов минерализации. Вследствие этого, почвы с таким типом состава характеризуются низкой биологической продуктивностью. А излишняя насыщенность приводит к потере азота и подавлению минерализации органического вещества. Поэтому были проведены исследования по подбору компонентов (табл. 3) по соотношению углерода к азоту [2]. Наиболее оптимальным является соотношение 1:1.

Таблица 3 – Подбор компонентов биоудобрения

Компоненты	C:N
Лузга + ОСВ (1:1)	18
Лузга + ОСВ (1:2)	24
Лузга + ОСВ (2:1)	16

\*Оптимально, когда оно находится в диапазоне 15-20

Недостаток питательных элементов, так же как их избыток негативно влияет на развитие растений. Поэтому нами были проведены исследования по определению оптимальной дозы внесения биоудобрения в почву (табл. 4).

Таблица 4. Влияние внесения различных концентраций удобрения на морфологические показатели гороха

Наименование	длина стебля, см	длина корня, см	вес стебля, г	вес корня, г	диаметр, мм
контроль	16	18,1	1,62	1,07	1,0
10%	21,1	22,1	1,53	0,97	1,4
20%	18,3	20,6	1,39	0,94	1,1
30%	18,2	22,2	1,53	2,04	1,1
40%	14,6	20,7	1,04	1,25	1,2
50%	16,2	21,4	1,08	0,82	1,2

Через 21 день эксперимента было установлено, что внесение 10% удобрения к массе почвы способствует увеличению длины стебля на 13%, корня – на 12,2 % относительно контрольного опыта. На представленных фотографиях (рис. 1) видно, что количество листовых пластин контрольного образца было в 1,2 раза меньше, при этом в опытном образце отмечено увеличение скорости роста боковых побегов.



Рисунок 1. Морфометрические показатели гороха: А – контроль (почва);  
Б – почва с внесением 10 % удобрения

При других дозах внесения удобрения наращивание биомассы происходит медленнее и не достигает контрольных значений. Избыток питательных веществ провоцирует нарушение процессов вегетации и приводит к замедлению развития растений.

Таким образом, по результатам исследования установлено, что под влиянием использования смеси на основе лузги и осадка сточных вод наблюдаются положительные морфометрические изменения у растений. Удобрения из этих компонентов в соотношении 1:1 показали высокую эффективность при внесении их в почву в концентрации 10 %.

### Список литературы

1. Брындина Л.В. Нетрадиционные способы повышения плодородия земель / Л.В. Брындина, Л.А. Репникова, А.Ю. Корчагина // Актуальные вопросы развития идей В.В. Докучаева в XXI веке. Развитие аграрной науки на современном этапе: материалы Международной 149 научно-практической конференции и Всероссийской школы молодых ученых и специалистов, посвященных 130-летию организации «Особой экспедиции Лесного департамента по испытанию и учету различных способов и приемов лесного и водного хозяйства в степях южной России». – Москва, 2022. – Т.1. – С.125-128.
2. Влияние соотношения углерода к азоту (C/N) на минерализацию и трансформацию лигнина: модельный подход / А.К. Квиткина, А.И. Журавлева, Д.М. Дударева, С.С. Быховец // Биология. – 2020. - №2. – С.30-40. - DOI: 10.24411/1816-1863-2020-12030.
3. Волчатова И.В. Применение углеродсодержащих твердых отходов в качестве нетрадиционных удобрений / И.В. Волчатова, С.А. Медведева // Химия в интересах устойчивого развития. - 2001. - №9. - С. 533–540.
4. Пальгунов Н.В. Промышленные сточные воды / Н.В. Пальгунов. – Москва: Стройиздат, 2000. – 415 с.
5. Пахненко Е.П. Осадки сточных вод и другие нетрадиционные органические удобрения / Е.П. Пахненко. – Москва: БИНОМ, 2007. - 311 с.

### References

1. Bryndina, L.V. Non-traditional ways to increase the fertility of land / L.V. Bryndina, L.A. Repnikova, A.Yu. Korchagina // Actual issues of development of V.V. Dokuchaev's ideas in the XXI century. Dokuchaev's ideas in the XXI century. Development of agrarian

- science at the present stage: materials of the International 149th scientific-practical conference and the All-Russian school of young scientists and specialists, dedicated to the 130th anniversary of the organisation of the 'Special expedition of the Forest Department for testing and accounting of various methods and techniques of forestry and water management in the steppes of southern Russia'. - Moscow, 2022. - Vol. 1. - P. 125-128.
2. Influence of carbon to nitrogen (C/N) ratio on mineralisation and lignin transformation: model approach / A.K. Kvitkina, A.I. Zhuravleva, D.M. Dudareva, S.S. Bykhovets // *Biology*. - 2020. - № 2. - P. 30-40. - DOI: 10.24411/1816-1863-2020-12030.
  3. Volchatova I.V. Application of carbon-containing solid wastes as non-traditional fertilisers/ I.V. Volchatova, S.A. Medvedeva // *Chemistry in the interests of sustainable development*. - 2001. - № 9. - P. 533-540.
  4. Palgunov N.V. Industrial sewage waters / N.V. Palgunov. - Moscow: Stroyizdat, 2000. – 415 p.
  5. Pakhnenko, E.P. Sewage precipitation and other non-traditional organic fertilisers / E.P. Pakhnenko. - Moscow: BINOM, 2007. - 311 p.

## ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ ЩЕЛОЧНОГО ГИДРОЛИЗАТА КОЛЛАГЕНА НА БИОМЕТРИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ РАСТЕНИЯ

**Брындина Лариса Васильевна**

*д. с.-х. н., профессор кафедры безопасности жизнедеятельности и правовых отношений ФГБОУ ВО «Воронежский государственный лесотехнический университет им. Г.Ф. Морозова», г. Воронеж, РФ*

**Корчагина Анна Юрьевна**

*к. т. н., преподаватель кафедры химии и биотехнологии ФГБОУ ВО «Воронежский государственный лесотехнический университет им. Г.Ф. Морозова», г. Воронеж, РФ*

**Репникова Людмила Александровна**

*аспирант 4-го года ФГБОУ ВО «Воронежский государственный лесотехнический университет им. Г.Ф. Морозова», г. Воронеж, РФ*

*E-mail: lyu58445295@yandex.ru*

## EVALUATION OF THE EFFECT OF ALKALINE COLLAGEN HYDROLYSATE ON THE BIOMETRIC PARAMETERS OF THE PLANT

**Bryndina Larisa Vasilyevna**

*Doctor of Agricultural Sciences, Professor of the Department of Life Safety and Legal Relations, Voronezh State University of Forestry and Technologies named after G.F. Morozov, Voronezh, Russia*

**Korchagina Anna Yuryevna**

*Candidate of Technical Sciences, Lecturer of the Department of Chemistry and Biotechnology, Voronezh State University of Forestry and Technologies named after G.F. Morozov, Voronezh, Russia*

**Repnikova Lyudmila Aleksandrovna**

*4st year graduate student, Voronezh State University of Forestry and Technologies named after G.F. Morozov, Voronezh, Russia*

*E-mail: lyu58445295@yandex.ru*

**Аннотация.** В статье рассматривается влияние щелочного гидролизата коллагена на биометрические показатели роста растений. Коллаген, содержащий большое количество аминокислот, ограничено применим в связи с высокой молекулярной массой и низкой растворимостью в воде, что затрудняет его всасывание растением. Однако, гидролиз полимера позволяет получить полипептиды меньших размеров, которые могут быть использованы растениями. Исследование показало, что растения, обработанные удобрением на основе гидролизата коллагена, обладают развитыми листовыми пластинами, в которых фотосинтез происходит более активно, что, в свою очередь, влияет на регенерацию придаточных корней. Экспериментально установлено, что полипептид животного происхождения оказывает положительное влияние на развитие листовых пластин и образование корней уже на 15 сутки. Рекомендуется использовать 10% коллаген с 1% раствором NaOH в соотношении 1:1 для достижения оптимальных результатов.

**Abstract.** The article examines the effect of alkaline collagen hydrolysate on biometric indicators of plant growth. Collagen, which contains a large number of amino acids, is of limited use due to its high molecular weight and low solubility in water, which makes it difficult for the

plant to absorb it. However, the hydrolysis of the polymer makes it possible to obtain smaller polypeptides that can be used by plants. The study showed that plants treated with a fertilizer based on collagen hydrolysate have developed leaf plates in which photosynthesis is more active, which, in turn, affects the regeneration of adventitious roots. It has been experimentally established that a polypeptide of animal origin has a positive effect on the development of leaf plates and root formation as early as day 15. It is recommended to use 10% collagen with 1% NaOH solution in a 1:1 ratio to achieve optimal results.

**Ключевые слова:** коллаген, гидролиз, аминокислоты, удобрение.

**Keywords:** collagen, hydrolysis, amino acids, fertilizer.

Коллаген – функциональный белок, который применяется в медицине, косметической и пищевой промышленности. В последнее время вырос интерес к использованию его в качестве удобрения для растений.

Коллаген содержит большое количество аминокислот (рис. 1), но его применение ограничено в связи с высокой молекулярной массой и низкой растворимостью в воде, что ограничивает его всасывание в растение. Это возможно решить посредством гидролиза полимера с получением полипептидов меньших размеров, которые могут быть использованы растениями.

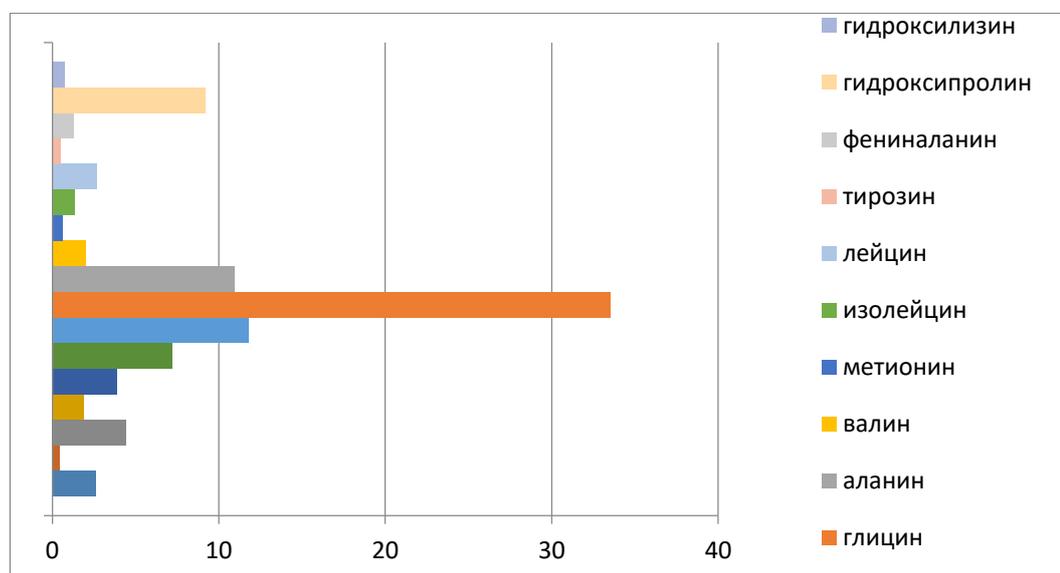


Рисунок 1. Содержание аминокислот в коллагене, %

Коллагеновые белки сосредоточены в побочных продуктах и отходах мясоперерабатывающих производств. Одним из возможных путей, направленных, на рациональное природопользование может быть применение их в лесной промышленности. Гидролизаты коллагена характеризуются хорошей растворимостью, что дает возможность использования их в качестве аминокислотных удобрений [2, 3].

Предложено подвергнуть 10% раствор коллагена щелочному гидролизу для расщепления белковых цепей на пептиды с малой молекулярной массой. В работе использовали NaOH в различных концентрациях и гидромодуле при температуре 120 °C в течение 120 минут (табл. 1). Контролем служили черенки, выдержанные в воде. Влияние гидролизата коллагена на развитие черенков тополя черного снимали на 15 сутки.

Таблица 1 – Подбор компонентов гидролизата

№ п/п	Концентрация NaOH, %	Соотношение раствор коллагена : раствор щелочи	Масса листьев, г	Масса корня, г, *
1	0,5	1:1	4,93	0,78
2	0,5	1:3	4,6	-
3	0,5	1:9	3,64	-
4	1	1:1	7,32	0,85
5	1	1:3	6,32	-
6	1	1:9	4,13	-
7	2	1:1	5,65	0,44
8	2	1:3	4,40	-
9	2	1:9	5,07	-
10	3	1:1	6,90	-
11	3	1:3	8,78	-
12	3	1:9	2,06	-
13	контроль	-	5,08	-

\* (-) – корневая система не сформирована

Максимальный прирост биомассы листьев наблюдался в опытных образцах 4, 5, 10 и 11. Превышение по сравнению с контролем составило 14,4%, 12,4%, 13,5% и 17,2%, соответственно. Но следует отметить, что формирование корневой системы наблюдалось только в образцах 1, 4 и 7. Увеличение концентрации щелочи разрушает аргинин, лизин и цистин, которые отвечают за активный рост и развитие культуры. Определено, что оптимальное сочетание растворов белка и щелочи находится в соотношении 1: 1.

Экспериментальные данные показали, что образец 4 положительно влияет на ростовые показатели тополя (рис. 2).



А



Б

Рисунок 2. Развитие черенков тополя: А – контроль; Б – опыт

Анализируя результаты биометрических измерений, установили, что растения, обработанные удобрением, отличаются развитыми листовыми пластинами, фотосинтез в которых происходит более активно и влияет на регенерацию придаточных корней относительно контроля [1].

Таким образом, экспериментально установлено, что полипептид животного происхождения оказывает положительное влияние на развитие листовых пластин и образование корней уже на 15 сутки. Рекомендуемая концентрация использования 10% коллаген с 1% раствором NaOH в соотношении 1:1.

## Список литературы

1. Бессчетнов П.П. Тополь (культура и селекция) / П.П. Бессчетнов. - Алма-Ата: Издательство Наука, 1981. - 152 с.
2. Вакуленко В.В. Роль регуляторов роста в повышении эффективности питомниководства и садоводства / В.В. Вакуленко // Защита и карантин растений. - 2014. - № 4. - С. 62-64.
3. Таран С.С. Влияние физиологически активных веществ на укореняемость черенков и рост саженцев тополя итальянского пирамидального / С.С. Таран, М.П. Мишенина // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. - 2014. - № 5. - С. 82-86.

## References

1. Besschetnov, P.P. Poplar (culture and selection) / P.P. Besschetnov. - Alma-Ata: Nauka Publishing House, 1981. - 152 p.
2. Vakulenko V.V. The role of growth regulators in increasing the efficiency of nursery and horticulture / V.V. Vakulenko // Plant protection and quarantine. - 2014. - № 4. - P. 62-64.
3. Taran S.S. Effect of physiologically active substances on rooting of cuttings and growth of seedlings of Italian pyramidal poplar / S.S. Taran, M.P. Mishenina // International Journal of Applied and Fundamental Research. - 2014. - № 5. - P. 82-86.

ОДНОФАКТОРНЫЙ ДИСПЕРСИОННЫЙ АНАЛИЗ РЕЗУЛЬТАТОВ ИЗМЕРЕНИЯ РОСТА РАССАДЫ КАТАРАНТУСА РОЗОВОГО «РОУЗ» (CATHARANTUS ROSEUS «ROSE»)

**Ведёхин Сергей Сергеевич**

*специалист АО «Зеленстрой» г. Анапа, РФ*

*E-mail: vedehin.ss@yandex.ru*

**Попова Анна Александровна**

*д. с.-х. наук, профессор кафедры лесной генетики, биотехнологии и физиологии растений ФГБОУ ВО «Воронежский государственный лесотехнический университет им. Г.Ф. Морозова», г. Воронеж, РФ*

*E-mail: logachevaaa@rambler.ru*

SINGLE-FACTOR ANALYSIS OF VARIANCE OF THE RESULTS OF MEASURING THE GROWTH OF SEEDLINGS OF CATHARANTHUS ROSEUS (CATHARANTHUS ROSEUS "ROSE")

**Vedyokhin Sergey Sergeevich**

*Specialist of JSC "Zelenstroy" Anapa, Russia*

*E-mail: vedehin.ss@yandex.ru*

**Popova Anna Alexandrovna**

*Doctor of Agricultural Sciences, Professor of the Department of Forest Genetics, Biotechnology and Plant Physiology, Voronezh State University of Forestry and Technologies named after G.F. Morozov, Voronezh, Russia*

*E-mail: logachevaaa@rambler.ru*

**Аннотация.** Статья описывает применение однофакторного дисперсионного анализа для оценки влияния состава почвенной смеси на рост цветочной рассады катарантуса розового «Rose» (*Catharantus roseus* «Rose»). Данные о росте рассады собирались через определенные интервалы времени в течении всего периода вегетации. Перед проведением анализа была дана оценка однородности дисперсии и нормальности распределения. В конце исследования был проведен пост-хок анализ для определения различий между группами рассады.

Данное исследование вносит вклад в нахождение оптимальных условий для роста растений и имеет практическое значение для сельского, лесного и городского хозяйства. Особенно в условиях изменения климата и при работе в условиях агрессивной городской среды.

**Abstract.** The article describes the use of single-factor analysis of variance to assess the effect of the composition of the soil mixture on the growth of flower seedlings of *Catharantus roseus* (*Catharantus roseus* "Rose"). Data on the growth of seedlings were collected at regular intervals throughout the growing season. Before the analysis, the uniformity of the variance and the normality of the distribution were evaluated. Post-hoc analysis was performed to determine the differences between the seedling groups. This research contributes to finding optimal conditions for plant growth and is of practical importance for agriculture, forestry and urban management. Especially in the face of climate change and when working in an aggressive urban environment.

**Ключевые слова:** катарантус, почвенный субстрат, рассада, ANOVA, анализ, климат.  
**Keywords:** Catharantus, soil substrate, seedlings, ANOVA, analysis, climate.

**Цель исследования.** Понимание того, как растения реагируют на состав почвенной смеси крайне важно в условиях изменения климата или при выращивании растений в агрессивной городской среде.

Во время исследования динамики роста и развития однолетних культур на различных почвенных субстратах, визуально было выявлено, что наиболее жизнеспособная рассада катарантуса была выращена на торфяном питательном субстрате и его смеси с вермикулитом. Эта смесь оказала наиболее положительное влияние на рост, развитие и цветение рассады. Улучшенные вермикулитом физические свойства почвенного субстрата наряду с наличием в торфяном питательном субстрате органических удобрений и микро, и макроэлементов оказали положительное влияние на растения, стимулируя рост и обильное цветение. Но, для объективности интерпретации результатов исследования необходимо выявить наличие статистически значимых различий между полученными образцами цветочной рассады.

#### Материал и методы исследования

Анализ полученного массива данных о росте рассады, для выявления статистически значимых отличий между образцами, проводился с использованием алгоритма ANOVA [1]. Вычисления проводились с использованием функционала пакета анализа для программы MicrosoftExcel 2019 [2].

Определяем гипотезы. Гипотеза  $H_0$  – почвенная смесь не оказывает влияния на рост рассады. Гипотеза  $A$  – почвенная смесь оказывает влияние на рост рассады.

Результаты приведены на рис. 1.

Однофакторный дисперсионный анализ

ИТОГИ					
Группы	Счет	Сумма	Среднее	Дисперсия	
Столбец 1	74	9104	123,027027	361,7800815	
Столбец 2	100	14227	142,27	422,0172727	
Столбец 3	165	31457	190,6484848	251,4366593	
Столбец 4	172	33903	197,1104651	245,8415273	

Дисперсионный анализ							
Источник вариации	SS	df	MS	F	P-Значение	F критическое	
Между группами	430449,5137	3	143483,1712	480,28	0,00	2,62	
Внутри групп	151464,1692	507	298,7458959				
Итого	581913,683	510					

Рисунок 1. Результаты вычислений

Критическая точка равна 2,62 (f-крит.). Найденная точка F (480,28) больше значение f-крит., следовательно, гипотеза  $H_0$  отвергается (рис. 2).

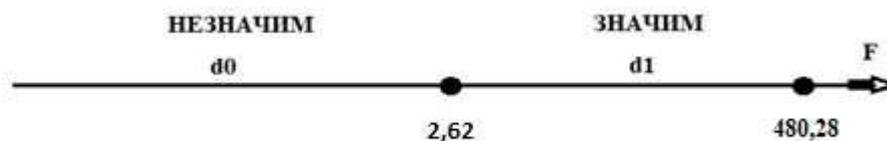


Рисунок 2. Визуализация результата вычислений

Доля влияния состава почвенной смеси на рост рассады  $R_2$  находится по формуле (1).

$$R2 = \frac{SS(\text{между группами})}{SS(\text{итого})} = \frac{430449,51}{581913,68} = 74\% \quad (1)$$

Так как гипотеза  $H_0$  отвергается, необходимо проведение пост-хок анализа. Используем для его проведения алгоритм Тьюки [3]. Результаты анализа представлены в табл. 1.

Таблица 1 – Результаты пост-хок анализа

Образцы	$ cp.x - cp.y $	MS (вн.групп)	$\sqrt{\frac{MSR}{n}}$	$\frac{ cp.x - cp.y }{\sqrt{\frac{MSR}{n}}}$	Крит. точка	Отличия да/нет
почва / почва + верм.	19,24	298,75	1,32	14,60	3,30	Да
почва / торф	67,62			51,30		Да
почва / торф + верм.	74,08			56,21		Да
почва + верм. / торф	48,38			36,71		Да
почва + верм. / торф + верм.	54,84			41,61		Да
торф / торф + верм.	6,46			4,90		Да

Рассчитываем значения точек степеней свободы. Значение первой (l) рассчитывается по формуле (2).

$$l = \text{кол} - \text{во}_\text{уровней}_\text{фактора} - 1 = 4 - 1 = 3 \quad (2)$$

Значение второй (v) рассчитывается по формуле (3).

$$v = \text{кол-во}_\text{уровней}_\text{фактора} * (\text{кол-во}_\text{наблюдений} - 1) = 4 * 171 = 684 \quad (3)$$

Коэффициент Q вычисляется путем подстановки значений точек степеней свободы в таблицу (рис. 3). Исходя из полученных нами данных,  $Q=3,30$ .

При значении критерия Тьюки (формула (4)) больше f-крит. наблюдается наличие статистически значимых различий.

$$\text{Крит}_\text{Тьюки} = \frac{|cp.x - cp.y|}{\sqrt{\frac{MSR}{n}}} \quad (4)$$

Стандартные значения коэффициента $Q$ (при уровне вероятности $P = 0,95$ для определения критерия Тьюки $D = Qm$ )																				
Число степеней свободы для ошибки $v$	Число вариантов опыта $I$																			
	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	
1	18,0	26,7	32,8	37,2	40,5	43,1	45,4	47,3	49,1	50,6	51,9	53,2	54,3	55,4	56,3	57,2	58,0	58,8	56,9	
2	6,1	8,3	9,8	10,9	11,7	12,4	13,0	13,5	14,0	14,4	14,8	15,1	15,4	15,6	15,9	16,1	16,4	16,6	16,8	
3	4,5	5,9	6,8	7,5	8,0	8,5	8,9	9,2	9,5	9,7	9,9	10,2	10,4	10,5	10,7	10,8	11,0	11,1	11,2	
4	3,9	5,0	5,8	6,3	6,7	7,1	7,4	7,6	7,8	8,0	8,2	8,4	8,5	8,7	8,8	8,9	9,0	9,1	9,2	
5	3,6	4,5	5,2	5,6	6,0	6,3	6,5	6,7	6,9	7,1	7,3	7,4	7,5	7,6	7,8	7,9	8,0	8,0	8,1	
6	3,5	4,3	4,9	5,3	5,6	5,9	6,1	6,3	6,5	6,6	6,8	6,9	7,0	7,1	7,2	7,3	7,4	7,5	7,6	
7	3,3	4,2	4,7	5,1	5,4	5,6	5,8	6,0	6,2	6,3	6,4	6,5	6,7	6,8	6,8	6,9	7,0	7,1	7,2	
8	3,3	4,0	4,5	4,9	5,2	5,4	5,6	5,8	5,9	6,0	6,2	6,3	6,4	6,5	6,6	6,6	6,7	6,8	6,9	
9	3,2	4,0	4,4	4,8	5,0	5,2	5,4	5,6	5,7	5,9	6,0	6,1	6,2	6,3	6,4	6,4	6,5	6,6	6,6	
10	3,2	3,9	4,3	4,7	4,9	5,1	5,3	5,5	5,6	5,7	5,8	5,9	6,0	6,1	6,2	6,3	6,3	6,4	6,5	
11	3,1	3,8	4,3	4,6	4,8	5,0	5,2	5,4	5,5	5,6	5,7	5,8	5,9	6,0	6,1	6,1	6,2	6,3	6,3	
12	3,1	3,8	4,2	4,5	4,8	5,0	5,1	5,3	5,4	5,5	5,6	5,7	5,8	5,9	6,0	6,0	6,1	6,2	6,2	
13	3,1	3,7	4,2	4,5	4,7	4,9	5,0	5,2	5,3	5,4	5,5	5,6	5,7	5,8	5,9	5,9	6,0	6,1	6,1	
14	3,0	3,7	4,1	4,4	4,6	4,8	5,0	5,1	5,2	5,4	5,5	5,6	5,6	5,7	5,8	5,9	5,9	6,0	6,0	
15	3,0	3,7	4,1	4,4	4,6	4,8	4,9	5,1	5,2	5,3	5,4	5,5	5,6	5,6	5,7	5,8	5,8	5,9	6,0	
16	3,0	3,6	4,0	4,3	4,6	4,7	4,9	5,0	5,2	5,3	5,4	5,5	5,6	5,7	5,7	5,8	5,8	5,9	5,9	
17	3,0	3,6	4,0	4,3	4,5	4,7	4,9	5,0	5,1	5,2	5,3	5,4	5,5	5,6	5,6	5,7	5,7	5,8	5,8	
18	3,0	3,6	4,0	4,3	4,5	4,7	4,8	5,0	5,1	5,2	5,3	5,4	5,4	5,5	5,6	5,6	5,7	5,7	5,8	
19	3,0	3,6	4,0	4,3	4,5	4,6	4,8	4,9	5,0	5,1	5,2	5,3	5,4	5,5	5,5	5,6	5,6	5,7	5,8	
20	3,0	3,6	4,0	4,2	4,4	4,6	4,8	4,9	5,0	5,1	5,2	5,3	5,4	5,4	5,5	5,6	5,6	5,7	5,7	
24	2,9	3,5	3,9	4,2	4,4	4,5	4,7	4,8	4,9	5,0	5,1	5,2	5,2	5,3	5,4	5,4	5,5	5,6	5,6	
30	2,9	3,5	3,8	4,1	4,3	4,5	4,6	4,7	4,8	4,9	5,0	5,1	5,2	5,2	5,3	5,3	5,4	5,4	5,5	
40	2,9	3,4	3,8	4,0	4,2	4,4	4,5	4,6	4,7	4,8	4,9	5,0	5,0	5,1	5,2	5,2	5,3	5,3	5,4	
60	2,8	3,4	3,7	4,0	4,2	4,3	4,4	4,6	4,6	4,7	4,8	4,9	4,9	5,0	5,1	5,1	5,2	5,2	5,2	
120	2,8	3,4	3,7	3,9	4,1	4,2	4,4	4,5	4,6	4,7	4,8	4,8	4,9	5,0	5,0	5,0	5,0	5,1	5,1	
∞	2,8	3,3	3,6	3,9	4,0	4,2	4,3	4,4	4,5	4,6	4,6	4,7	4,7	4,8	4,8	4,8	4,9	5,0	5,0	

Рисунок 3. Таблица для определения степеней свободы

### Результаты исследования и их обсуждение

Исследования проводились и на других культурах. Среди них бегония вечноцветущая Бада Бинг СКАРЛЕТ (*Begonia Bada Bing Scarlet*), петуния крупноцветковая Дуве Блю (*Petunia grandiflora Duvet Blue*), тагетес отклоненный «Бонанза Йеллоу» (*tagetespatula «BonanzaYellow»*). Результаты оценки степени влияния состава почвенной смеси на рост и развитие вышеуказанных культур представлены в табл. 2.

Таблица 2 – Степень влияния состава почвенной смеси на рост рассады

Цветочная культура	Доля влияния, %	Доля неучтенных факторов, %
Бегония	33	67
Петуния	79	21
Катарантус	74	26
Тагетес	83	17

Во всех случаях на всех четырёх культурах, кроме бегонии, найдено наличие статистически значимых различий.

### Заключение

Понимание того, как растения реагируют на состав почвенной смеси крайне важно. Особенно в условиях изменения климатических условий, или при выращивании растений в агрессивной городской среде.

Результаты исследования однозначно подтверждают, что рост разных образцов рассады, выращенных в выбранных нами почвенных смесях, имеет статистически значимые отличия от образца к образцу.

В условиях изменения климата и в условиях агрессивной городской среды подобрать оптимальные почвенные смеси для выращивания различных видов растений важно по следующим причинам: адаптация растений к изменениям среды, ведение устойчивого сельского и лесного хозяйства, обеспечение устойчивости экосистем, обеспечение продовольственной безопасности.

Мы продолжаем начатые нами исследования, составляя почвенные смеси с другими составами и включая в работу не только однолетние растения, но и декоративные кустарники и лиственные деревья. Работа в этом направлении будет нами продолжена.

### **Список литературы**

1. Наблюдения за рассадой однолетников АО Зеленстрой. URL: <https://www.zelenstroy-anapa.com/researches> (дата обращения 22.10.2024).
2. Использование инструментов пакета анализа. Справка Microsoft Excel. URL: <https://support.microsoft.com/ru-ru/office/использование-пакета-анализа-6c67ccf0-f4a9-487c-8dec-bdb5a2cefab6>. (дата обращения: 23.10.2024).
3. Post-Hoc анализ. URL: <https://mindthegraph.com/blog/ru/post-hoc-тест> (дата обращения 23.10.2024).

### **References**

1. Observations on seedlings of annuals AO Zelenstroy. URL: <https://www.zelenstroy-anapa.com/researches> (accessed 22.10.2024).
2. Using the tools of the analysis package. Microsoft Excel Reference. URL: <https://support.microsoft.com/ru-ru/office/использование-пакета-анализа-6c67ccf0-f4a9-487c-8dec-bdb5a2cefab6>. (date of reference: 23.10.2024).
3. Post-Hoc analysis. URL: <https://mindthegraph.com/blog/ru/post-hoc-тест> (accessed 23.10.2024).

## ЛЕСОСЕМЕННЫЕ ПЛАНТАЦИИ: ПОРОДНЫЙ СОСТАВ И СХЕМЫ ПОСАДКИ В УСЛОВИЯХ УМЕРЕННОГО КЛИМАТИЧЕСКОГО ПОЯСА

**Воскобойник Михаил Юрьевич**

*аспирант 3 года обучения кафедры механизации лесного хозяйства и проектирования машин ФГБОУ ВО «Воронежский государственный лесотехнический университет имени Г.Ф. Морозова», г. Воронеж, РФ*

*E-mail: tablock9@gmail.com*

## FOREST-SEED PLANTATIONS: SPECIES COMPOSITION AND PLANTING SCHEMES IN TEMPERATE CLIMATE ZONE CONDITIONS

**Voskoboynik Mikhail Yurievich**

*Postgraduate student of the 3rd year of study of the Department of forestry mechanization and machine design, Voronezh State University of Forestry and Technologies named after G.F. Morozov, Voronezh, Russia*

*E-mail: tablock9@gmail.com*

**Аннотация.** Умеренный климатический пояс является одним из самых подходящих мест для создания лесосеменных плантаций благодаря своим четким сезонам и достаточному количеству осадков. Здесь зима не слишком холодная, с температурами около  $-10^{\circ}\text{C}$ , а летом температура достигает  $18-22^{\circ}\text{C}$ . Эти условия идеально подходят для роста древесных растений и позволяют гармонично развиваться множеству видов деревьев.

Среди наиболее подходящих для лесосеменных плантаций в умеренном климате можно выделить сосну обыкновенную, ель обыкновенную, дуб, березу и лиственницу. Эти деревья хорошо приспособлены к изменениям температуры и могут успешно расти даже в сложных условиях. Для создания объектов лесного семеноводства целесообразно использовать крупномерные саженцы с комом почвы. Они обеспечивают более высокую вероятность успешного укоренения и быстрого роста деревьев.

Крупномерные саженцы с комом почвы имеют множество преимуществ. Они легче переносят пересадку, так как их корни защищены от повреждений, что способствует лучшему проживанию. Кроме того, использование таких саженцев позволяет улучшить качество будущих деревьев, так как они выращиваются из высококачественных семян. Данная технология делает сосну, ель, дуб, березу и лиственницу рациональным выбором для создания лесосеменных плантаций в условиях умеренного климата нашей страны.

**Abstract.** The temperate climate zone is one of the most suitable places to create seed plantations due to its clear seasons and sufficient rainfall. The winter here is not too cold, with temperatures around  $-10^{\circ}\text{C}$ , and in summer the temperature reaches  $18-22^{\circ}\text{C}$ . These conditions are ideal for the growth of woody plants and allow a variety of tree species to develop harmoniously.

Common pine, common spruce, oak, birch and larch are among the most suitable for seed plantations in temperate climates. These trees are well adapted to temperature changes and can grow successfully even in difficult conditions. To create forest seed production facilities, it is advisable to use large-sized seedlings with a lump of soil. They provide a higher probability of successful rooting and rapid growth of trees.

Large-sized seedlings with a lump of soil have many advantages. They tolerate transplanting more easily, as their roots are protected from damage, which contributes to a better living. In addition, the use of such seedlings can improve the quality of future trees, as they are grown from high-quality seeds. This technology makes pine, spruce, oak, birch and larch a rational choice for creating seed plantations in the temperate climate of our country.

**Ключевые слова:** лесосеменные плантации; устойчивое управление лесными ресурсами; крупномерный посадочный материал; закрытая корневая система (ЗКС)

**Keywords:** forest seed plantations; sustainable management of forest resources; large-scale planting material; closed root system (GCS)

Лесосеменные плантации играют ключевую роль в лесовосстановлении и формировании биологических ресурсов в умеренном климатическом поясе. В последние годы наблюдается возрастающий интерес к эффективному управлению лесными ресурсами, что напрямую связано с углублением понимания устойчивого развития лесного хозяйства, сохранения биоразнообразия и адаптации к изменениям климата. Структура посадки, основанная на правильном выборе видов деревьев, непосредственно влияет на рост и развитие саженцев, а также на эффективное использование природных ресурсов.

Оптимизация деятельности в этой области требует учета множества факторов, начиная от характеристик выбранных видов деревьев и заканчивая особенностями агротехнического ухода. Существует ряд методов, позволяющих повысить приживаемость и последующую продуктивность насаждений. Правильное размещение деревьев способствует не только оптимальному развитию корневой системы, но и минимизирует конкуренцию за ресурсы, что является критически важным в условиях интенсивного лесоводства [1].

В уходе за саженцами с комом почвы существуют свои особенности. Данный метод обеспечивает лучшие способы приживаемости растений, защищая корни от механических повреждений. Благодаря правильным агротехническим приемам, таким как регулярный полив, мульчирование и рыхление приствольной зоны, можно значительно увеличить шансы на успешную приживаемость и развитие саженцев. Таким образом, дальнейшее исследование направлено на изучение породного состава и оптимальных способов создания лесосеменных плантаций в зоне умеренного климата, что позволит повысить эффективность лесовосстановительных работ, выполняемых с использованием посадочного материала, выращенного из собранных на плантациях семян.

Создание лесосеменных плантаций требует тщательного подхода и знания множества факторов, что подчеркивает их важность в контексте устойчивого управления лесными ресурсами. Это включает в себя не только оптимизацию агротехнического ухода, но и необходимость гарантировать высокое качество семенного материала для достижения наилучших результатов в восстановлении лесных экосистем. Лесосеменные плантации, создаваемые с учетом специфики почвы, рельефа и сортового разнообразия, способствуют успеху в сфере семеноводства и поддержанию биоразнообразия.

Лесосеменные плантации представляют собой специализированные насаждения, создаваемые с целью получения качественного семенного материала лесных растений с высокими наследственными свойствами. В последние десятилетия их значение возросло в связи с развитием лесохозяйственной отрасли и необходимостью восстановления лесных экосистем, что сделало их неотъемлемой частью устойчивого управления лесными ресурсами. Плантации закладываются на плодородных почвах с ровным рельефом, что обеспечивает возможность механизации работ, оптимизируя затраты и сокращая трудозатраты. Данный фактор имеет огромное значение: уклон местности не должен превышать 5° продольно и 3° поперечно, что позволяет избежать проблем в процессе ухода за насаждениями и повысить их продуктивность [2].

Площадь лесосеменной плантации также имеет свою специфику; согласно утвержденных Правил создания и выделения объектов лесного семеноводства (лесосеменных плантаций, постоянных лесосеменных участков и подобных объектов), утвержденных 20 октября 2015 года, она должна составлять не менее 10 гектаров, чтобы эффективно использовать площадь для реализации высокопродуктивного семенного материала. Более крупные площади создают возможности для исследований, мониторинга и обеспечения разнообразия генетического материала.

Эти плантации подразделяются на насаждения первого и второго порядка в зависимости от сортового и генетического разнообразия, используемого для их создания. Например, саженцы первого порядка, полученные от проверенных семенных источников, обеспечивают наилучшие результаты. Важно отметить, что лесосеменные плантации представляют собой не только эффективный способ производства семенного материала, но они также служат важным инструментом для поддержания экологического баланса, способствуя рациональному использованию генетических ресурсов, что оказывает положительное влияние на качество лесных насаждений в целом.

Правильные планы создания лесосеменных плантаций включая размеры площади – от 100 метров в ширину до 5-10 метров между растениями, минимум между рядами, способствуют значительным результатам в сохранении и увеличении лесных ресурсов [3].

Устойчивое управление лесными ресурсами и использование современного подхода при создании лесосеменных плантаций помогут не только в восстановлении утраченных лесных экосистем, но и в увеличении продуктивности лесного хозяйства на долгосрочной основе.

Лесосеменные плантации играют важную роль в устойчивом управлении лесными ресурсами, однако их эффективность во многом зависит от условий, в которых они создаются. Умеренный климатический пояс, благодаря своей сезонной изменчивости и подходящему уровню осадков, предоставляет идеальные условия для успешного размножения древесных видов, таких как сосна, ель и дуб. Кроме того, адаптивные свойства этих деревьев к местному климату способствуют их успешному росту и развитию. Понимание этих факторов позволяет правильно выбирать древесные виды, что, в свою очередь, включает использование современных методов, таких как крупномерный посадочный материал с закрытой корневой системой, обеспечивающий высокую приживаемость и устойчивость растений в первые годы.

Основным достоинством применения крупномерного посадочного материала, является высокая приживаемость и снижение потери корневой системы во время пересадки. Это обеспечивает более высокую степень успеха при создании лесосеменных плантаций, сокращая снижая потребность в семенах и позволяя применять семена с высокими генетическими качествами. Использование таких крупномерных растений способствует созданию лесных экосистем, которые могут быстро восстанавливаться после вмешательства человека или природного стресса.

Анализ климатических условий и характеристик видов деревьев поможет оптимизировать создание лесосеменных плантаций и повысить их продуктивность.

Умеренный климатический пояс выделяется как один из самых благоприятных регионов для создания лесосеменных плантаций, благодаря своей сезонной изменчивости и адекватному уровню осадков. Основные критерии, делающие этот климат привлекательным, включают четко выраженные четыре сезона, где средняя температура зимой не превышает  $-10\text{ }^{\circ}\text{C}$ , а летом достигает  $18-22\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Это создает идеальные условия для древесной растительности, обеспечивая разнообразие растительных видов, которые могут адаптироваться к этим условиям. Периоды активного роста происходят в теплые месяцы весны и лета, тогда как зимы холодные, что способствует необходимому этапу покоя для растений [4].

Выбор древесных видов, подходящих для лесосеменных плантаций, в значительной степени зависит от адаптивных свойств этих деревьев к условиям умеренного климата. В

числе наиболее подходящих в условиях этого климата можно выделить сосну обыкновенную, ель обыкновенную, дуб, березу и лиственницу. Эти виды деревьев не только адаптированы к температурным колебаниям, но и демонстрируют высокую устойчивость к неблагоприятным климатическим условиям, что обеспечивает их успешный рост и развитие в лесосеменных плантациях. Кроме того, они способны выдерживать различные степени влажности и оптимально использовать солнечное освещение в условиях конкуренции с другими растениями.

Применение крупномерного посадочного материала значительно снижает риск повреждения корней при пересадке и повышает шансы на успешное укоренение и дальнейший рост деревьев. Крупномеры обеспечивают здоровое начало для молодого роста, что в свою очередь приводит к более высокому коэффициенту выживаемости в первые годы после посадки. Это особенно важно в условиях умеренного климата, где неожиданные перепады температуры могут оказать серьезное влияние на молодые растения.

Дополнительно, выбор видов деревьев, таких как сосна, ель, дуб, береза и лиственница, базируется на их природных характеристиках. Эти деревья не только обладают высокой скоростью роста и устойчивостью к вредителям, но также оказывают положительное воздействие на окружающую среду. Создаваемые в дальнейшем из собираемых лесных семян насаждения сосны обыкновенной и ель активно участвуют в процессах почвообразования, что положительно сказывается на агрономических характеристиках региона.

Сочетание благоприятных климатических условий, широкого спектра доступных видов деревьев и применение современных методов и технологий для их успешного размножения, и рассаживания делает умеренный климатический пояс идеальным местом для создания лесосеменных плантаций. Находясь в гармонии с природными процессами, такие плантации могут внести значимый вклад в восстановление экосистем и обеспечить устойчивые ресурсы на будущее.

Важным аспектом создания лесосеменных плантаций в умеренном климате является выбор оптимальной схемы посадки для различных видов деревьев. Каждая порода дерева требует индивидуального подхода к размещению, что позволяет обеспечить необходимые условия для роста и уменьшить конкуренцию за ресурсы. Понимание особенностей развития различных древесных пород, таких как сосна, ель, дуб, береза и лиственница, поможет избежать проблем, связанных с плотностью посадки и обеспечит здоровье и продуктивность насаждений. Это подчеркивает необходимость тщательной работы на этапе планирования и реализации посадочных схем, что станет основой для успешного управления лесными ресурсами.

Каждое дерево требует индивидуального подхода, что касается как размещения, так и расстояний между ними. Например, для сосны обыкновенной оптимальное расстояние составляет 3-4 метра в ряду и 5-6 метров между рядами. Это обеспечивает достаточное пространство для роста корней и минимизирует конкуренцию за ресурсы.

Ель европейская также требует аналогичных расстояний, поддерживая хорошие условия освещения и вентиляции. Дуб, известный своей мощной стержневой корневой системой, нуждается в большем пространстве — 4-5 метров в ряду и 6-8 метров между рядами, что позволяет ему гармонично развиваться. Береза и лиственница имеют свои рекомендации по посадке: 3-4 метра в ряду и 5-6 метров между рядами для березы, и 4-5 метров в ряду с 6-7 метрами между рядами для лиственницы (рис. 1) [5,6].

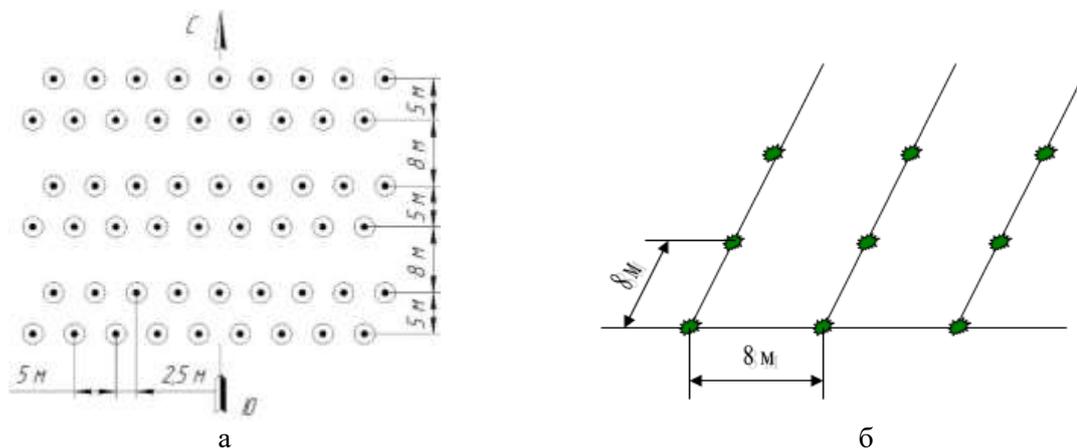


Рисунок 1. Схема закладки лесосеменной плантации с применением крупномерного посадочного материала: а – вариант шахматной рассадки; б – рассадка рядная

Тем не менее, плотность посадки является критически важной. При слишком высокой плотности могут возникнуть проблемы с конкуренцией за свет, воду и питательные вещества, что негативно сказывается на здоровье насаждений. Следовательно, правильный выбор схемы посадки, основанный на биологических особенностях каждого вида, является ключевым фактором для успешного создания и поддержания лесосеменных плантаций.

Таким образом, лесосеменные плантации являются важнейшим инструментом эффективного управления лесными ресурсами в условиях умеренного климата. Правильный выбор видов деревьев, оптимальная структура посадки и подходящие агротехнические методы ухода играют ключевую роль в их успешном создании и управлении. Применение крупных саженцев с комом почвы, закрывающим корневую систему, обеспечивает высокую приживаемость и дает возможность использовать высококачественные семена, что в свою очередь содействует улучшению экосистем и поддержанию биологического разнообразия.

Актуальность лесосеменных плантаций возрастает на фоне современных вызовов, связанных с изменением климата и ухудшением состояния лесных экосистем. Поэтому стратегический подход к организации и управлению лесосеменными плантациями станет залогом наличия качественного лесосеменного материала для устойчивого развития лесного хозяйства и сохранения природных ресурсов для будущих поколений.

### Список литературы

1. Смирнов, С.Д. Опыт лесного семеноводства и селекции / С.Д. Смирнов. – М.: ЦБНТИ Гослесхоза СССР, 1974. – 24 с.
2. Попиков П.И. Совершенствование рабочих процессов машин и оборудования для создания и содержания лесосеменных плантаций / П.И. Попиков, Д. Ю. Дручинин, М. А. Гнусов // Подготовка кадров в условиях перехода на инновационный путь развития лесного хозяйства. – Воронеж, 2021. – С. 223-227.
3. Дручинин, Д. Ю. Создание лесосеменных плантаций с использованием крупномерного посадочного материала / Д. Ю. Дручинин // Повышение эффективности лесного комплекса: материалы Шестой Всероссийской национальной научно-практической конференции с международным участием, Петрозаводск, 22 мая 2020 года. – Петрозаводск: ПетрГУ, 2020. – С. 57-59.
4. ГОСТ 25870-83 «Макроклиматические районы земного шара с холодным и умеренным климатом. Районирование и статистические параметры климатических факторов для технических целей»: Издание официальное. – Москва, 1983. – 178 с.

5. Сидор, А. И. Курсовое проектирование. Селекция: технологии закладки лесосеменных плантаций: практическое руководство / А. И. Сидор, А. И. Ковалевич, В. В. Трухоновец; Гомельский гос. ун-т им. Ф. Скорины. – Гомель: ГГУ им. Ф. Скорины, 2020. – 30 с.
6. Проект создания лесосеменной плантации (ЛСП) лиственницы сибирской (*Larix sibirica* Ledeb) на территории Иркутского лесничества Иркутской области / Н. А. Юсупова (Евсеева), Н. А. Никулина, В. К. Большедворская, Л. А. Дегтярева // Вестник ИрГСХА. – 2020. – № 99. – С. 131-142.
7. Беспаленко О.Н. Лесосеменные плантации сосны обыкновенной в учебно-опытном лесхозе ВГЛТА / О. Н. Беспаленко // Плодоводство, семеноводство, интродукция древесных растений. – 2011. – № XIV. – С. 10-12.
8. Формирование средозащитных объектов озеленения в градоэкологических системах / В. В. Балакин, В. Ф. Сидоренко, М. Ю. Слесарев, А. В. Антюфеев // Вестник МГСУ. – 2019. – Т. 14. – № 8. – С. 1004-1022. – DOI 10.22227/1997-0935.2019.8.1004-1022.
9. Создание семенных плантаций и постоянных лесосеменных участков основных лесобразующих пород в лесхозах Белорусской ССР: методические указания. – Минск, 1977. – 54 с.
10. Рекомендации по созданию лесосеменных плантаций дуба черешчатого в БССР. – Гомель, 1998. – 26 с.
11. Рекомендации по повышению урожайности на лесосеменных плантациях сосны обыкновенной и ели европейской. – Минск, 2012. – 20 с.

### References

1. Smirnov, S.D. Experience of forest seed breeding and selection / S.D. Smirnov. – М.: CBSTI Gosleskhoz USSR, 1974. - 24 p.
2. Popikov, P.I. Improvement of working processes of machines and equipment for creation and maintenance of forest seed plantations / P.I. Popikov, D.Y. Druchinin, M.A. Gnusov // Personnel training in the conditions of transition to the innovative way of forestry development. - Voronezh, 2021. - P. 223-227.
3. Druchinin, D. Yu. Creation of forest seed plantations using large-size planting material / D. Yu. Druchinin // Improving the efficiency of forestry complex: Proceedings of the Sixth All-Russian national scientific and practical conference with international participation, Petrozavodsk, 22 May 2020. - Petrozavodsk: PetrSU, 2020. - P. 57-59.
4. GOST 25870-83 'Macroclimatic regions of the globe with cold and temperate climate. Rayoning and statistical parameters of climatic factors for technical purposes': official edition. – Moscow, 1983. - 178 p.
5. Sidor, A. I. Course design. Selection: technologies of forest-seed plantations establishment: a practical guide / A. I. Sidor, A. I. Kovalevich, V. V. Trukhonovets; Gomel State University named after F. Skorina. F. Skaryna. - Gomel, 2020. - 30 p.
6. Project of creation of forest seed plantation (FSP) of Siberian larch (*Larix sibirica* Ledeb) on the territory of Irkutsk forestry of the Irkutsk region / N. A. Yusupova (Evseeva), N. A. Nikulina, V. K. Bolshedvorskaya, L. A. Degtyareva // Bulletin of the Irkutsk State Forestry Academy. - 2020. - № 99. - P. 131-142.
7. Bepalenko O.N. Forest-seed plantations of common pine in the educational and experimental forestry of VGLTA / O.N. Bepalenko // Fruit growing, seed production, introduction of woody plants. - 2011. - No. XIV. - P. 10-12.
8. Formation of medium-protective landscaping objects in urban-ecological systems / V. V. Balakin, V. F. Sidorenko, M. Y. Slesarev, A. V. Antyufeev // Vestnik MGSU. - 2019. – Vol. 14. - № 8. - P. 1004-1022. - DOI 10.22227/1997-0935.2019.8.1004-1022.

9. Creation of seed plantations and permanent forest seed plots of the main forest-forming species in leskhozoes of the Belarusian SSR: methodological instructions. – Minsk, 1977. – 54 p.
10. Recommendations on the creation of forest seed plantations of oak cherry in the BSSR. – Gomel, 1998. – 26 p.
11. Recommendations on increasing yields in forest seed plantations of common pine and European spruce. – Minsk, 2012. – 20 p.

АНАЛИЗ ТЕХНОЛОГИИ СОЗДАНИЯ КУЛЬТУР ДУБА  
НА ОСИНОВЫХ ВЫРУБКАХ В ЖИВОТИНОВСКОМ ЛЕСНИЧЕСТВЕ  
УЧЕБНО-ОПЫТНОГО ЛЕСХОЗА ВГЛТУ

**Калошин Валерий Павлович**

*преподаватель (аспирант) кафедры лесных культур, селекции и лесомелиорации  
ФГБОУ ВО «Воронежский государственный лесотехнический университет имени  
Г.Ф. Морозова», г. Воронеж, РФ*

*E-mail: kaloshinvaleri@yandex.ru*

ANALYSIS OF TECHNOLOGY FOR CREATION OF OAK CULTURES  
IN ASPEN CUTTING IN ZHIVOTINOVSKY FORESTRY OF THE TRAINING  
AND EXPERIMENTAL FORESTRY OF VSUFT

**Kaloshin Valery Pavlovich**

*Lecturer (graduate student) at the Department of Forest Crops, Breeding and Forest  
Reclamation, Voronezh State University of Forestry and Technologies named after  
G.F. Morozov, Voronezh, Russia*

*E-mail: kaloshinvaleri@yandex.ru*

**Аннотация.** Сорок лет назад И.В. Суховым и Р.И. Дерюжкиным разработана технология создания культур дуба на осиновых вырубках. Механический способ борьбы с корнеотпрысковой осинкой на вырубках применен при создании плантационных культур сосны и дуба на площади более 70 га в Животиновском лесничестве.

Эффективным способом борьбы с осиновыми отпрысками является сплошная обработка почвы на глубину 15 см путем дискования площади тяжелыми дисковыми бородами в двух взаимно перпендикулярных направлениях.

**Abstract.** Forty years ago I.V. Sukhov and R.I. Deryuzhkin developed a technology for creating oak crops in aspen fellings. A mechanical method of controlling root sucker aspen in cleared areas was used to create plantation crops of pine and oak on an area of more than 70 hectares in the Zhivotinovsky forestry.

An effective way to combat aspen suckers is continuous cultivation of the soil to a depth of 15 cm by disking the area with heavy disc harrows in two mutually perpendicular directions.

**Ключевые слова:** лесные культуры дуба, осиновые вырубки, лесовосстановление, технология.

**Keywords:** oak forest crops, aspen felling, reforestation, technology.

Государственной программой лесовосстановления в России главным направлением в воспроизводстве лесов было определено целенаправленное развитие активных способов лесовосстановления. Имеется в виду, прежде всего совершенствование лесокультурного производства, повышение его качества и устранение разрыва в объемах искусственного и неуправляемого естественного восстановления лесов.

В повышении продуктивности лесов особо пристального внимания требуют дубравы, имеющие огромное значение для народного хозяйства.

Как правило, основу лесокультурного фонда для дуба составляют вырубки в дубравных условиях местопроизрастания. Характерной чертой применяемой в настоящее

время технологии создания культур дуба на вырубках в лесхозах ЦЧР, являются значительные затраты ручного труда на лесокультурных уходах.

В молодом возрасте дуб растет медленно, часто в продолжении нескольких лет кустятся и только развив мощную коревую систему, начинают энергично расти в высоту, «выбрасывать», по выражению лесоводов, «стрелку». Для роста в высоту требуется, чтобы вершина их не была затенена, поэтому сложилась поговорка: «Дуб любит расти в шубе, но с открытой головой».

Известно, что восстановление дубрав может осуществляться различными лесохозяйственными мероприятиями. Среди многих путей повышения биологической устойчивости, продуктивности, улучшения качества, а также расширения площади дубрав центральной и южной лесостепи, одно из основных мест занимают лесные культуры.

Опытно-производственные культуры сосны и дуба заложены в Животиновском лесничестве под руководством профессора Р. И. Дерюжкина и доцента И. В. Сухова с целью обеспечения высокого уровня механизации лесокультурных работ и резкого повышения эффективности лесовосстановления главных лесобразующих пород [1].

В Воронежской государственной лесотехнической академии Дерюжкиным Р. И. и Суховым И. В. в 1990 [2] году был разработан и апробирован механический способ (авт. свид. 1581238) борьбы с корнеотпрысковой осинкой на вырубках, не наносящий ущерба окружающей среде. С использованием этого способа в Учебно-опытном лесхозе на свежих вырубках созданы плантационные культуры сосны и дуба на площади более 70 га.

Технология плантационного лесовыращивания заключается в том, что после очистки свежих вырубков от порубочных остатков производится удаление надземной части всех пней машиной МУП-4 или бензиномоторными пилами и другими устройствами. В результате создаются хорошие условия для передвижения лесокультурных агрегатов в заданных направлениях, например, прямолинейно. Это значительно облегчает работу тракториста и в целом средств механизации при обработке почвы, посадке (посеве) и уходах за лесными культурами.

Апробирование технологии плантационного лесовыращивания свидетельствует о высокой приживаемости и сохранности, хороших показателях роста культур сосны и дуба. На участках почти полностью отсутствует поросль осины, что значительно сокращает не только затраты ручного труда на проведение трудоемких лесоводственных уходов, но и период завершенного лесокультурного производства в 2-3 раза. Спустя 40 лет состояние культур дуба крайне удовлетворительное, сосна в этих условиях С<sub>2</sub> произрастает по 1 и по 1<sup>а</sup> бонитету.

Летом 1979 года на участке удалены надземные части у всех пней машиной МУП-4 и произведено двукратное перекрестное дискование бороной БДК-2,5. посадка культур осуществлялась двулетними сеянцами лесопосадочной машиной СБН-1А по схеме С-Д-С-Д-Д-С с размещением 2,5×0,5 м. культуры переведены в покрытую лесом площадь в 1985 году. В 1999 году сохранность сосны составляла 70 %, дуба - 40 %. Высота культур максимальная: сосны - 12,0 м, дуба - 7,5 м; средняя: сосны - 10,0 м, дуба - 4,1 м. диаметр максимальный: сосны - 22,0 см, дуба - 9 см; средний: сосны - 12,0 см, дуба - 4,0 см.

Участок, площадью 2,8 га в квартале 42 (выдел 6) представлен также сосново-дубовыми культурами, созданными на дубово-осиновой вырубке. Сплошная рубка была зимой 1980 года. Посадка весной 1981 года.

Характеристика лесокультурной площади и технология создания культур аналогичны вышеописанному участку.

Культуры переведены в покрытую лесом площадь в 1987 году. В 1999 году сохранность сосны была 80 %, дуба - 38 %. Высота культур максимальная: сосны - 13,0 м, дуба - 6,5 м; средняя: сосны - 10,0 м, дуба - 3,5 м. Диаметр максимальный: сосны - 15,0 см, дуба - 5 см; средний: сосны - 11,0 см, дуба - 3,5 см.

Третий участок, площадью 1,0 га в квартале 25 (выдел 16) представлен сосново-дубовыми культурами, созданными весной 1982 года по зимней рубке 1981 года.

Характеристика лесокультурной площади и технологии создания культур аналогичны первому и второму участкам. Отличие заключается лишь в том, что в состав культур вместо дуба черешчатого вводился дуб красный.

Культуры переведены в покрытую лесом площадь в 1988 году. В 1999 году сохранность сосны была 65 %, дуба – 45 %. Высота культур максимальная: сосны - 11,0 м, дуба - 6,5 м; средняя: сосны — 9,0 м, дуба - 4,5 м. Диаметр максимальный: сосны - 16,0 см, дуба - 7,0 см; средний: сосны - 10,0 см, дуба - 4,5 см.

Опыты плантационного лесовыращивания культур сосны и дуба на вырубках, обильно возобновляющихся осинкой, в свежих судубравных условиях Учебно-опытного лесхоза ВГЛТА дважды (1986, 1991 гг.) демонстрировались на Всесоюзных дубравных совещаниях, а также отдельно (1994-1996 гг.) директорам и главным лесничим лесхозов Воронежского управления лесами и ЦЧР.

Обследование проводилось с целью учета и выяснения состояния естественного возобновления на площадях лесокультурного фонда. В связи с тем, что в качестве лесокультурных площадей приняты рубки, которые характеризуются наличием препятствий (пней и порубочных остатков), наряду с учетом естественного возобновления проводилось изучение количества, размеров и характеристика размещения пней на лесокультурной площади.

Создание и выращивание культур дуба и сосны на вырубках после рубки древостоев с участием осины затруднено, так как они быстро и обильно зарастают корневыми отпрысками.

В этой связи надо с осторожностью подходить к вопросам искусственного возобновления на вырубках, где в составе насаждения до рубки была, даже в небольших количествах, осина. Поэтому одним из важнейших условий при назначении лесокультурных работ на вырубках является оценка и учет естественного возобновления.

По исследованиям естественного возобновления на вырубках в Животиновском лесничестве (табл. 1) установлено, что в первый же год после рубки дубовых древостоев с участием осины от 5 до 7 единиц в составе, происходит обильное появление корневых отпрысков на площади. Их количество на 1 га составляет 132,7-179,9 тыс. штук. Большое количество порослевых отпрысков сочетается с их быстрым ростом. Появляясь на материнских корнях и питаясь за счет запасов питательных веществ корневой системы взрослого дерева, отпрыски осины в первый год не образуют своих собственных корешков и имеют среднюю высоту 0,8-1,4 м.

На вырубках более старшего возраста, дуба и сопутствующих пород вообще нет. С возрастом количество корневых отпрысков осины на площади уменьшается. К возрасту 7 лет корневых отпрысков осины уменьшается до 25 тыс. шт./га, средняя высота составляет 4,2 м. В этом возрасте отпрыски формируют довольно широкую крону, смыкаются и создают чистый осинник. Под полог такого осинника даже в ясные дни проникает очень мало света - 4-5 %. Поэтому выжить, искусственно вводимым, дубу и сосне в таких жестких условиях конкуренции очень трудно.

Таким образом, при наличии древостоев с примесью осины, подлежащих рубке, необходимо заранее планировать меры борьбы с корнеотпрысковой осинкой, так как эффективность культур без этого будет очень низка.

Таблица 1 – Характер естественного возобновления на дубово-осиновых вырубках в Животиновском лесничестве УОЛ ВГЛТУ (ТУМ-С2)

№ пр. пл.	Состав древостоя до рубки	Количество на 1 га, тыс. шт.			Средняя высота, м		
		осина	дуб	береза	осина	дуб	береза
1	7Ос3Д	160,0	0,4	-	0,9	0,2	-
2	7Ос3Д	179,9	0,3	-	1,4	0,2	-
3	5Ос3Д2Б	132,7	0,2	4,8	0,8	0,2	0,4

#### Вырубка как объект лесокультурного производства

По результатам ряда исследований известно, что создание лесных культур на рубках является сложным и трудоемким процессом. Наличие пней и корней древесных и кустарниковых пород на рубках затрудняет широкое использование средств механизации. Только раскорчевка площади, вычесывание корней и сплошная подготовка почвы позволяют максимально использовать средства механизации при посадке культур и последующих уходах. Однако корчевка пней на рубках весьма трудоемка и дорогостояща, так как требует применение тяжелой техники. Кроме того, на площади нарушается естественное плодородие почвы, 10-12 % площади занимает под складирование пней.

В целях изучения и дальнейшего совершенствования разработанной в ВГЛТА (Дерюжкин, Сухов, 1979) [3] технологии создания сплошных культур на свежих рубках, возобновившихся корнеотпрысковой осины проводилось изучение и характер распределения пней на дубово-осиновых и осиновых рубках в кварталах 24, 39, 41 Животиновского лесничества. Характеристика рубок в свежих судубравных условиях по количеству пней и их размерам приводится в табл. 2.

Таблица 2 – Количество пней и их размеры на дубово-осиновых рубках в Животиновском лесничестве УОЛ ВГЛТУ (ТУМ-С2)

№ пр. пл./ № кв.	Характеристика древостоя до рубки		Кол-во пней, шт./га	D пней, см, сред./min-max	H пней, см, сред./min-max
	состав	Dcp., см			
1/24	7Ос3Д	23,0	630	27,0/8-59	26,3/10-55
2/39	7Ос3Д	22,0	676	28,7/9-64	27,3/12-58
3/41	5Ос3Д2Б	30,0	720	26,6/8-60	25,6/10-54

Анализ данных табл. 2 показывает, что количество пней на изучаемых рубках колеблется от 630 до 820 штук на 1 га. Размеры пней изменяются в значительных пределах как по диаметру, так и по высоте. Минимальный диаметр пней составляет 8 см, максимальный – 64 см. По высоте пни варьируют от 10-12 см до 58 см. Средняя высота пней составляет 24,3-27,3 см. Сравнивая средний диаметр древостоя до рубки и среднюю высоту оставляемых пней, следует отметить, что требования правил валки нарушаются (высота пня не должна превышать 1/3 диаметра дерева на высоте груди).

Наши исследования показали, что на дубово-осиновых и осиновых рубках высота пней может достигать до 58 см. Рассматривая распределение пней по ступеням высоты отметим, что наибольшее количество пней в ступени 10-20 см будет представлено

осиновыми пнями. В ступени 21-30 см количество дубовых и осиновых пней будет составлять соответственно 46-48 % и 40-45 %. В ступени 31-40 см количество пней уменьшается и составляет в среднем для дубовых — 28 %>, а для осиновых – 21 %. В более высоких ступенях количество пней незначительно. Средняя высота дубовых пней составляет 27,6 - 28,4 см, а осиновых 24,3 0- 26,6 см. Средняя высота всех пней на пробных площадях уменьшается с увеличением общего количества пней.

Приведенные данные показывают, что большое количество пней (более 600 шт./га) и значительные их размеры не могут позволить эффективно использовать механизмы, работающие при этих условиях на обработке почвы, посадке культур и последующих уходах. Поэтому было предложено (Дерюжкин, Сухов, 1979) на пробных вырубках удалять надземные части пней до уровня поверхности почвы машиной МУП-4 конструкции ЛЕННИИЛХ.

При подготовке вырубок МУП-4 удаляет надземную часть пней на полосах шириной 2,5-4,0 м, в зависимости от принятой технологии и используемых на последующих операциях технических средств.

Состояние лесовосстановительных работ в Животиновском лесничестве УОЛ ВГЛТУ. При анализе состояния дубрав Воронежской области В.А. Горохов (1975) [2] обращает внимание на недостаточно высокую эффективность культур дуба на вырубках. Площадь сохранившихся культур составляет 81 %. Главную причину неудач он видит в несовершенстве технологии выращивания культур, не отрегулированной численности диких животных и неупорядоченной пастьбе скота.

Как правило, культуры создают на нераскорчеванных вырубках, в основном при бороздной подготовке почвы плугом ПКЛ-70. при этом борозды получаются криволинейными и прерывистыми, что сильно затрудняет применение механизации при посадке и уходах. Ручных же уходах за культурами, при недостатке рабочей силы, проводится крайне мало, что приводит к снижению показателей качества создаваемых культур (Дерюжкин, Сухов, [3]).

Объемы и состояние лесных культур в Животиновском лесничестве УОЛ ВГЛТА представлены в табл. 3.

Таблица 3 – Объем и состояние лесных культур в Животиновском лесничестве УОЛ ВГЛТА за период 1975 - 2006 гг.

Годы	Площадь, га	Состояние, га/%		
		хорошие	удов.	списанные
1975-1979	64,2	25,0/40	19,4/30,2	19,8/29,8
1980-1984	54,6	29,3/53,6	7,6/14	17,7/32,4
1985-1989	51,2	21,3/41,6	14,9/29,1	15,0/29,3
1990-1994	49,5	16,6/33,5	15,9/32,1	17,0/34,4
1995-1999	28,7	18,1/63,1	10,6/36,9	-
2000-2004	12,4	2,8/22,6	9,6/77,4	-
2005-2006	7,6	5,1/67,1	2,5/32,9	-
Итого	268,2	118,2/44,1	79,5/29,6	70,5/26,3

В период с 1975 по 1979 годы всего создано 64,2 га культур, из них 67% или 19,8 га культур погибло и было списано. В последующие годы объемы лесовосстановительных работ были меньше. Так, за период 1980-1984 годы культуры были созданы на площади 54,6 га, из них 32,4% или 17,7 га были списаны. В 1985-1989 годах объем лесокультурных работ составил 51,2 га. С 1990 по 1994 годы объем уменьшился до 49,5 га, из них было списано 34,4 % культур. В период с 1995 по 2004 годы объем создания лесных культур по

пятилеткам колебался в пределах 12,4-28,7 га. Примечательно то, что, начиная с 1995 года и по настоящее время, лесные культуры практически не списывались.

В целях детального изучения роста и сохранности опытно-производственных культур последних лет, созданных по базовой технологии разработанной кафедрой лесных культур и селекции ВГЛТА (Дерюжкин Сухов, 1979, 1981, 1982) проводились исследования в кварталах 25, 40 и 42 Животиновского лесничества. Анализ полученных данных (табл. 4) свидетельствует о том, что исследованиями были охвачены культуры до 10-летнего возраста. Отметим, что лучшую приживаемость и сохранность имеют культуры в возрасте до 5 лет. Так, высокая приживаемость культур – 95 %, наблюдается в двухлетних культурах сосны, в четырехлетних культурах он несколько снижается, но остается все же высокой - 90-91 %, к восьми годам сохранность культур закономерно понижается и составляет для сосны - 86 %, дуба красного - 84 %, дуба черешчатого - 78 %. Высокая сохранность культур на четырех рассмотренных пробных площадях объясняется отсутствием поросли второстепенных пород, так как эти культуры создавались по новой технологии, предусматривающей предварительное уничтожение естественного фитоценоза.

Таблица 4 – Характеристика культур дуба и сосны на дубово-осиновых вырубках Животиновского лесничества УОЛ ВГЛТУ (по И.В. Сухову, В.П. Калошину)

№ п/п	Порода	Возраст, лет	Сохранность, %	Показатели роста культур				Второстепенные		
				диаметр, см		высота, м		состав	кол-во, тыс. шт./га	высота, м
				средн.	макс.	средн.	макс.			
1	Сосна	2	95	0,7±0,02	1,2	0,28±0,04	0,5	-	-	-
2	Сосна Дуб кр.	4	90	3,2±0,08	4,3	1,20±0,14	1,7	-	-	-
		4	91	2,8±0,10	3,3	0,80±0,09	1,5			
3	Сосна Дуб чер.	5	87	3,7±0,12	4,9	1,60±0,17	2Д	-	-	-
		5	88	2,1±0,09	2,7	0,60±0,10	1,0			
4	Сосна Дуб кр.	8	86	7,6±0,18	8,8	2,8±0,21	3,3	-	-	-
		8	84	5,2±0,12	6,3	2,00±0,10	2,5			
5	Сосна	8	15	5,5±0,33	5,0	1,80±0,35	2,1	10Ос	23,0	4,2
6	Сосна	10	5	6,0±0,35	6,5	2,00±0,32	2,3	10Ос	20,0	4,9
7	Сосна Дуб	4242	6530	27,0±0,23	25,519,0	25,0±0,21	25,519,0	8С1Д1Кл	ед.	
				16,8±0,32		18,5±0,32				

### Выводы

На основании изученных материалов и проведенных исследований можно сделать следующие выводы:

1. Культуры сосны и дуба, созданные по бороздам на рубках в ЦЧР отличаются недостаточной эффективностью. Их сохранность составляет 35-80 %, в отдельных случаях культуры погибают.

2. Обильное зарастание дубово-осиновых рубок корневыми отпрысками (до 180 тыс. шт./га) быстрорастущей осины и гибель культур дуба в этих условиях противоречат повышению продуктивности выращиваемых насаждений.

3. Наличие на вырубках большого количества пней (свыше 600 шт./га) и относительно крупные их размеры (до 58 см высотой и 64 см по диаметру) позволяют проводить только частичную обработку почвы бороздами, что затрудняет качественно использовать средства механизации при посадке лесных культур и особенно уходе за ними.

4. Сплошное удаление наземной части пней на вырубках машиной МУП-4 позволяет значительно повысить эффективность работы орудий и агрегатов с дисковыми рабочими органами при подготовке почвы.

5. Наиболее эффективным методом борьбы с осиновыми отпрысками является сплошная обработка почвы на глубину 15 см путем дискования площади тяжелыми дисковыми боронами в двух взаимно перпендикулярных направлениях.

### Список литературы

1. Вавилов, А.В. Механизация подготовительных работ при лесовосстановлении / А.В. Вавилов. - Минск, 1985. - 47 с.
2. Горохов, В.А. Состояние дубрав в Воронежской области и ведение хозяйства в них / В.А. Горохов // Состояние и пути улучшения дубрав в РСФСР. - Воронеж, 1975. – С. 13-23.
3. Дерюжкин Р.И., Сухов И.В. Технология создания культур дуба на свежих осиновых вырубках без естественного возобновления дуба или возобновляющихся корнеотпрысковой осиной // Информационный листок, № 458-79. - Воронеж: ЦНТИ, 1979. - 4 с.
4. Дерюжкин, Р.И., Сухов И.В. А.с. 1581238 СССР, МКИЗ А 01 О 23/00. Способ борьбы с корнеотпрысковой осиной на вырубках / заявл. 26.02.86; опубл. 30.07.90; Бюл. №28. - 3 с.
5. Сухов, И.В. История и опыт создания лесных культур в Учебно-опытном лесхозе ВГЛТА: монография / И.В. Сухов. – Воронеж: Кварта, 2007. – 143 с.

### References

1. Vavilov, A.V. Mechanisation of preparatory works at reforestation / A.V. Vavilov. - Minsk, 1985. - 47 p.
2. Gorokhov, V.A. State of oak trees in Voronezh region and management in them / V.A. Gorokhov // State and ways of improvement of oak trees in RSFSR. - Voronezh, 1975. - P. 13-23.
3. Deryuzhkin R.I., Sukhov I.V. Technology of oak culture creation on fresh aspen clearings without natural oak regeneration or regenerated by root-stripping aspen // Information leaflet, No. 458-79. - Voronezh: CNTI, 1979. - 4 p.
4. Deryuzhkin, R.I., Sukhov I.V. A.s. 1581238 SSSR, MK3 A 01 O 23/00. Method of struggle with root-injunctive aspen on clearings / applied. 26.02.86; published 30.07.90; Bulletin No. 28. - 3 p.
5. Sukhov, I.V. History and experience of creation of forest crops in the Training and Experimental Forestry of VGLTA: monograph / I.V. Sukhov. – Voronezh: Kvarta, 2007. - 143 p.

## ОБЗОР ТЕХНОЛОГИИ ВЫРАЩИВАНИЯ ПОСАДОЧНОГО МАТЕРИАЛА В ЛЕСНЫХ ПИТОМНИКАХ

**Медведев Даниил Юрьевич**

*аспирант, преподаватель СПО ФГБОУ ВО «Воронежский государственный лесотехнический университет им. Г.Ф. Морозова», г. Воронеж, РФ*

*E-mail: Medwed2509@gmail.com*

## TECHNOLOGY FOR GROWING PLANTING MATERIAL IN FOREST NURSERIES

**Medvedev Daniil Yurievich**

*Postgraduate student, teacher of secondary vocational education, Voronezh State University of Forestry and Technologies named after G. F. Morozov, Voronezh, Russia*

*E-mail: Medwed2509@gmail.com*

**Аннотация.** В статье отображены основные этапы выращивания деревьев в лесных питомниках. Рассмотрены особенности производства сеянцев и саженцев, а также указаны наиболее важные критерии для получения здорового потомства растений. Сделан вывод об актуальных направлениях исследований в сфере механизации ухода за растениями.

**Abstract.** The article displays the main stages of growing trees in forest nurseries. The features of the production of seedlings and saplings are considered, and the most important criteria for obtaining healthy plant offspring are indicated. A conclusion is drawn about current areas of research in the field of mechanization of plant care.

**Ключевые слова:** вспомогательная обработка почвы, лесной питомник, основная обработка почвы, сеянец, саженец.

**Keywords:** auxiliary tillage, forest nursery, main tillage, seedling, sapling.

Организация школьных отделений лесных питомников – это одна из основных задач современного лесоводства. Правильно организованный лесной питомник позволит обеспечить здоровую смену для деревьев, обеспечит непрерывность производства древесины.

Постоянный лесной питомник представляет собой земельный участок, имеющий продуцирующую и вспомогательную часть, включающая в себя вспомогательный участок. Продуцирующая часть – это участок, предназначенный для выращивания посадочного материала. Она состоит из посевного, школьного, маточного и дендрологического отделений. Посевное отделение служит для проращивания семян до состояния сеянцев. Затем сеянцы отправляют в школьное отделение питомника, где его растят до состояния саженца. Оттуда саженец отправляют на посадку, в зависимости от его предназначения. Вспомогательная часть включает в себя производственные и бытовые здания и сооружения. К ним относятся компостный и прикочный участки [1].

Обустройство лесного питомника начинается с выбора участка. Согласно ГОСТ Р 70133–2022 участок должен соблюдать следующие требования: содержание гумуса не менее 2%, почва должна быть песчаной, супесчаной, легкосуглинистой или среднесуглинистой, а глубина залегания грунтовых вод должна составлять не менее 1 метра для песчаных и не менее 3 метров для суглинистых почв. В то же время не допускается организовывать постоянные лесные питомники на склонах крутизной более 5°, в поймах, заливаемых весенними водами, на участках с бедными песчаными или

тяжелосуглинистыми почвами и на участках с близким залеганием к поверхности коренных пород [2].

Выращивание сеянцев происходит в посевном отделении. Перед посадкой семена проходят дополнительную обработку, которая включает в себя стратификацию, намачивание, обработку стимуляторами, дезинфекцию и другие процедуры. Перед посадкой семян производится весенняя перепахка почвы без отвалов, боронование, культивация, шлейфование, прикатывание, фрезерование и поделку гряд. Сильно уплотнившуюся почву рыхлят на большую глубину или перепахивают. На легких почвах применяют легкие бороны и шлейфы, а на глинистых и заплывающих – тяжелые бороны. Боронование почвы рекомендуется проводить по диагонали или поперек вспашки, для лучшего выравнивания и крошения [1].

Посевы разделяют на грядковые и безгрядковые. Грядковые посевы применяют в лесной зоне на плохо прогреваемых или недостаточно дренированных почвах. Грядковый посев позволяет механизировать работы по уходу и выкопке посадочного материала. Ширина гряды составляет 0,9-1,0 м, высота – 10-15 см и выше с междурядьями 40 см. Безгрядковые посевы применяются шире, чем грядковые. Колеса трактора вдавливают почву в междурядьях на 6...8 см и создают дренаж для посевных лент. Для высева мелких семян посевные строчки создают вдавливанием. Очень мелкие семена высевают без заделки, а крупные – высевают в бороздки, образуемые сошниками [1, 3].

Выращивание посадочного материала в школьных отделениях питомников (школах) состоит из следующих операций:

1. Основная и предпосевная обработка почвы
2. Посадка сеянцев и саженцев
3. Механический и химический уход, а также обработка пестицидами
4. Прививание, формирование кроны и штабов
5. Заготовка саженцев, хранение и транспортировка

В зависимости от возраста саженцев школьные отделения делятся на порядки. В школах первого порядка сеянцы выращивают их 2-4 года. В отделениях второго порядка до возраста 5-7 лет, а в школах третьего – до 10 лет и выше [1, 3].

Основная обработка почвы школьного отделения производится также, как и обработка почвы посевного, но увеличивается глубина вспашки до 35-40 см в лесной зоне, до 50 см в лесостепной и до 60 см в степной. Для создания хорошо разрыхленного слоя во время предпосадочной обработки почвы применяют культиваторы, например, культиватор-рыхлитель КФП-1,5А, способный рыхлить почву на глубину до 30 см. Оптимальная глубина рыхления почвы для посадки саженцев составляет 25-30 см. Посадку саженцев производят ранней весной, до распускания почек или осенью, по прошествию активной фазы листопада. Перед посадкой у сеянцев подрезают излишне длинные и поврежденные во время выкопки корни, затем обмакивают корни в земляную или торфяную болтушку, иногда обрабатывают ростовыми растворами [1, 3].

При посадке саженцев необходимо стремиться к оптимальной схеме посадки для того, чтобы достичь этого учитывают такие параметры как: линейные размеры растений определенного возраста, а также размер и форму кроны. Причиной такого внимания к схеме посадки служит то, что даже небольшие повреждения корневой системы саженца крайне негативно сказываются на росте и развитии растения. Высота растений с деформированной или недостаточно развитой корневой системой приводит к тому, что поврежденное растение в 2..5 раз ниже, чем здоровое растение того же возраста [1, 3].

Для обеспечения полноценного питания корней саженцев необходимо проводить регулярную прополку сорняков и рыхление почвы. Для выполнения данной задачи используют культиваторы, в частности КРВН-2,8 и КПП-1,5. Рыхление проводится на глубину 7-12 см. В зависимости от региона рыхление почвы производят 4-5 раз в первый год, 3-4 раза во второй и 2-3 в последующие [1, 3].

На данный момент обработка почвы в питомниках – это одна из самых затратных с точки зрения трудовых ресурсов. Основная проблема заключается в том, что прополку в рядах невозможно осуществить в рядах растений имеющимися технологическими средствами. Это обусловлено тем, что имеющиеся почвофрезы имеют контактный рабочий орган, способный повредить дерева.

На данный момент выращивание посадочного материала в лесных питомниках – это современная, высокомеханизованная сфера лесного хозяйства, приносящая большую прибыль. Каждый этап развития растения от семечка до полноценного дерева изучен, выработаны методики достижения максимальной эффективности и получения здорового продукта. Однако область все еще имеет потенциал к развитию, в том числе в сфере механизации лесного хозяйства.

### Список литературы

1. Бочаров, В.С. Выращивание посадочного материала в лесных питомниках / В.С. Бочаров, Ф.М. Никулин. – М.: Лесная промышленность, 1979. – 96 с.
2. ГОСТ Р 70133–2022. Питомники лесные постоянные. Выбор участка, организация территории. Общие требования: нац. стандарт Российской Федерации : утвержден и введен в действие приказом Федер. агентства по техн. регулированию и метрологии от 30 мая 2022 г. № 420-ст. введен впервые : дата введения 2023-03-01. (Система стандартов по информации, библиотечному и издательскому делу) // Федеральное агентство по техническому регулированию и метрологии. URL: <https://protect.gost.ru/default.aspx/document1.aspx?control=31&baseC=6&page=5&month=6&year=2022&search=&id=245163> (дата обращения: 22.10.2024).
3. Чурагулова З.С. Лесоразведение и воспроизводство лесов. Почвенно-биологические основы выращивания посадочного материала с закрытой корневой системой: учебное пособие для вузов / З.С. Чурагулова. – Санкт-Петербург : Лань, 2023. – 272 с.

### References

1. Bocharov, V.S. Growing planting material in forest nurseries / V.S. Bocharov, F.M. Nikulin. - Moscow: Lesnaya promyshlennost, 1979. – 96 p.
2. GOST R 70133-2022. Permanent forest nurseries. Site selection, territory organisation. General requirements: national standard of the Russian Federation : approved and put into effect by the order of the Federal Agency for technical regulation and metrology from 30 May 2022 № 420-st. introduced for the first time : date of introduction 2023-03-01. (System of standards for information, library and publishing) // Federal Agency for Technical Regulation and Metrology. URL: <https://protect.gost.ru/default.aspx/document1.aspx?control=31&baseC=6&page=5&month=6&year=2022&search=&id=245163> (date of access: 22.10.2024).
3. Churagulova Z.S. Forestation and reproduction of forests. Soil-biological bases of cultivation of planting material with closed root system: textbook for universities / Z.S. Churagulova. - Saint-Petersburg : Lan, 2023. - 272 p.

ПРИМЕНЕНИЕ ЭЛЕКТРОСТИМУЛЯЦИИ ПРИ ВЫРАЩИВАНИИ ПОСАДОЧНОГО  
МАТЕРИАЛА ДРЕВЕСНЫХ, КУСТАРНИКОВЫХ КУЛЬТУР И ГАЗОННЫХ ТРАВ

**Пивоваров Максим Валерьевич**

аспирант ФГБОУ ВО «Воронежский государственный лесотехнический  
университет имени Г.Ф. Морозова», г. Воронеж, РФ

E-mail: max.max-pivovarov@yandex.ru

**Цепляев Алексей Николаевич**

д-р с.-х. наук, профессор кафедры ботаники и дендрологии ФГБОУ ВО  
«Воронежский государственный лесотехнический университет имени Г.Ф. Морозова»,  
г. Воронеж, РФ

E-mail: vsealexey@mail.ru

APPLICATION OF ELECTROSTIMULATION IN GROWING PLANTING MATERIAL  
OF WOOD, SHRUBS AND LAWN GRASSES

**Pivovarov Maxim Valeryevich**

Postgraduate student, Voronezh State University of Forestry and Technologies named  
after G.F. Morozov, Voronezh, Russia

E-mail: max.max-pivovarov@yandex.ru

**Tseplyaev Alexey Nikolaevich**

Doctor of Agricultural Sciences, Professor, Department of Botany and Dendrology,  
Voronezh State University of Forestry and Technologies named after G.F. Morozov, Voronezh,  
Russia

E-mail: vsealexey@mail.ru

**Аннотация.** Данное исследование посвящено изучению эффективности бесконтактной электростимуляции для улучшения роста растений. Этот метод, использующий электрическое поле без физического контакта с растением, может стимулировать клеточный обмен и рост корневой системы, что особенно важно для уязвимых видов. В ходе эксперимента произведена оценка влияния параметров электростимуляции, а также выявлено действие сочетания электростимуляции с удобрениями и стимуляторами роста на рост газонных трав. Подтверждение эффективности воздействия электростимуляции на рост растений позволяет продолжать исследования в направлении воздействия бесконтактной электростимуляции на сложные в разведении древесные виды.

**Abstract.** This study is aimed at studying the effectiveness of contactless electrical stimulation to improve plant growth. This method, which uses an electric field without physical contact with the plant, can stimulate cell metabolism and root system growth, which is especially important for vulnerable species. During the experiment, the influence of electrical stimulation parameters was evaluated, and the effect of a combination of electrical stimulation with fertilizers and growth stimulants on the growth of lawn grasses was revealed. Confirmation of the effectiveness of the effect of electrical stimulation on plant growth allows us to continue research in the direction of the effect of contactless electrical stimulation on difficult-to-breed woody plant species.

**Ключевые слова:** электростимуляция, питательные вещества, стимулятор роста, газонные травы.

**Keywords:** electrical stimulation, nutrients, growth stimulant, lawn grass seeds.

## **Введение**

В современном мире активно проводятся исследования, направленные на использование инновационных технологий для повышения эффективности производства посадочного материала в питомниках. Одним из таких направлений является применение регулируемого безопасного электрического тока для стимуляции роста растений, ускорения ризогенеза и повышения биопродуктивности.

В настоящий момент создаются автоматизированные системы, которые позволяют контролировать ключевые условия выращивания растений - полив, освещённость и другие. Современное состояние науки также даёт возможность активно вмешиваться в жизненные процессы, протекающие в самом растении и ориентировать их в нужном направлении, посредством разного рода стимуляторов, в том числе и электрических.

Из работ отечественных и зарубежных учёных известно о положительном влиянии на растительные объекты методов электрофизического воздействия (электрический ток, электрическое, магнитное и электромагнитное поле) [1,2,3,4]. Установлено, что электрофизические методы и способы воздействия на растительные организмы, в ряде случаев дают как количественные, так и качественные положительные результаты, не достижимые с помощью других методов [7]. Большинство исследований, проведенных в этом направлении, посвящено результатам электрофизического воздействия на семена различных сельскохозяйственных растений.

Несмотря на реальные перспективы применения электрофизических методов при управлении жизненными процессами растительных организмов, внедрение этих способов в растениеводстве задерживается, так как до сего времени ещё недостаточно изучены механизм стимуляции и вопросы расчёта и конструирования соответствующих электроустановок.

Известно, что растительная клетка, запасая электрическую энергию в природных конденсаторах – внутриклеточных мембранах - митохондриях, использует ее для очень многих процессов: строительства новых молекул, снабжения клетки питательными веществами, регулирования собственной температуры [6]. Известно, что в листьях растений, под действием света, протекает фотосинтез – преобразование световой энергии в биологическую [5]. Фотосинтетическую структуру растений можно рассматривать как особую фотоэлектрохимическую батарею, заряжаемую солнцем до разности потенциалов в 1.2 вольт. Фотосинтез также ускоряется при увеличении разности потенциалов между растением и окружающей средой.

Практическое применение метода электростимуляции предусматривает установку электродов над растениями и в почве. Частота и напряжение подбираются экспериментальным путём с учётом реакции растений. Наиболее перспективной методикой признана электростимуляция с использованием электромагнитного поля (ЭМП), которое можно модулировать по амплитуде и частоте для достижения оптимального эффекта.

Согласно исследованиям выявлено, что слабый электрический ток, пропускаемый через почву, улучшает рост растений, стимулируя передвижение влаги и разложение сложных веществ в почве. Оптимальные параметры тока составляют 0,02–0,6 мА/см<sup>2</sup> для постоянного тока и 0,25–0,50 мА/см<sup>2</sup> для переменного.

Обработка виноградных черенков переменным ЭМП, так же, как и гетероауксином, активизирует в них регенерационные процессы, ускоряет образование корней и увеличивает их количество. Максимальная укореняемость при этом, получена при экспозиции 15 мин, а максимальные выход черенков с тремя корнями и более и число корней - при экспозиции 20 мин [7].

Метод также подходит для обработки семян перед посевом. Применение биомодулей обеспечивает высокую энергоэффективность, экологическую чистоту продукции и равномерное развитие растений, что выгодно для торговли и позволяет использовать систему в домашних условиях [12].

Выполненные полевые экспериментальные исследования по определению качественных показателей развития семян древесных пород и изменение их морфометрии при электростимуляции подтверждают гипотезу о положительном влиянии переменного электрического поля промышленной частоты. Выявлены положительные результаты, которые существенно увеличивают развитие корневой системы и самого растения за счет ускорения хода биологических процессов и высвобождения дополнительной энергии для роста растения.

Опираясь на результаты исследований, полученных при проведении полевого опыта в питомнике «Нижеволжской станции по селекции древесных растений ФНЦ Агроэкологии РАН», сделаны выводы, что воздействие переменного электрического поля промышленной частоты 50 Гц на семена сосны крымской проявляет в целом положительный эффект, увеличивая качественные показатели превышающие стандартные приемы интенсивной агротехники выращивания посадочного материала [11].

Бесконтактная электростимуляция основана на применении электрического поля, которое воздействует на растение, не касаясь его напрямую. Этот метод позволяет активизировать биологические процессы, усиливая обмен веществ, стимулируя рост клеток и корневой системы. В отличие от традиционных методов стимуляции, бесконтактная электростимуляция не требует физического контакта с растением, что снижает риск его повреждения. Кроме того, этот метод позволяет более точно контролировать интенсивность и продолжительность воздействия, что является важным фактором при работе с редкими и уязвимыми растениями.

#### **Материалы и методы**

Эксперимент по выявлению действия сочетаний электростимуляции с удобрениями и стимуляторами роста на рост газонных трав проводился на территории частного тепличного комплекса в Подмосковье в деревне Зименки, находящегося в 8 км от Московской кольцевой автомобильной дороги в южном направлении.

Для заложения исследования понадобилось использовать 2 теплицы бытового класса, размером 4 x 6 м. Теплицы были оборудованы воздушным обогревом, системой ручного поддержания влажности, а также теплой водой для полива. Теплицы находились в незатененном месте. В опыте исследовались следующие травянистые растения: райграс однолетний, клевер красный, овсяница красная, овсяница луговая, тимофеевка луговая. В качестве удобрения использовался препарат «Гуматы Хакасии», содержащий гуминовые кислоты, в качестве стимулятора роста использовали препарат «Иммуноцитифит» (д. в.: этиловый эфир арахидоновой кислоты, 0,16 г/кг). Электрический ток подавался аппаратом генерации тока MAISHENG MS3010D с двумя режимами стабилизации.

Было заложено 5 вариантов опыта для каждой культуры:

1 вариант – использование гуминовых удобрений + одинарное электрическое напряжение;

2 вариант -использование гуминовых удобрений + двойное электрическое напряжение;

3 вариант – использование гуминовых удобрений, стимулятора роста «Иммуноцитифит» + одинарное электрическое напряжение;

4 вариант – использование стимулятора роста «Иммуноцитифит» + одинарное электрическое напряжение;

5 вариант – контрольный.

Все работы по уходу за растениями проводились одновременно на всех участках (в течение одного дня). Посев семян проводился согласно нормативам 30 г/м<sup>2</sup>. Полив осуществлялся только совместно с внесением удобрений. Сорные виды трав удалялись, при появлении в теплице. Удобрения вносились путем полива (20 мл гуминового удобрения на 10 л воды). Обработка стимулятором роста проводилась путем опрыскивания по листу (1 таблетка «Иммуноцитифита» на 1,5 л, при расходе 100 мл раствора на 1 м<sup>2</sup>). Замеры высоты и плотности травостоя проводились несколько раз за

сезон по общепринятым методикам. Первая обработка данных - после всходов 02.03.2023, вторая - в фазе кущения перед скашиванием 16.03.2023, третья - после скашивания 28.04.2023.

Цель исследования состоит в том, чтобы определить, насколько бесконтактная электростимуляция в сочетании с удобрениями и стимуляторами роста может повлиять на рост газонных трав и, тем самым, улучшить их адаптацию к внешним условиям. В опыте были использованы травянистые растения, так как они отличаются высокой скоростью роста, позволяющей в короткие сроки получить и обработать результаты.

### Результаты и обсуждение

По результатам замеров были составлены диаграммы (рис. 1 и 2).

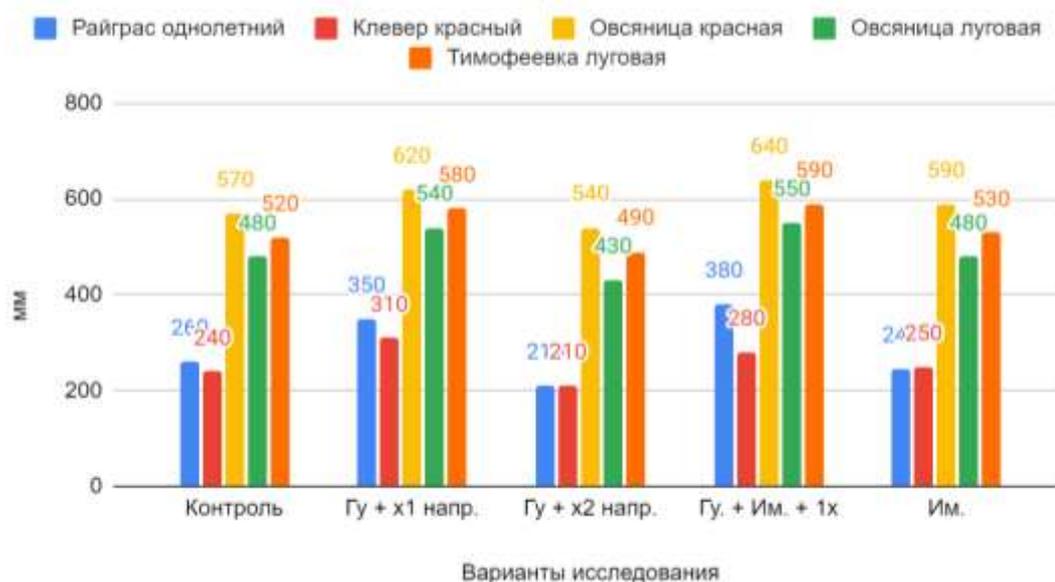


Рисунок 1. Средние значения высоты травостоя по вариантам

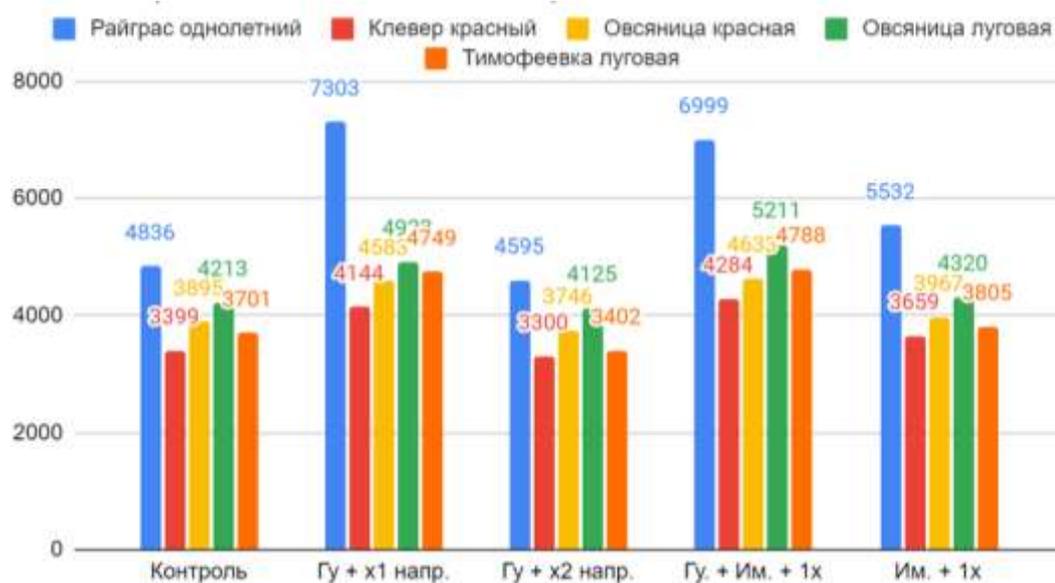


Рисунок 2. Средние значения плотности травостоя по вариантам

Из диаграммы 1 можно наблюдать, что у образцов с использованием электростимуляции, высота травостоя увеличилась, в среднем, на 20 %, по сравнению с контролем, а у образцов с двойным воздействием электрического напряжения, высота травостоя уменьшилась на 15 %.

Самую высокую плотность травостоя показал райграсс однолетний. На момент замера 12.03 образцы в варианте с использованием гуминовых удобрений и воздействием одинарного электрического напряжения, а также в варианте с использованием гуминовых удобрений, стимулятора «Имуноцитифит» и воздействия одинарного напряжения, имели показатели плотности травостоя - 7303 и 6999 соответственно. Эти показатели превышают контрольные, а также сильно опережают плотность травостоя в других вариантах для данной культуры. Если посмотреть на показатели плотности в контрольном варианте, то можно увидеть, что влияние электростимуляции действительно оказывается сильным.

С другой стороны, двойное напряжение негативно влияет на плотность травостоя - все образцы имеют наименьшие показатели, по сравнению с контрольным образцом.

Образцы, в которых использовался стимулятор «Имуноцитифит», показали схожие значения с контрольными образцами, и не показали сильного прироста в плотности и высоте травостоя.

Наименьшую плотность травостоя во всех вариантах показала клевер красный, сильного прироста во всех образцах в сравнении с другими культурами нет.

### **Вывод**

1. Исходя из полученных данных, можно сделать вывод, что использование ГУ в комплексе со стимулятором роста и одинарным электрическим напряжением положительно влияет на высоту и плотность травостоя, что подтверждает эффективность воздействия электростимуляции на рост растений.

2. Использование двойного электрического напряжения в комплексе с ГУ приводило к уменьшению высоты и плотности травостоя, что может быть связано с неустойчивостью растений к высоким нагрузкам. Возможно, для достижения наибольшей эффективности необходимо провести более подробные настройки мощности в более широком диапазоне.

3. Проведение исследований в направлении воздействия бесконтактной электростимуляции на декоративные древесные виды позволит разработать эффективные методы укоренения и выращивания сложных в разведении древесных видов, что важно для сохранения биоразнообразия и восстановления редких экосистем.

### **Список литературы**

1. Бовин А.А. Электрическое поле и его значение для живых организмов. – URL: [http://msk.edu.ua/ivk/-OLD-/Fizika/2\\_Semestr/Zan-56- T/El\\_pole\\_i\\_jivie\\_organizmi.htm](http://msk.edu.ua/ivk/-OLD-/Fizika/2_Semestr/Zan-56- T/El_pole_i_jivie_organizmi.htm).
2. Буколова Т.П. Изучение влияния магнитных полей на рост растений / Т.П. Буколова, Л.А. Муравская. – URL: <http://www.ucenter.info/librarischoolboy/researchbio/rabota-07-168>.
3. Васильев А.А. Влияние предпосадочной обработки семенных клубней электромагнитным полем на урожайность картофеля / А.А. Васильев, Н.Д. Полевик // Международный научно-исследовательский журнал. – 2014. – № 1-2(20). – С. 48-50.
4. Влияние магнитного поля на растения. – URL: <http://mirtajn.com/earth/803-vliyaniemagnitnogo-polya-na-rasteniya.html>.
5. Гордеев А.М., Шешнев В.Б. Электричество в жизни растений. - М.: Наука, 1991. - 160 с.
6. Кац Ц.Б. Биофизика на уроках физики. – М.: Просвещение, 1971. – 158 с.
7. Кудряков А.Г. Стимуляция корнеобразования черенков винограда электрическим полем : автореф. дис. ... канд. техн. наук. / А.Г. Кудряков. – Краснодар, 1999. – 23 с.
8. Патент № 2555449 С2 Российская Федерация, МПК А01G 7/04. способ электростимуляции жизнедеятельности растений : № 2013152600/13 : заявл. 26.11.2013 : опубл. 10.07.2015 / Г. Н. Самарин, В. А. Шилин, А. Н. Павлов [и др.] ; заявитель ФГБОУ ВПО «Великолукская государственная сельскохозяйственная академия».

9. Патент № 2717035 C1 Российская Федерация, МПК A01G 7/04. Устройство электростимуляции жизнедеятельности растений : № 2019121549 : заявл. 10.07.2019: опубл. 17.03.2020 / А. А. Делекторский, Л. Р. Люсова, Е. Г. Платонова, Л. С. Шибряева.
10. Корнилова Г.С., Герасимова О.А. Установка для электростимуляции жизнедеятельности растений // Проблемы технического сервиса в АПК : сборник научных трудов III студенческой Всероссийской научно-практической конференции. – Кинель, 2020. – С. 31-36.
11. Результаты исследований влияния электрофизического воздействия на посевные качества семян древесных пород / Д. С. Ивушкин, А. С. Феклистов, В. А. Петрухин [и др.] // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: Наука и высшее профессиональное образование. – 2024. – № 1 (73). – С. 346-357.
12. Подымов С.А., Калёнов В.П., Васильев С.И. Разработка схемы электрического стимулирования растений в биомодуле // Электрооборудование и электротехнологии в сельском хозяйстве: сборник научных трудов по материалам V Всероссийской научно-практической конференции. Самара, 12 декабря 2019 года. – Кинель, 2020. – С. 108-112.

### References

1. Bovin A.A. Electric field and its importance for living organisms. URL: [http://msk.edu.ua/ivk/-OLD-/Fizika/2\\_Semestr/Zan-56- T/El\\_pole\\_i\\_jivie\\_organizmi.htm](http://msk.edu.ua/ivk/-OLD-/Fizika/2_Semestr/Zan-56- T/El_pole_i_jivie_organizmi.htm).
2. Bukolova, T.P. Study of the influence of magnetic fields on plant growth / T.P. Bukolova, L.A. Muravskaya. URL: <http://www.ucenter.info/libraryschoolboy/researchbio/rabota-07-168>.
3. Vasiliev A.A. The influence of preplanting treatment of seed tubers by electromagnetic field on potato yield / A.A. Vasiliev, N.D. Polevik // International Research Journal. - 2014. - № 1-2(20). - P. 48-50.
4. Influence of magnetic field on plants. URL: <http://mirtajm.com/earth/803-vliyaniamagnitnogo-polya-na-rasteniya.html>.
5. Gordeev A.M., Sheshnev V.B. Electricity in plant life. - Moscow: Nauka, 1991. - 160 p.
6. Katz C.B. Biophysics in physics lessons. – M.: Prosveshchenie, 1971. 158 p.
7. Kudryakov, A.G. Stimulation of root formation of grape cuttings by an electric field: abstr. of diss. ... candidate of technical sciences / A.G. Kudryakov. Krasnodar, 1999. 23 p.
8. Patent No. 2555449 C2 Russian Federation, IPC A01G 7/04. method of electrical stimulation of plant vital activity : No. 2013152600/13 : applied. 26.11.2013 : published 10.07.2015 / G. N. Samarin, V. A. Shilin, A. N. Pavlov [and others] ; applicant FSBEI HPE ‘Velikoluk State Agricultural Academy’.
9. Patent No. 2717035 C1 Russian Federation, МПК A01G 7/04. Device for electrostimulation of plant vital activity : No. 2019121549 : applied. 10.07.2019 : published 17.03.2020 / A.A. Delektorsky, L.R. Lyusova, E.G. Platonova, L.S. Shibryaeva.
10. Kornilova G.S., Gerasimova O.A. Installation for electrical stimulation of plant life // Problems of technical service in agro-industrial complex: Collection of scientific papers of the III Student All-Russian Scientific and Practical Conference. Kinel, 2020. Pp. 31-36.
11. Results of research on the influence of electrophysical influence on the sowing qualities of seeds of woody species / D.S. Ivushkin, A.S. Feklistov, V.A. Petrukhin [et al.] // Izvestiya Nizhnevolzhskogo agrouniversitetskogo kompleksa: Science and higher professional education. - 2024. - № 1 (73). - P. 346-357.
12. Podymov S.A., Kalyonov V.P., Vasilyev S.I. Electrical equipment and electrical technologies in agriculture: collection of scientific papers on the materials of V All-Russian scientific-practical conference. Samara, 12 December 2019. – Kinel, 2020. – pp. 108-112.

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ УКОРЕНЕНИЯ ПРЕДСТАВИТЕЛЕЙ РОДА  
JUNIPERUS, L. В УСЛОВИЯХ ЦЕНТРАЛЬНО-ЧЕРНОЗЕМНОГО РЕГИОНА

**Попова Валентина Трофимовна**

канд. биол. наук, доцент, заведующая кафедрой ботаники и дендрологии ФГБОУ ВО «Воронежский государственный лесотехнический университет имени Г.Ф. Морозова», г. Воронеж, РФ

E-mail: bot-fiz.rast@yandex.ru

**Цепляев Алексей Николаевич**

д-р с.-х. наук, профессор кафедры ботаники и дендрологии ФГБОУ ВО «Воронежский государственный лесотехнический университет имени Г.Ф. Морозова», г. Воронеж, РФ

E-mail: vsealexey@mail.ru

**Пальцева Анастасия Владиславовна**

аспирант кафедры ботаники и дендрологии ФГБОУ ВО «Воронежский государственный лесотехнический университет имени Г.Ф. Морозова», г. Воронеж, РФ

E-mail: nastya\_dy@mail.ru

THE ROOTING COMPARATIVE ANALYSIS OF THE GENUS JUNIPERUS, L.  
REPRESENTATIVES IN THE CENTRAL CHERNOZEM REGION CONDITIONS

**Popova Valentina Trofimovna**

PhD in Biol. Sciences, Associate Professor, Head of the Department of Botany and Dendrology, Voronezh State University of Forestry and Technologies named after G.F. Morozov, Voronezh, Russia

**Tseplyaev Alexey Nikolaevich**

Dr. Sci. (Agric.), Professor of the Department of Botany and Dendrology, Voronezh State University of Forestry and Technologies named after G.F. Morozov, Voronezh, Russia

**Paltseva Anastasia Vladislavovna**

Postgraduate student of the Department of Botany and Dendrology, Voronezh State University of Forestry and Technologies named after G.F. Morozov, Voronezh, Russia

**Аннотация.** В данной статье приведены результаты укоренения зеленых черенков представителей рода *Juniperus*, L., заготовленных и высаженных в питомнике Воронежской области в летний период. В опыте были использованы такие сорта, как: можжевельник чешуйчатый 'Blue Carpet', можжевельник средний 'Pfitzeriana Aurea' и можжевельник горизонтальный 'Prince of Wales'. При укоренении черенки обрабатывались стимуляторами «Корневин» и «Максифол Рутфарм». В данном опыте применялся метод зеленого черенкования, так как он является эффективным способом вегетативного размножения для трудноукореняемых сортов, в том числе, популярных в озеленении хвойных интродуцентов. При этом качества материнского растения полностью передаются потомству. После статистической обработки данных были проанализированы и сопоставлены между собой результаты укоренения. Наилучшие результаты были достигнуты при применении стимулятора корнеобразования «Корневин» для всех опытных сортов. Также в варианте с можжевельником чешуйчатым 'Blue Carpet' применение «Корневина» способствовало росту корней в длину, что достоверно при

сравнении с контролем. Стимулятор «Максифол Рутфарм» не показал при укоренении нужного эффекта – в большинстве вариантов показатели оказались ниже контрольных.

**Abstract.** This article presents the green cuttings rooting results of the genus *Juniperus*, L. representatives, harvested and planted in a nursery in the Voronezh region in the summer. In the experiment, such varieties as: *Juniperus squamata* 'Blue Carpet', *Juniperus media* 'Pfitzeriana Aurea' and *Juniperus horizontalis* 'Prince of Wales' were used. During rooting, the cuttings were treated with stimulants "Kornevin" and "Maxifol Rutpharm". In this experiment, the method of green cuttings was used, as it is an effective method of vegetative reproduction for hard-to-root varieties, including coniferous introducers that are popular in the landscaping. At the same time, the qualities of the mother plant are completely transmitted to the offspring. After statistical processing of the data, the results of rooting were analyzed and compared with each other. The best results were achieved with the use of the root formation stimulator "Kornevin" for all experimental varieties. Also, in the variant with *Juniperus squamata* 'Blue Carpet', the use of "Kornevin" contributed to the growth of roots in length, which is reliable when compared with the control. The stimulator "Maxifol Rutfarm" did not show the desired effect when rooting – in most cases, the indicators were lower than the control ones.

**Ключевые слова:** вегетативное размножение, черенкование, зеленые черенки, можжевельник чешуйчатый 'Blue Carpet', можжевельник средний 'Pfitzeriana Aurea', можжевельник горизонтальный 'Prince of Wales'.

**Keywords:** vegetative reproduction, cuttings, green cuttings, *Juniperus squamata* 'Blue Carpet', *Juniperus media* 'Pfitzeriana Aurea', *Juniperus horizontalis* 'Prince of Wales'.

## Введение

Изучение отдельных технологических аспектов вегетативного размножения методом зеленого черенкования для отдельных культур с учетом климатических условий зоны возделывания имеет особую актуальность [2].

Эффективность производства посадочного материала путем укоренения зеленых черенков зависит от таких факторов, как: видовая принадлежность растений, возраст растений, состояние маточников, микроклиматические условия в культивационных сооружениях, сроки заготовки черенков, применение стимуляторов корнеобразования [5] и др. [1, 2, 3].

С развитием декоративного питомниководства вегетативное размножение приобретает особую актуальность, поэтому необходимо разрабатывать методики по совершенствованию данной технологии.

## Материалы и методы

Объектом исследования являются представители рода *Juniperus*, L., такие как: можжевельник чешуйчатый 'BlueCarpet', можжевельник средний 'PfitzerianaAurea' и можжевельник горизонтальный 'PrinceofWales'. Опыты по зеленому черенкованию проводились в производственном отделении ООО «Объединенные питомники» (Воронежская область, координаты: N 51° 48.368' E 38°57.037'). Укоренение проводилось в парниках сферической формы 3м x 2м x 18м, покрытых армированной полиэтиленовой пленкой толщиной 200 мкр. Полив обеспечивался при помощи туманообразующей системы с автоматическим режимом работы. Установка искусственного тумана регулировалась при помощи электронного контроллера GA-327 с соленоидом и возможностью программирования режима полива.

Черенкование проводилось в летний период. Зеленые черенки заготовили и посадили в период с 23 мая по 16 июня 2023 года. В опыте использовали субстрат, состоящий из смеси речного, крупнозернистого песка и низинного торфа (2:1). Применялся стимулятор корнеобразования «Корневин» (4-(индол -3-ил) масляной кислоты 5 г/кг) и стимулятор «Максифол Рутфарм» (содержащий экстракт водорослей *Ascophyllum nodosum*, аминокислоты, макро- и микроэлементы, калиевую соль индолилуксусной кислоты), путем замачивания в растворе стимуляторов нижнего среза

черенков на 12 часов. При планировании и постановке опытов следовали общеметодологическим рекомендациям Б.А. Доспехова [4]. Для приготовления раствора стимуляторов следовали инструкции по их применению.

Зеленые черенки заготавливали преимущественно с молодых растений (до 5 лет), не имеющих визуальных поражений побегов и хвои болезнями и вредителями, в фазу активного линейного роста [3]. На зеленые черенки использовали весь текущий прирост, сформировавшийся на момент заготовки, путем отрыва молодого побега от одревесневшей части, с небольшим одревесневшим кончиком (с «пяточкой»). Зеленые черенки сразу после нарезки замачивали в растворе стимуляторов, либо без него – в воде, на 12 часов, затем высаживали по схеме посадки 2,5 x 2,5 см. Общий вид высаженных черенков в культивационном сооружении показан на рис. 1 и 2.



Рисунок 1. Зеленые черенки в культивационном сооружении



Рисунок 2. Зеленые черенки в культивационном сооружении

### Результаты и обсуждение

Выкопка черенков проводилась с 12 по 19 сентября 2023 года. В табл. 1 приведены результаты укоренения зеленых черенков.

Таблица 1 – Результаты укоренения зеленых черенков

Сорт	Стимулятор	Количество посаженных черенков, шт	Количество укорененных черенков, шт	Укоренение, %	Общее укоренение, %
Можжевельник чешуйчатый 'Blue Carpet'	контроль	150	66	44	39,1
	«Корневин»	150	70	46,7	
	«Максифол Рутфарм»	150	40	26,7	

Сорт	Стимулятор	Количество посаженных черенков, шт	Количество укорененных черенков, шт	Укоренение, %	Общее укоренение, %
Можжевельник средний 'Pfitzeriana Aurea'	контроль	150	61	40,7	43,1
	«Корневин»	150	71	47,3	
	«Максифол Рутфарм»	150	62	41,3	
Можжевельник горизонтальный 'Prince of Wales'	контроль	150	69	46	41,3
	«Корневин»	150	73	48,7	
	«Максифол Рутфарм»	150	44	29,3	

По данным подсчета укорененных черенков, можно сказать, что все опытные варианты имеют общий результат укоренения ниже среднего, что говорит о том, что данные сорта - трудноукореняемые. Наилучшие результаты были достигнуты при применении стимулятора «Корневин» для всех опытных сортов, показатели которых превысили контрольные на 6,1 % в варианте с можжевельником чешуйчатым 'Blue Carpet', на 16,2 % для можжевельника среднего 'Pfitzeriana Aurea' и на 5,9 % для можжевельника горизонтального 'Prince of Wales'. Применение стимулятора укоренения и роста корневой системы «Максифол Рутфарм» показало результаты ниже контрольных для можжевельника чешуйчатого 'Blue Carpet' и можжевельника горизонтального 'Prince of Wales', но в случае с можжевельником средним 'Pfitzeriana Aurea' результат оказался немного выше контрольного – на 1,5 %.

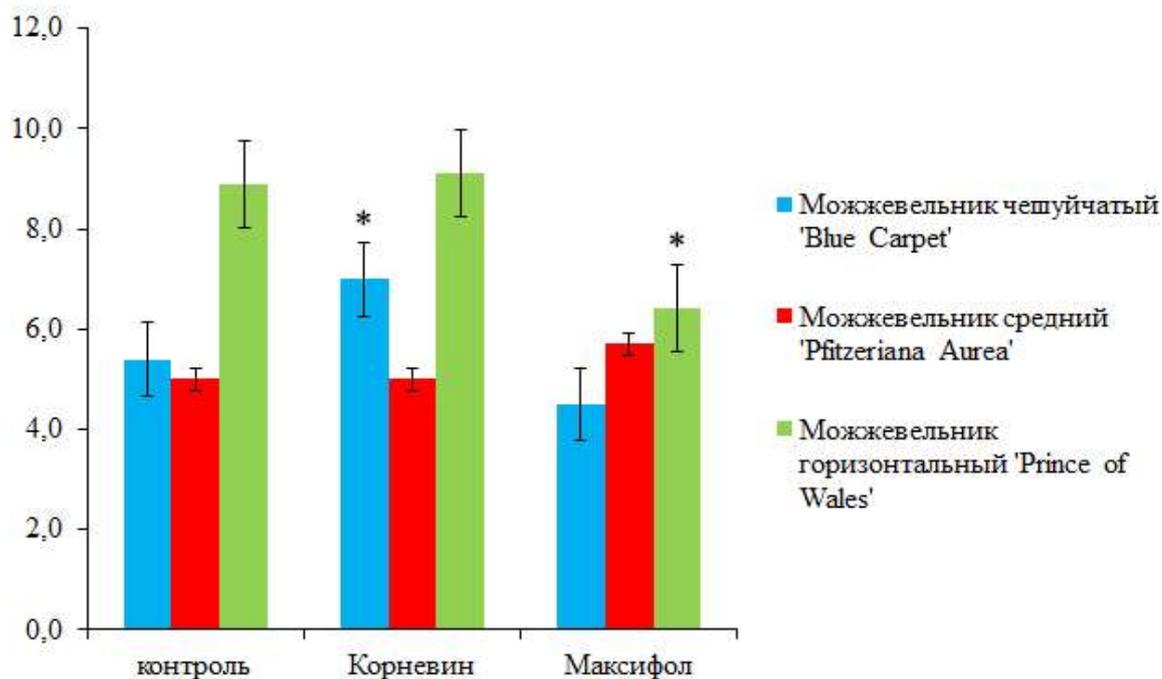


Рисунок 3. Диаграмма длины корней опытных вариантов. Знаком \* выделены достоверно различающиеся с контролем варианты

После выкопки было отобрано по 30 случайных черенков, укорененных с различными стимуляторами, измерены основные биометрические показатели - количество и длина корней.

Для обработки данных вегетативного размножения были использованы методы статистической обработки в программе STADIA, показавшие достоверные отличия в выходе посадочного материала, с применением различных стимуляторов для некоторых сортов. Диаграммы биометрических параметров опытных вариантов с указанием достоверных отличий приведены на рис. 3 и 4.

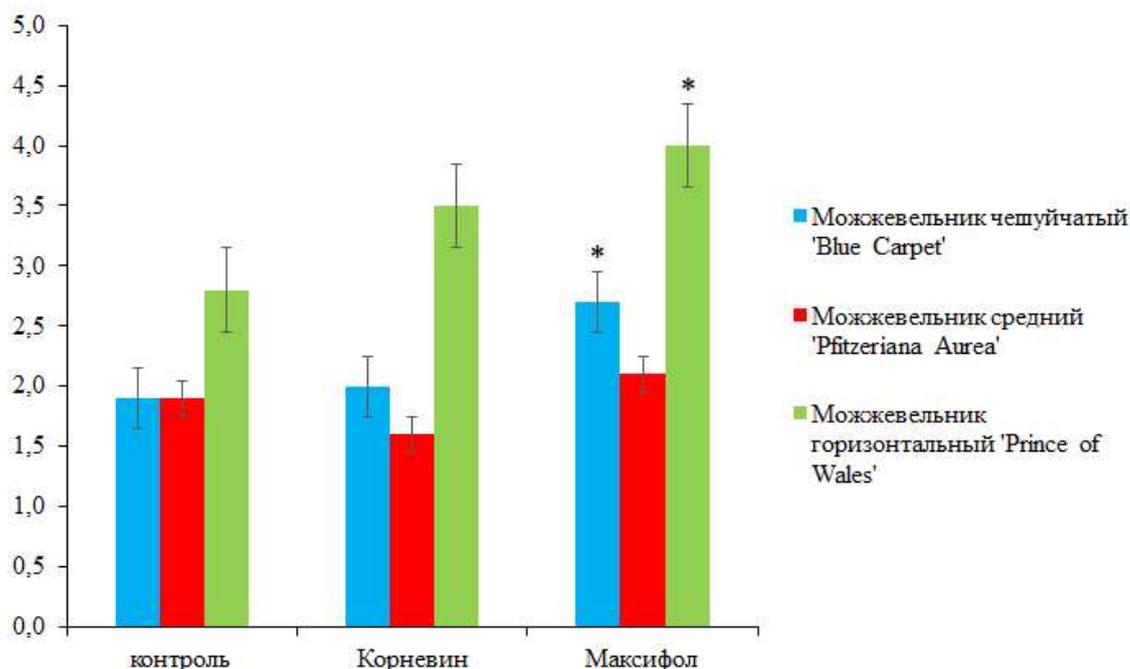


Рисунок 4. Диаграмма количества корней опытных вариантов. Знаком \* выделены достоверно различающиеся с контролем варианты

Дисперсионный анализ показал достоверные отличия по длине корней между контрольным вариантом и вариантом с применением стимулятора «Корневин» для можжевельника чешуйчатого 'BlueCarpet', имеющим положительное воздействие, а также между контрольным вариантом и вариантом с применением стимулятора «Максифол Рутфарм» для можжевельника горизонтального 'PrinceofWales'. В данном случае применение стимулятора подавляет рост корней в длину.

При подсчете количества корней, лучшие результаты, достоверно отличающиеся от контроля, наблюдались при применении стимулятора «Максифол Рутфарм» у можжевельника чешуйчатого 'Blue Carpet' и у горизонтального 'Prince of Wales', что говорит о том, что данный стимулятор способствует формированию более разветвленной корневой системы.

#### **Заключение**

После проведенного анализа были сделаны выводы:

1. Для всех опытных вариантов наилучшее укоренение наблюдалось при применении стимулятора «Корневин».
2. Применение стимулятора «Максифол Рутфарм» не показало высоких результатов при укоренении опытных сортов, однако в варианте с можжевельником средним 'Pfitzeriana Aurea', результаты оказались выше, чем в контрольном варианте.
3. По биометрическим параметрам укорененных черенков – длине корней, достоверно отличие в варианте с применением стимулятора «Корневин» для

можжевельника чешуйчатого 'Blue Carpet' и для можжевельника горизонтального 'Prince of Wales' с применением стимулятора «Максифол Рутфарм». В первом случае стимулятор способствует росту корней в длину, а во втором подавляет.

4. При применении стимулятора «Максифол Рутфарм» у можжевельника чешуйчатого 'Blue Carpet' и у горизонтального 'Prince of Wales' наблюдалось развитие большего количества корней, что имеет достоверные от контрольного варианта отличия.

5. Все опытные варианты показали общее укоренение ниже среднего, что говорит об их трудноукореняемости и о необходимости продолжать исследования в подборе технологий размножения.

### Список литературы

4. Аладина О.Н. Оптимизация технологии зеленого черенкования садовых растений // Известия ТСХА, 2013. вып. 4. – С. 5-22.
5. Митяков А.С., Шакина Т.Н. Опыт размножения декоративных кустарников в ботаническом саду СГУ // Бюл. Бот. сада Сарат. гос. ун-та. 2016. Т. 14, вып. 2. С. 44–48.
6. Панюшкина Н.В., Карасева М. А. Стимуляция корнеобразования перспективных интродуцентов // Актуальные проблемы лесного комплекса : сборник научных трудов по итогам междунар. науч.-техн. конференции ; под ред. Е.А. Памфилова. Вып. 17. – Брянск, 2007. – 262 с.
7. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта / Б.А. Доспехов. – М.: Колос, 1973. – 336 с.
8. Поликарпова Ф.Я. Размножение плодовых и ягодных культур зелеными черенками. – М.: ВО Агропромиздат, 1993. – 91 с.
9. Тарасенко М.Т. Размножение растений зелеными черенками. – М., 1967. – 352 с.
10. Цепляев А.Н. Влияние стимуляторов корнеобразования на укоренение зеленых черенков декоративных пород в условиях Центрально-Черноземной полосы // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. 2007. № 7 (33). – С. 18-22.

### References

1. Aladina O.N. Optimisation of green cuttings technology of garden plants. Izvestiya TSKhA. 2013, issue 4. P. 5-22.
2. Mityakov A.S., Shakina T.N. Experience of propagation of ornamental shrubs in the botanical garden of Saratov State University. Bot. garden Sarat. gos. unct. 2016. Vol. 14, No. 2. P. 44-48.
3. Panyushkina N.V., Karaseva M.A. Stimulation of root formation of promising introducers // Actual problems of forest complex: collection of scientific papers on the results of the international scientific and technical conference. Issue 17 / Edited by E.A. Pamfilov. Bryansk, 2007. 262 p.
4. Dospekhov B.A. Methods of field experience / B.A. Dospekhov. Moscow: Kolos, 1973. 336 p.
5. Polikarpova F.Ya. Propagation of fruit and berry crops by green cuttings. M.: VO Agropromizdat, 1993. 91 p.
6. Tarasenko M.T. Propagation of plants by green cuttings. M., 1967. 352 p.
7. Tseplyaev A.N. Influence of root formation stimulants on rooting of green cuttings of ornamental species in conditions of the Central Black Earth strip. Bulletin of Altai State Agrarian University, 2007, № 7 (33). P. 18-22.

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ СОСТОЯНИЯ ЭКЗЕМПЛЯРОВ ЛИПЫ ЕВРОПЕЙСКОЙ  
PALLIDA, ПРОИЗРАСТАЮЩИХ НА РАЗНЫХ ТЕРРИТОРИЯХ ЦЕНТРАЛЬНОЙ  
ЛЕСОСТЕПИ (НА ПРИМЕРЕ ПГТ РАМОНЬ ВОРОНЕЖСКОЙ ОБЛАСТИ  
И Г. СТАРЫЙ ОСКОЛ БЕЛГОРОДСКОЙ ОБЛАСТИ)

**Рязанцева Ольга Сергеевна**

*аспирант кафедры ботаники и физиологии растений ФГБОУ ВО «Воронежский  
государственный лесотехнический университет имени Г.Ф. Морозова», г. Воронеж, РФ*

*E-mail: dnb-87@mail.ru*

**Цепляев Алексей Николаевич**

*д. с.-х. н., профессор кафедры ботаники и физиологии растений ФГБОУ ВО  
«Воронежский государственный лесотехнический университет имени Г.Ф. Морозова»,  
г. Воронеж, РФ*

*E-mail: vsealexey@mail.ru*

COMPARATIVE ANALYSIS OF THE CONDITION OF EUROPEAN PALLIDA LINDEN  
SPECIMENS GROWING IN DIFFERENT TERRITORIES OF THE CENTRAL  
FOREST-STEPPE (USING THE EXAMPLE OF RAMON VILLAGE, VORONEZH REGION  
AND STARY OSKOL, BELGOROD REGION)

**Olga Ryazantseva**

*Postgraduate student of the Department of Botany and Plant Physiology, Voronezh State  
University of Forestry and Technologies named after G.F. Morozov, Voronezh, Russia*

*E-mail: dnb-87@mail.ru*

**Alexey Tseplyaev**

*Doctor of Agricultural Sciences, Professor of the Department of Botany and Plant  
Physiology, Voronezh State University of Forestry and Technologies named after G.F. Morozov,  
Voronezh, Russia*

*E-mail: vsealexey@mail.ru*

**Аннотация.** Цель работы заключалась в оценке итогов интродукции липы европейской (*Tilia x eugoraea*) 'Pallida', высаженных в пгт Рамонь Воронежской области и г. Старый Оскол Белгородской области, которые ранее были выращены в питомниках Бельгии и Германии и во взрослом состоянии (8-12 лет) пересажены в условия более жесткого климата указанных областей. Насаждения оценивались визуально в процессе маршрутных обследований по состоянию кроны и поврежденности листьев. Наблюдения проводились в сентябре 2023 года и сентябре 2024 года. По итогам обследования и расчета индекса состояния насаждения, разработанной В.А. Алексеевым, установлено, что насаждения, расположенные в пгт Рамонь Воронежской области, отнесены к категории «Здоровых», насаждения, расположенные в г. Старый Оскол Белгородской области, отнесены к категории «Здоровых с признаками ослабления». По итогам оценки успешности интродукции в соответствии с методикой Лапина П.И. Липа европейская (*Tilia x eugoraea*) 'Pallida' отнесена к группе «Вполне перспективных» интродуцентов. На этапе анализа морфометрических показателей семян экземпляры, высаженные в пгт Рамонь Воронежской области, показывают лучшие показатели, близкие к значению аналогичного вида в зоне естественного произрастания. При этом показатели

экземпляров, произрастающих в г. Старый Оскол Белгородской области, значительно ниже.

**Abstract.** The purpose of this work is the introduction results assessment of the European linden (*Tilia x europaea*) 'Pallida' planted in the Ramon village of the Voronezh region and Stary Oskol, Belgorod region, which were previously grown in nurseries in Belgium and Germany and in adulthood (8-12years old) transplanted to the conditions of a more severe climate in these areas. The plantings were assessed visually during route surveys based on the condition of the crown and leaf damage. The observations were carried out in September 2023 and September 2024. According to the results of the survey and the condition index calculation, developed by V.A. Alekseev, it was found that the plantations located in the village of Ramon, Voronezh region, are classified as "Healthy", the plantations located in Stary Oskol, Belgorod region, are classified as "Healthy with signs of weakening". According to the assessment of the introduction success in accordance with the Lapin P.I. methodology, the European linden (*Tilia x europaea*) 'Pallida' is classified as a group of quite promising introducers. At the stage of analyzing the morphometric indicators of seeds, specimens planted in the Ramon village of the Voronezh region show the best indicators close to the value of a similar species in the zone of natural growth. At the same time, the indicators of specimens growing in Stary Oskol, Belgorod region, are significantly lower.

**Ключевые слова:** интродукция, жизненное состояние насаждений, интегральная оценка морфометрические показатели.

**Keywords:** introduction; vital condition of plantings, integral assessment, morphometric indicators.

Зеленые насаждения являются неотъемлемой частью при формировании комфортной и устойчивой городской среды. В настоящее время актуальным вопросом является улучшение и повышение биологического разнообразия, восстановление городских экосистем, что в свою очередь возможно за счет расширенного внедрения в состав городских насаждений интродуцированных видов, которые обладают высоким адаптационным потенциалом. Главной задачей современной интродукции является обогащение растительных ресурсов региона за счет ресурсов мировой флоры [2].

Объективная оценка перспективности интродуцентов возможна лишь на основе всесторонних исследований их роста и развития в новых условиях местопроизрастания. Основная доля зеленых насаждений городов на данный момент включает возрастные категории – более 30 лет, что свидетельствует о «старении» зеленого фонда городов и требует компенсационной замены. В этой связи посадка крупномерных растений может быть хорошим вариантом такой замены.

Усиливающееся антропогенное воздействие, ухудшение экологической ситуации, оказывает негативное влияние на состояние зеленых насаждений городов, в следствии чего насаждения все больше заселяются вредителями и болезнями, в связи с чем важно провести отбор интродуцентов устойчивых к ухудшающимся условиям городской среды.

Цель работы заключалась в оценке итогов интродукции липы европейской (*Tilia x europaea*) 'Pallida', высаженных в пгт Рамонь Воронежской области и г. Старый Оскол Белгородской области, которые ранее были выращены в питомниках Германии и во взрослом состоянии (8-12 лет) пересажены в условия более жесткого климата указанных областей.

Современные крупные города представляют собой уплотненные урбанизированные образования, окруженные средними и малыми городами, которые в свою очередь испытывают существенное экологическое и социальное влияние мегаполисов. Исследуемые нами объекты расположены на территории 2 малых городов Воронежской и Белгородской области, которые в свою очередь относятся к Центральной лесостепи.

Рамонь - крупный поселок городского типа в Воронежской области, расположенный на берегах реки Воронеж, в 37 километрах к северу от областного центра – города

Воронеж. Старый Оскол – город областного подчинения в Белгородской области, расположенный в северо-восточной части региона, в 153 км от областного центра – города Белгород.

Климат Старого Оскола (Белгородская область) — умеренно-континентальный, со снежной, но относительно тёплой зимой и умеренно жарким летом. Средняя температура самого холодного месяца, января, составляет  $-8,3$  °С. Для зимнего периода характерна неустойчивая погода с частыми оттепелями, во время которых температура может подниматься до плюсовых значений. Средняя температура июля, самого тёплого месяца, составляет  $+19,9$  °С. В отдельные дни столбик термометра может подниматься выше  $+30$  °С. Средняя относительная влажность воздуха в Старом Осколе за год составляет около 75%. Это объясняется обилием речных долин, лесных массивов и низменных участков вокруг города. Экологическая обстановка в Старом Осколе, несмотря на наличие около тридцати промышленных предприятий, считается относительно благоприятной.

Климат в Рамони (Воронежская область) — умеренно-континентальный, лето комфортное и местами облачное, а зимой долгие, морозные, снежные, ветреные и пасмурные. В течение года средняя температура обычно колеблется от  $-6.6$  °С в январе до  $+21.9$  °С в июле и редко бывает ниже  $-23$  °С или выше  $+32$  °С. Экологическая обстановка в Рамони в целом благоприятная [6].

В целом можно отметить, что климат на исследуемых территориях схожий. Климат Гамбурга в районе которого находятся питомники из которых были доставлены крупномерные растения – океанический, на погоду во многом влияет близость Северного моря. Воздушные массы, приходящие с морского побережья, приносят с туманы и частые дожди в течение всего года. Среднегодовое количество осадков в Гамбурге составляет 738 мм. Зимы в Гамбурге мягкие. Самый холодный месяц — февраль с температурой  $0$  °С. Снег, если и выпадает, лежит недолго. Лето умеренно теплое. Самым теплым месяцем в году считается июль с дневной температурой воздуха около  $+23$  °С. Дожди идут часто.

Объектами исследования выступила Липа европейская (*Tilia x europaea*) ‘Pallida’:

- 30 экземпляров, высаженных в пгт Рамонь Воронежской области,
- 28 экземпляров, высаженных в г. Старый Оскол Белгородской области.

Липа европейская (лат. *Tilia x europaea*) ‘Pallida’ – сорт липы европейской, выведенный в Нидерландах, относится к семейству Липовые (лат. *Tiliaceae*). В высоту вырастает до 25 м., в некоторых источниках указана высота до 30-40 м. Ширина кроны – до 8-16 м., все зависит от конфигурации, которая будет задана при ее формировании. Цветет в начале июня, цветки очень душистые, отличные медоносы, привлекают массу пчел. Желтовато-зеленого цвета, собраны в зонтики. Плоды орешки с небольшой ребристостью. Листья темно-зеленая, сердечком, мелкозубчатая по краям, блестящая и глянцевая сверху, снизу зеленовато-желтая. К осени желтеет, на зиму опадает. Устойчива к условиям центральной и средней полосы РФ, отличаются высокой зимостойкостью и обладают декоративными качествами. Хорошо подходят для городских условий [5].

Насаждения оценивались визуально в процессе маршрутных обследований по состоянию кроны и поврежденности листьев. Наблюдения проводились в сентябре 2023 года и сентябре 2024 года.

При оценке результатов итогов интродукции необходимо определить степень приспособленности растений к новым природно-климатическим условиям, а также выявить, насколько они сохраняют полезные для хозяйственного использования свойства.

Первым этапом анализа была оценка жизненного состояния деревьев, которая проводилась по внешним признакам по 5-балльной шкале, разработанной В.А. Алексеевым, в соответствии с которой состояние здоровых деревьев приравнивается к 100 %, мертвых – 0. Для деревьев промежуточной градации определяются коэффициенты, соответствующие их жизненному состоянию [1].

По итогам обследования и расчета индекса состояния насаждения, получены следующие результаты:

- насаждения, расположенные в пгт Рамонь Воронежской области, отнесены к категории «Здоровых»,
- насаждения, расположенные в г. Старый Оскол Белгородской области, отнесены к категории «Здоровых с признаками ослабления».

На следующем этапе анализа нами проведена оценка успешности интродукции в соответствии с методикой Лапина П.И. [4], по итогам которого Липа европейская (*Tilia x euoraea*) 'Pallida' отнесена к группе вполне перспективных интродуцентов.

Процесс акклиматизации интродуцента принято считать завершенным, если растение вступило в репродуктивную фазу с формированием жизнеспособных семян.

Морфометрические показатели плодов и семян интродуцированных видов в некоторой мере выражают оценку успешности первичной интродукции, степень акклиматизации растений. От их размеров зависит величина объема питательных веществ, обеспечивающих успешный рост и развитие всходов, способных эффективно конкурировать за элементы питания, влагу, свет.

Одним из показателей акклиматизации и натурализации породы в новом регионе является качество продуцируемых ею семян. Масса 1000 семян признается важнейшей характеристикой их качества, так как более крупные семена содержат больше питательных веществ, чем мелкие. С увеличением размера семян повышается их всхожесть и энергия прорастания.

По мнению Заборовского (1938), сеянцы, выращенные из крупных семян, обладают наибольшими размерами. Наиболее крупные семена в большинстве случаев дают наибольший процент всхожести.

Известно, что биометрические показатели и масса семян находятся в прямой зависимости. То есть, чем крупнее семена, тем они тяжелее. Масса плодов и семян признается биологами одним из важнейших интегральных тестовых показателей их морфологической характеристики и качества. Определение этого показателя регламентируется ГОСТом 13056.4-67 «Семена деревьев и кустарников. Методы определения массы 1000 семян» [3].

Рабочей гипотезой успешного решения рассматриваемого вопроса может служить следующий постулат: "Чем ближе масса 1000 плодов и семян растений интродуцентов к средней величине массы 1000 плодов и семян в основных районах их естественного произрастания, тем успешнее растения натурализованы в новом районе произрастания".

Формирование качественного урожая семян в городской среде способствует осуществлению ступенчатой интродукции древесных растений в естественные условия района их введения [2].

Нами был проведен анализ массы 1000 семян интродуцентов, дающих плоды, в условиях Воронежской области. Результаты анализа представлены в табл. 1.

Таблица 1 – Морфометрические показатели семян липы европейской (*Tilia x euoraea*) 'Pallida'

Масса 1000 шт. семян, г	Размер семян, мм	Аналог анализируемого сорта	Источник данных	Расположение объектов исследования
35	Длина 6-7 мм Ширина 5-6 мм	-	Наши данные	г. Старый Оскол Белгородской области
58	Длина 8-9 мм Ширина 6-7 мм	-	Наши данные	пгт Рамонь Воронежской области
70-100	Длина 7-10 мм Ширина 6-9 мм	Липа европейская ( <i>Tilia x euoraea</i> )	[1]	Территория Центральной России

По итогам анализа следует отметить, что морфометрические показатели экземпляров Липы европейской (*Tilia x europaea*) 'Pallida', высаженных в пгт Рамонь Воронежской области, близки к значениям представителей данного вида в зоне естественного произрастания. При этом показатели экземпляров, произрастающих в г. Старый Оскол Белгородской области, значительно ниже. Так, масса семян на 40 % ниже чем у экземпляров с территории пгт Рамонь Воронежской области. По нашему мнению, данная ситуация связана с высокой ветровой нагрузкой и значительной инсоляцией территории произрастания экземпляров в г. Старый Оскол.

Учитывая вышеизложенное, можно сделать вывод о высоком уровне адаптации крупномерных саженцев липы европейской (*Tilia x europaea*) 'Pallida' к условиям Центральной лесостепи. При этом следует отметить, что при создании посадок из данного сорта с целью повышения их устойчивости и декоративности необходимо тщательно выбирать место посадки, избегая высокой ветровой нагрузки и инсоляции, либо создавая предварительно ветрозащитные насаждения.

### Список литературы

1. Алексеев В.А. Диагностика жизненного состояния деревьев и древостоев // Лесоведение. 1989. № 04. С. 51-57.
2. Андропова М.М. Ступенчатая интродукция древесных растений на севере русской равнины: дис. ...д-ра с.-х. наук: 06.03.01 / Андропова М.М. – Архангельск, 2019. – 430 с.
3. ГОСТ 13056.4-67. Семена деревьев и кустарников. Методы определения массы 1000 семян. – URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200025565>.
4. Лапин П. И. Оценка перспективности интродукции древесных растений по данным визуальных наблюдений // Опыт интродукции древесных растений / П. И. Лапин, С. В. Сиднева. – М, 1973. – С. 7-68.
5. Липа европейская «Паллида» // Питомник Савватеевых: [сайт]. – URL: <https://www.drevo-spas.ru/lipa-evropejskaya/lipa-evropejskaja-pallida.html> (дата обращения: 24.10.2024).
6. Сравнение обычной погоды в Старый Оскол и Рамонь. – URL: <https://ru.weatherspark.com/compare/y/100395~101438/Сравнение-обычной-погоды-в-Старый-Оскол-и-Рамонь#Figures-GrowingSeason> (дата обращения: 24.10.2024).

### References

1. Alekseev V.A. Diagnostics of life state of trees and stands // Forest Science. 1989. № 04. P. 51-57.
2. Andronova M.M. Step-by-step introduction of woody plants in the North of the Russian Plain: diss. ... Cand. of agricultural sciences: 06.03.01 / Andronova M.M. - Arkhangelsk, 2019. - 430 p.
3. GOST 13056.4-67. Seeds of trees and shrubs. Methods for determining the mass of 1000 seeds. - URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200025565>.
4. Lapin P.I. Estimation of perspectivity of introduction of woody plants according to the data of visual observations // Experience of introduction of woody plants / P.I. Lapin, S.V. Sidneva. - M, 1973. - P. 7-68.
5. European linden 'Pallida' // Savvateev's Nursery: [site]. URL: <https://www.drevo-spas.ru/lipa-evropejskaya/lipa-evropejskaja-pallida.html> (date of reference: 24.10.2024).
7. Comparison of usual weather in Stary Oskol and Ramon. URL: <https://ru.weatherspark.com/compare/y/100395~101438/comparison-of-usual-weather-in-Stary-Oskol-and-Ramon#Figures-GrowingSeason> (date of reference: 24.10.2024).

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИЙ «КОНТЕЙНЕР В КОНТЕЙНЕРЕ»  
ПРИ ВЫРАЩИВАНИИ ПОСАДОЧНОГО МАТЕРИАЛА СОСНЫ ОБЫКНОВЕННОЙ  
С ЗКС

**Шовкун Виктория Александровна**

*аспирант 1 года обучения, кафедра ботаники и дендрологии ФГБОУ ВО «Воронежский государственный лесотехнический университет имени Г.Ф. Морозова», г. Воронеж, РФ*

*E-mail: shovkun12657@gmail.com*

**Цепляев Алексей Николаевич**

*доктор сельскохозяйственных наук, профессор кафедры ботаники и дендрологии ФГБОУ ВО «Воронежский государственный лесотехнический университет имени Г.Ф. Морозова», г. Воронеж, РФ*

*E-mail: vsealexey@mail.ru*

**Кондауров Владислав Олегович**

*аспирант 2 года обучения, кафедра древесиноведения ФГБОУ ВО «Воронежский государственный лесотехнический университет имени Г.Ф. Морозова», г. Воронеж, РФ*

*E-mail: kondaurov.vlad@mail.ru*

USE OF POT-IN-POT TECHNOLOGY IN GROWING SCOTS PINE  
PLANTING MATERIAL WITH CLOSED ROOTS

**Shovkun Viktoria Aleksandrovna**

*Postgraduate student, 1st year of study, Department of Botany and Dendrology, Voronezh State University of Forestry and Technologies named after G.F. Morozov, Voronezh, Russia*

*E-mail: shovkun12657@gmail.com*

**Tseplyaev Aleksey Nikolaevich**

*Doctor of Agricultural Sciences, Professor of the Department of Botany and Dendrology, Voronezh State University of Forestry and Technologies named after G.F. Morozov, Voronezh, Russia*

*E-mail: vsealexey@mail.ru*

**Kondaurov Vladislav Olegovich**

*Postgraduate student, 2nd year of study, Department of Wood Science, Voronezh State University of Forestry and Technologies named after G.F. Morozov, Voronezh, Russia*

*E-mail: kondaurov.vlad@mail.ru*

**Аннотация.** Технология «Контейнер в контейнере» (Pot-in-pot) позволяет создать оптимальные условия для развития корневой системы, защищая её от внешних климатических колебаний, обеспечивает стабильное удержание влаги в почве, способствует лучшему доступу корневой системы к питательным веществам. Все это обеспечивает более высокий уровень укоренения и здоровья растений, что особенно важно для сосны обыкновенной, учитывая её чувствительность к пересадке.

В статье представлены результаты исследований, подтверждающие преимущества использования данной технологии, включая снижение стресса при пересадке, улучшение роста и развития растений, а также уменьшение потерь при культивации. В заключение, технология «Контейнер в контейнере» с закрытой корневой системой представляет собой эффективное решение для повышения качества посадочного

материала сосны обыкновенной и устойчивости растений к неблагоприятным условиям. Дальнейшие исследования и практическое применение данного метода могут значительно способствовать улучшению лесного хозяйства и ландшафтного озеленения.

**Abstract.** The pot-in-pot method allows for the creation of optimal conditions for the development of the root system, protecting it from external climatic fluctuations, ensuring stable moisture retention and promoting better access to nutrients. All this ensures a higher level of rooting and plant health, which is especially important for Scots pine, given its sensitivity to transplantation.

The article presents research results confirming the benefits of using this technology, including reduced transplant stress, improved plant growth and development, and reduced cultivation losses. Pest and disease management aspects are also discussed, making this technology particularly attractive to foresters and horticulturists.

In conclusion, the container-in-container technology with a closed root system is an effective solution for improving the quality of Scots pine planting material and the resistance of plants to adverse conditions. Further research and practical application of this method can significantly contribute to the improvement of forestry and landscape gardening.

**Ключевые слова:** технология контейнерного выращивания, pot-in-pot, ЗКС, сосна обыкновенная, airpot, питомник, климатические условия.

**Keywords:** container growing technology, pot-in-pot, closed root system, Scots pine, air pot, nursery, climatic conditions.

Традиционно посадочный материал в питомниках выращивается в школьных отделениях. В последние десятилетия все большую актуальность приобретает контейнерный метод производства сеянцев и саженцев, который имеет массу преимуществ, и отдельные недостатки. К недостаткам производства контейнеризированной продукции можно отнести негативное действие перегрева субстрата в корневой зоне посадочного материала. С целью преодоления отрицательного влияния высоких и низких температур на корневую ком в контейнерах, в США была разработана технология Pot-in-pot. Данный способ производства растений с ЗКС представляет собой гибрид между грунтовым и контейнерным методом, когда один контейнер помещается в другой, что позволяет защитить корни растений от экстремальных температур и обеспечить возможность реализации продукции в любое время года. Такой подход экономит влагу и питательные вещества, а также предотвращает пересыхание или перегрев корней, что способствует более здоровому росту растений.

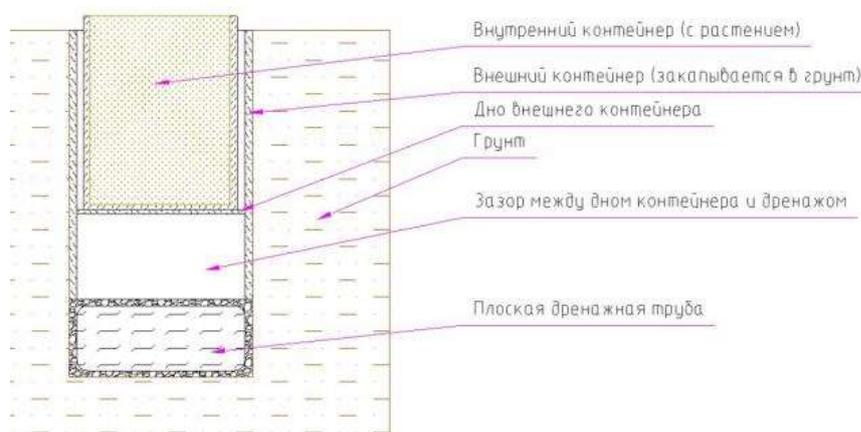


Рисунок 1. Выращивание растений по системе Pot-in-pot

Метод Pot-in-pot актуален сейчас по многим причинам, к которым можно отнести: высокая сохранность корневой системы при пересадке, расширение сроков посадки,

уменьшение производственных площадей при росте выхода готовой продукции, экономия затрат на выкопку и транспортировку, предотвращение выноса почвы.

В последнее время наблюдается смена производственной парадигмы в сторону интенсификации и внедрения инноваций [1]. Испытания технологии «Контейнер в контейнере» проводились в ООО «Объединенные питомники». В качестве объекта исследования была выбрана сосна обыкновенная.

Преимущества метода rot-in-pot для сосны обыкновенной:

1. Защита от температурных колебаний. Метод rot-in-pot помогает защитить корни сосны от резких изменений температуры, что особенно важно для хвойных пород, которые могут страдать от зимних морозов и летнего зноя.

2. Сохранение влаги в корневой зоне. В условиях засушливого климата или во время засухи, положительный водный баланс, в контейнерном субстрате, защищенном от резкой потери влаги, помогает сосне лучше адаптироваться к неблагоприятным условиям.

3. Минимизация стресса при пересадке: Метод rot-in-pot значительно упрощает пересадку растений, так как позволяет переносить их с минимальным стрессом для корней. Это важно для сосен, так как они могут чувствительно реагировать на повреждения корней [2].

4. Сохранение корневой системы: Сосны имеют глубокую корневую систему, и метод rot-in-pot позволяет минимизировать повреждения корней, что способствует более быстрому укоренению и росту.

5. Устойчивость к вредителям: Выращивание в контейнерах может помочь в борьбе с некоторыми вредителями, так как корни сосны защищены от почвенных насекомых и болезней [3].

6. Контроль обеспеченности питательными веществами: При использовании контейнеров легче контролировать уровень питательных веществ и влажность почвы, что способствует более здоровому росту сосны [4].

Каждое из этих преимуществ может существенно повысить эффективность выращивания сосны обыкновенной, положительно влияя на рост и устойчивость к различным стрессовым факторам [5].



Рисунок 2. Экспериментальный полигон

В ходе исследования на экспериментальном полигоне (рис. 2) сравнивались 4 технологии:

- 1) «Контейнер в контейнере»
- 2) Air-pot
- 3) Наземный «Контейнер в контейнере»
- 4) Контроль

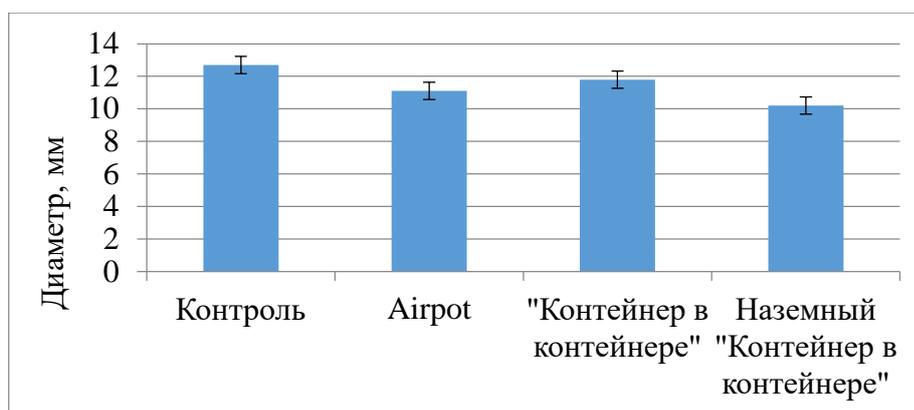


Рисунок 3. Диаметр саженцев сосны обыкновенной в зависимости от технологии выращивания

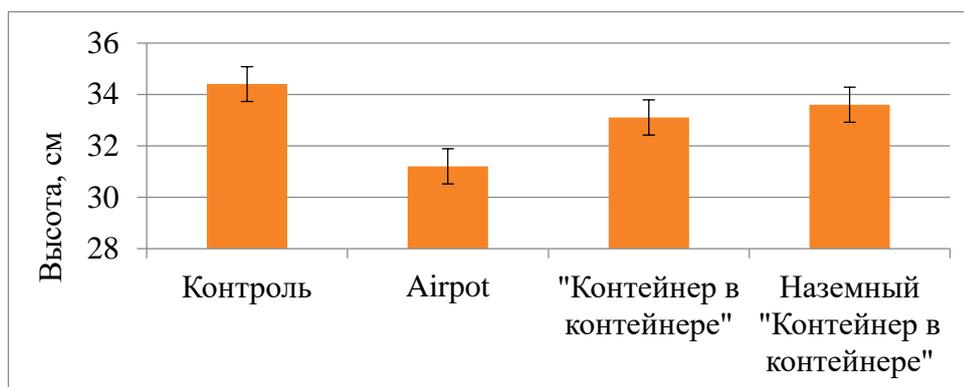


Рисунок 4. Высота саженцев сосны обыкновенной в зависимости от технологии выращивания



Рисунок 5. Измерение длины саженцев

По результатам исследования были сделаны следующие выводы:

1. На данном этапе эксперимента все варианты не превышают контрольные значения высоты и диаметра;
2. Наименьшие показатели высоты и диаметра были отмечены у варианта Air-pot.
3. Средние значения биометрических параметров в варианте «Контейнер в контейнере» наиболее близки к контролю.
4. Следует провести еще один тур эксперимента в аналогичных условиях.

## Список литературы

1. Petrov A.P. Model of economic organization of the Russian forestry / Petrov A.P., Morkovina S.S. // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science International Jubilee Scientific and Practical Conference "Innovative Directions of Development of the Forestry Complex (FORESTRY-2018)". 2019. С. 012041.
2. Морковина С.С. Инновационные технологии в лесокультурном деле: реальность и перспективы / Морковина С.С., Драпалюк М.В., Баранова Е.В. // Лесотехнический журнал. 2015. Т. 5. № 3 (19). С. 327-338.
3. Riley L.E., Dumroese R.K., Landis T.D. Tech coords. National proceedings: Forest and Conservation Nursery Associations-2003; 2003 June 9-12; Coeur d'Alene, ID; and 2003 July 14-17; Springfield, IL. Proc. RMRS-P-33. Fort Collins, CO: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Rocky Mountain Research Station.
4. Robin G Brumfield, Guihong Bi, Diana Cochran, Alyssa Devincentis 2014. Economics of Utilizing Biodegradable Containers in Ornamental Crop Production Systems. Conference: 2014 ASHS Annual Conference.
5. Евлаков П.М. Инвестиционная привлекательность лесных селекционно-семеноводческих центров: практико-ориентированный подход / Евлаков П.М., Сухова В.Е. // Лесотехнический журнал. 2016. Т. 6. № 1 (21). С. 220-230.
6. Цепляев, А. Н. Технология pot-in-pot. Теория и практика в производственном питомнике / А. Н. Цепляев // Технологии и оборудование садово-паркового и ландшафтного строительства: сб. ст. Всерос. науч.-практ. конференции. – 2019. – С. 331–333.

## References

1. Petrov A.P. Model of economic organization of the Russian forestry / Petrov A.P., Morkovina S.S. // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science International Jubilee Scientific and Practical Conference "Innovative Directions of Development of the Forestry Complex (FORESTRY-2018)". 2019. P. 012041.
2. Morkovina S.S. Innovative technologies in silviculture: reality and prospects / Morkovina S.S., Drapalyuk M.V., Baranova E.V. // Lesotekhnicheskii zhurnal. 2015. Vol. 5. № 3 (19). P. 327-338.
3. Riley L.E.; Dumroese R.K.; Landis T.D. Tech coords. National proceedings: Forest and Conservation Nursery Associations-2003; 2003 June 9-12; Coeur d'Alene, ID; and 2003 July 14-17; Springfield, IL. Proc. RMRS-P-33. Fort Collins, CO: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Rocky Mountain Research Station.
4. Robin G Brumfield, Guihong Bi, Diana Cochran, Alyssa Devincentis 2014. Economics of Utilizing Biodegradable Containers in Ornamental Crop Production Systems. Conference: 2014 ASHS Annual Conference.
5. Evlakov P.M. Investment attractiveness of forest breeding and seed production centres: a practice-oriented approach / Evlakov P.M., Sukhova V.E. // Lesotekhnicheskii zhurnal. 2016. Vol. 6. № 1 (21). P. 220-230.
6. Tseplyaev A.N. Pot-in-pot technology. Theory and practice in the production nursery / A.N. Tseplyaev // Technologies and equipment of garden and landscape construction: Proceedings of the All-Russian scientific and practical conference / edited by A.N. Tseplyaev. 2019. P. 331-333.

**Секция 2. Техника и технологии для реализации  
природоориентированных решений и природоподобных практик  
в лесном хозяйстве**

DOI: 10.58168/FFYS2024\_60-64  
УДК 630\*36

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССА РАБОТЫ ТРЕЛЕВОЧНОГО  
АГРЕГАТА С СИСТЕМОЙ РЕКУПЕРАЦИИ ЭНЕРГИИ ДЛЯ ОЦЕНКИ КОЛЕБАНИЙ  
В ПРОДОЛЬНО-ВЕРТИКАЛЬНОЙ ПЛОСКОСТИ

***Дерепаско Иван Викторович***

*соискатель ученой степени кандидата наук, ФГБОУ ВО «Воронежский  
государственный лесотехнический университет имени Г.Ф. Морозова», г. Воронеж, РФ  
E-mail: derepaskoiv@mail.ru*

MATHEMATICAL MODELING OF THE OPERATING PROCESS OF A SKIDDING UNIT  
WITH AN ENERGY RECOVERY SYSTEM TO EVALUATE VIBRATIONS  
IN THE LONGITUDINAL-VERTICAL PLANE

***Derepasko Ivan Viktorovich***

*candidate for the degree of Candidate of Sciences, Voronezh State University of Forestry  
and Technologies named after G.F. Morozov, Voronezh, Russia  
E-mail: derepaskoiv@mail.ru*

**Аннотация.** В работе проведен анализ существующих тенденций развития сельскохозяйственного лесного оборудования, в частности бесчокерных трелевочных устройств. Выявлены недостатки существующих систем, связанные с наличием колебаний в процессе работы агрегата. На основе перспективной кинематической схемы разработана математическая модель, обозначающая перспективу развития научных исследования в данном направлении.

**Abstract.** This paper analyzes existing trends in the development of agricultural forestry equipment, specifically chokeless skidding devices. The shortcomings of existing systems associated with the presence of vibrations during operation of the unit are identified. Based on a promising kinematic scheme, a mathematical model is developed, indicating the prospect of scientific research in this direction.

**Ключевые слова:** бесчокерная трелёвка, рекуперативная система, гидравлическая система, гидроаккумулятор.

**Keywords:** chokeless skidding, recuperative system, hydraulic system, hydroaccumulator.

В российской лесной промышленности решается вопрос о механизации всех видов работ, что значительно повышает эффективность предприятий. В связи с этим, для сохранения экономической целесообразности, большое внимание уделяется поиску энергосберегающих решений.

Одним из наиболее эффективных способов транспортировки древесины является трелевка сортамента, которая экономически выгодна за счет отсутствия затрат на обустройство пути. В России для этой операции используются две группы машин: специальные харвестеры, форвардеры и другие крупногабаритные машины, а также трелевочные агрегаты, устанавливаемые на тракторы общего назначения. Вторая группа

более распространена, так как для небольших предприятий содержание специализированных машин часто оказывается нерентабельным. Таким образом, существует тенденция к увеличению научных исследований, связанных с повышением эффективности подобных машин.

Тракторы общего назначения, агрегируемые с трелевочными захватами, имеют ряд преимуществ перед крупногабаритными машинами: низкую стоимость эксплуатации, возможность использования агрегируемых тракторов в других целях, лучшую проходимость благодаря меньшим габаритам и массе, а также возможность подбора отдельных деревьев и регулирования объемов пачки древесины.

Важным элементом всех машин, используемых для подъема грузов, является гидропривод. Повышение его эффективности напрямую влияет на производительность лесных машин. В настоящее время у большинства существующих машин с гидроприводом имеется ряд недостатков. Характерными для трелевочных агрегатов являются значительные колебания в вертикальной плоскости при передвижениях по неровностям рельефа, возникающие, в связи с этим утечки рабочего тела и значительные динамические нагрузки на силовую систему агрегата существенно снижают эксплуатационно-технологические характеристики лесной машины.

Исследованиям динамики и кинематики рабочих процессов лесозаготовительных трелевочных машин посвящены работы многих ученых. Разработаны комплексы математических моделей работы гидроприводов в процессе трелёвки, а также процессов взаимодействия трелевочного агрегата с предметом труда - деревьями и решена задача оптимизации проектирования. Исследовались рабочие процессы с применением различных демпфирующих устройств. Основной целью проведенных исследований является повышение износоустойчивости агрегата. Однако рабочие процессы трелевки исследовались без возможности рекуперации энергии, с помощью гашения колебаний пачки бревен.

В настоящее время данную проблему принято решать внедрением системы рекуперации энергии, представляющей собой энергосберегающий гидропривод с манипулятором. Он позволяет значительно снижать динамические нагрузки в связи с гашением возникающих скачков давления в жидкости и использовать полученную в результате рекуперации энергию в рабочих процессах гидропривода. Такие системы уже применяются в машинах циклического действия в других отраслях промышленности, например, в манипуляторах. Перспективная гидросхема с использованием данной системы представлена на рис. 1.

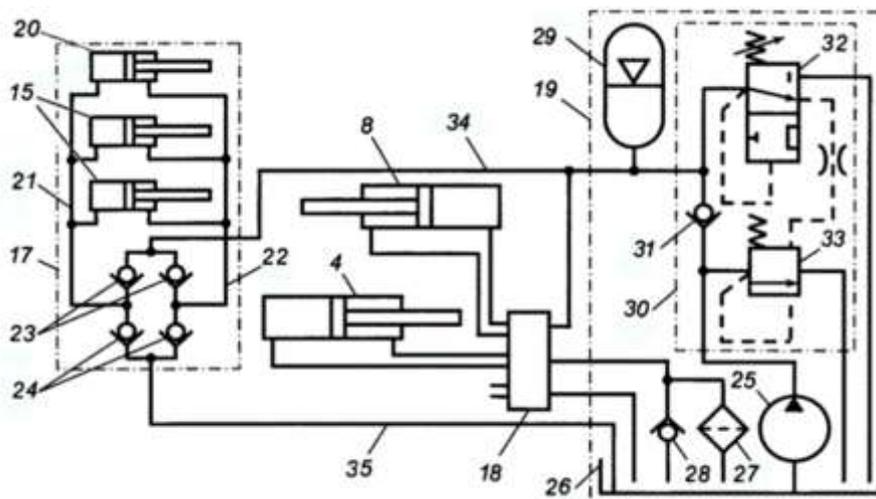


Рисунок 1 – гидравлическая схема трелевочного агрегата с системой рекуперации энергии: 20, 15 – гидроцилиндры рекуперации, 20 – гидроаккумулятор

Бесчокерное трелевочное устройство с энергосберегающим гидроприводом способно обеспечить меньшую потерю энергии непроизводительно теряемой из-за колебаний в различных плоскостях пачки деревьев, следовательно, значительно увеличить энергоэффективность рабочего процесса. Кроме этого, за счет демпфирующих качеств энергосберегающего гидропривода снижаются нагрузки на элементы конструкции трелевочного устройства и навесного механизма трактора и тем самым повышается их надежность.

Трелевка сортамента производится путем захвата ствола дерева за один конец (комлевой или вершинный). На рис. 2 изображена расчетная схема процесса трелёвки деревьев, для составления математической модели. Для упрощения системы уравнений отделим пачку бревен от стрелы трелевочного агрегата заменив их реакциями связей  $P_x^{бр}$ ,  $P_z^{бр}$ .

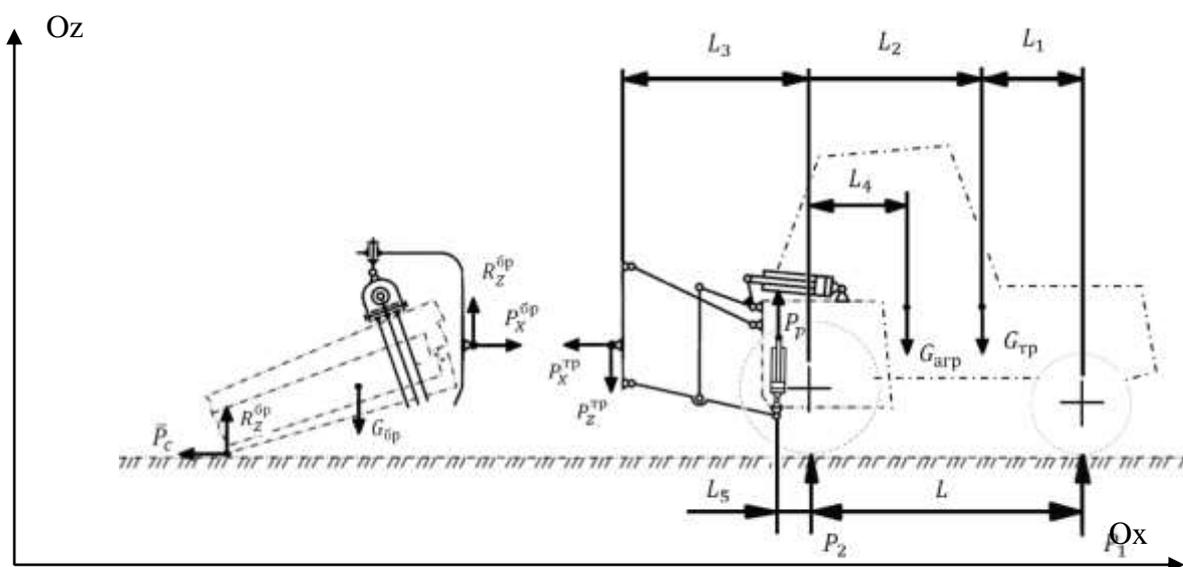


Рисунок 2 – расчетная схема перемещений трелевочного агрегата

Движение трактора относительно оси OX, является зависимостью от разности силы тяги  $P_{тяги}$  и силы сопротивления  $P_c$ :

$$m_{тр} \ddot{X} = P_{тяги} - P_c . \quad (1)$$

Рассмотрим колебания тракторного агрегата относительно оси Oz.

$$m_{тр} \ddot{Z} = P_{п1} + P_2 - G_{тр3} - R_{агр}^z - S \cdot P , \quad (2)$$

где  $P_1$  – сила реакции, возникающая в переднем мосту трактора;  $P_2$  – сила реакции, возникающая во заднем мосту трактора;  $G_{тр3}$  – вес трелёвочного агрегата;  $S$  – площадь поршня рекуперации;  $P$  – сила давления в гидроцилиндре рекуперации.

Вращательное движение, появляющееся при колебании трелёвочного агрегата вокруг оси Oу, описывается основным законом динамики и имеет вид

$$Y_{тр3} \ddot{\varphi} = -P_{п1}(L_1 + L_2 + L_3) + P_2 \cdot L_3 + R_{агр}^z - S \cdot P \cdot l , \quad (3)$$

где  $Y_{тр3}$  – Момент инерции агрегата относительно оси Oу,  $P_{п1}$  – сила реакции переднего моста,  $P_2$  – сила реакции заднего моста,  $L_1$  и  $L_2$  – расстояния от центра масс

трактора до переднего и заднего мостов соответственно,  $L_3$  – расстояние между задней осью трактора и центром масс трелевочного агрегата,  $l$  – плечо силы давления на гидроцилиндре рекуперации, относительно центра масс системы. (мне кажется здесь тоже нужно ввести косинус для получения колебательного процесса).

Таким образом математическая модель рабочего процесса бесчokerного трелевочного устройства с энергосберегающим гидроприводом при рубках ухода за лесом состоит из следующих дифференциальных уравнений:

1) Уравнение движения агрегата вдоль оси OX:

$$m_{\text{тр}} \ddot{X} = P_{\text{тяги}} - P_c = P_2 \cdot \varphi_{\text{сy}} \cdot r_k - Q_2 (f \cos \alpha \pm \sin + \frac{\ddot{x}}{y});$$

2) Уравнение вертикальных колебаний агрегата вдоль оси OZ:

$$m_{\text{тр}} \ddot{Z} = P_{\text{п1}} + P_2 - G_{\text{трз}} - R_{\text{арп}}^Z - S \cdot P;$$

3) Уравнение профильных колебаний агрегата вокруг оси OY:

$$Y_{\text{трз}} \ddot{\varphi} = -P_{\text{п}} (L_1 + L_2 + L_3) + P_2 \cdot L_3 + R_{\text{арп}}^Z - S \cdot P \cdot l;$$

4) Уравнение расходов жидкости в гидросистеме рекуперации:

$$S \frac{dz}{dt} = k \cdot \sqrt{p - p_0} + k_p \cdot \frac{dp}{dt} + a_y P. \quad (4)$$

Последнее уравнение описывает процесс изменения давления в гидроцилиндре рекуперации. Оно основывается на системе уравнений расходов всей гидросистемы. Оно состоит из следующих величин):

$S$  – площадь поршня;

$p - p_0$  – разность начального и текущего давлений в элементе гидросистемы;

$k$  – коэффициент дросселирования штуцера,

$$k = \frac{\mu \pi d_{\text{ак}}^2}{4} \sqrt{\frac{2}{\rho}}. \quad (5)$$

Данная математическая модель, представляющая собой систему из четырех уравнений, описывает движения кинематической системы. Позволяет определить основные характеристики системы, а также потребные геометрические параметры для гидроцилиндра рекуперации. И определить рекуперированную энергию для частных случаев и оценить эффективность системы.

### Список литературы

1. Способы снижения динамической нагруженности и энергоемкости технологических машин и оборудования / П. И. Попиков, Д. Н. Афоничев, И. В. Четверикова, А. В. Конюхов, А. В. Попикова // Энергоэффективность и энергосбережение в современном производстве и обществе: материалы междунар. науч.-практ. конференции. – Воронеж, 2023. – С. 287-294.
2. Математическая модель рабочих процессов бесчokerного трелевочного захвата с энергосберегающим гидроприводом / Р. В. Юдин, П. И. Попиков, В. И. Усков,

- А. А. Платонов, В. П. Попиков, Д.А. Канищев // Ресурсы и технологии. 2022. Т. 19, № 1. С. 72-86.
3. Четверикова, И. В. К вопросу совершенствования гидропривода бесчokerного трелевочного захвата / И. В. Четверикова, С. В. Зимарин, А. В. Бурдыкин // Повышение эффективности лесного комплекса : Материалы Седьмой Всероссийской национальной научно-практической конференции с международным участием, Петрозаводск, 25 мая 2021 года. – Петрозаводск: Петрозаводский государственный университет, 2021. – С. 197-199. – EDN ROUESK.
  4. Протас П.А., Клоков Д.В. Аналитическое исследование процесса взаимодействия колесных трелевочных машин с пачкой хлыстов и волоком // Актуальные направления научных исследований XXI века: теория и практика. 2014. Т. 2, № 5, ч. 4. С. 256-260.
  5. Карпенко М.М., Пелевин Л.Е., Богдявичус М. Перспектива использования гидравлического энергосберегающего привода // СПбГЭУ технико-технологические проблемы сервиса. 2017. № 3 (41). С. 7-12.

### References

1. Methods of reducing the dynamic load and energy intensity of technological machines and equipment / P. I. Popikov, D. N. Afonichev, I. V. Chetverikova, A. V. Konyukhov, A. V. Popikova // Energy efficiency and energy saving in modern production and society: materials of the international scientific and practical conference. Voronezh, 2023. P. 287-294.
2. Mathematical model of working processes of a trackless skidder with energy-saving hydraulic drive / R. V. Yudin, P. I. Popikov, V. I. Uskov, A. A. Platonov, V. P. Popikov, D. A. Kanischev // Resources and Technology. 2022, Vol. 19, No. 1, p. 72-86.
3. Chetverikova, I. V. To the issue of improving the hydraulic drive of a trackless skidder / I. V. Chetverikova, S. V. Zimarin, A. V. Burdykin // Improving the efficiency of forestry complex : Proceedings of the Seventh All-Russian national scientific-practical conference with international participation, Petrozavodsk, 25 May 2021. - Petrozavodsk: Petrozavodsk State University, 2021. - P. 197-199. - EDN ROUESK.
4. Protas P.A., Klovok D.V. Analytical study of the process of interaction of wheeled skidders with a pack of whips and a drag // Actual directions of scientific research of the XXI century: theory and practice. 2014. Vol. 2, No. 5, part 4. P. 256-260.
5. Karpenko M.M., Pelevin L.E., Bogdiavicius M. Prospect of using hydraulic energy-saving drive // SPbSEU Technical and Technological Problems of Service. 2017. No. 3(41). P. 7-12.

## СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ КОНСТРУКЦИЙ ПРЕДОХРАНИТЕЛЬНЫХ УСТРОЙСТВ ПОЧВООБРАБАТЫВАЮЩИХ ДИСКОВЫХ ОРУДИЙ

**Гончаров Дмитрий Александрович**

аспирант ФГБОУ ВО «Воронежский государственный лесотехнический университет им. Г.Ф. Морозова», г. Воронеж, РФ

E-mail: [magistrdmitriy@gmail.com](mailto:magistrdmitriy@gmail.com)

**Зимарин Сергей Викторович**

к. т. н., доцент кафедры механизации лесного хозяйства и проектирования машин ФГБОУ ВО «Воронежский государственный лесотехнический университет им. Г.Ф. Морозова», г. Воронеж, РФ

E-mail: [sezimarin@yandex.ru](mailto:sezimarin@yandex.ru)

**Попиков Пётр Иванович**

д. т. н., профессор, профессор ФГБОУ ВО «Воронежский государственный лесотехнический университет им. Г.Ф. Морозова», г. Воронеж, РФ

**Князев Александр Геннадьевич**

аспирант ФГБОУ ВО «Воронежский государственный лесотехнический университет им. Г.Ф. Морозова», г. Воронеж, РФ

E-mail: [Knjazv-sasha@rambler.ru](mailto:Knjazv-sasha@rambler.ru)

## IMPROVEMENT OF THE DESIGN OF SAFETY DEVICES OF SOIL CULTIVATION DISK TOOLS

**Goncharov Dmitry Alexandrovich**

Postgraduate student, Voronezh State University of Forestry and Technologies named after G.F. Morozov, Voronezh, Russia

E-mail: [magistrdmitriy@gmail.com](mailto:magistrdmitriy@gmail.com)

**Zimarin Sergey Viktorovich**

Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Department of Forestry Mechanization and Machine Design, Voronezh State University of Forestry and Technologies named after G.F. Morozov, Voronezh, Russia

E-mail: [sezimarin@yandex.ru](mailto:sezimarin@yandex.ru)

**Popikov Petr Ivanovich**

Holder of an Advanced Doctorate (Doctor of Science) in Engineering Sciences, Professor, Professor, Voronezh State University of Forestry and Technologies named after G.F. Morozov, Voronezh, Russia

**Knyazev Alexander Gennadyevich**

Postgraduate student, Department of Foreign Languages, Voronezh State University of Forestry and Technologies named after G.F. Morozov, Voronezh, Russia

E-mail: [Knjazv-sasha@rambler.ru](mailto:Knjazv-sasha@rambler.ru)

**Аннотация.** Использование дисковых орудий при обработке почвы является наиболее эффективным по сравнению с лемешными и в последнее время проводится много научных исследований. Совершенствование дисковых рабочих органов позволяет улучшить качество обработки почвы и оптимизировать конструктивные и тяговые особенности орудия.

**Abstract.** The use of disk implements in soil tillage is the most effective in comparison with plowshares and a lot of scientific research has been conducted recently. Improvement of disc working tools allows to improve the quality of soil tillage and optimize the design and traction features of the tool.

**Ключевые слова:** обработка почвы; дисковые орудия; вырубки; гидропривод, предохранительные устройства

**Keywords:** tillage, disk implements, clearcuts, hydraulic drive, safety devices

Обработка почвы в лесном хозяйстве — ответственный процесс, поскольку лесовосстановление происходит на участках, где раньше были вырубки или произошли пожары.

К орудиям для обработки лесных почв предъявляются особые требования, поэтому при их создании увеличивают прочность за счёт повышения металлоёмкости. Для работы таких орудий нужны более мощные тракторы высокого тягового класса. Это снижает манёвренность и производительность техники. Кроме того, защитные механизмы орудий могут оказаться неэффективны при преодолении высоких препятствий. В.И. Посметьев и др. (2015) [1], В.И. Посметьев и В.А. Зеликов (2015) [2].

Главными недостатками небольшой эффективности у лесных почвообрабатывающих орудий (ЛПО) являются:

- Сложность в преодолении и устойчивости орудия при встрече с большими препятствиями;

- Для больших и металлоёмких ЛПО еще не изобретены хорошие защитные устройства;

- Должным образом не защищают от больших нагрузок при обратном движении дискового рабочего органа;

- высокая инерционность срабатывания предохранителей может привести к нежелательным перегрузкам;

- нет типовых конструкций предохранителей и унификации их узлов;

- Предохранители гидравлического типа имеют недостаток с изменениями температуры и утечки рабочей жидкости, связанной с недостаточно эффективными подвижными уплотнениями;

- Отсутствие систем восстановления и возврата части энергии;

В настоящее время имеется много патентов на предохранительные механизмы, но большая их часть используется в сельскохозяйственных орудиях (СПО) и такие механизмы защиты не используются в ЛПО, так как:

- Они не дают рабочему органу отходить на нужную высоту от дна борозды;

- Силовая характеристика рабочих органов либо «круто-восходящего», либо «падающего» типов, что неприемлемо для ЛПО, так как они обычно являются навесными орудиями и не имеют опорных колёс.

- Чаще всего в них не получается регулировать некоторые параметры рабочего органа;

- Из-за увеличенного веса и размера рабочих элементов лесных почвообрабатывающих орудий размещение таких предохранителей на них затруднительно,

- Из-за большого удельного сопротивления резанию лесных почв и значительного количества древесных включений в них, эти предохранители не могут надёжно удерживать рабочие органы лесных почвообрабатывающих орудий на заданной глубине обработки.

На рис. 1 представлены распространённые модели дискаторов, которые производятся отечественными и зарубежными компаниями. Эти орудия применяются на лесных и сельскохозяйственных территориях, где встречаются небольшие пни, валуны, крупные камни и корни.



Рисунок 1 – Пружинно-гидравлические предохранители рабочих органов дисковых орудий: а - навесного почвообрабатывающего агрегата ARES TWIX; б - полунавесного дискатора АГЛ-4; в - прицепной бороны БДТ-2,5\*2; г - полунавесной бороны АГЛ-6; д - бороны с чизельной приставкой БДВП-4,2-0,1; е - мульчирующей бороны «Вектор» В-350»

В исследованиях С. В. Зимарина и других учёных [3], проведённых в 2014 году, рассматриваются способы увеличения эффективности лесных почвообрабатывающих орудий. Что бы этого достичь, нужно разрабатывать новые конструктивные особенности предохранителей.

Чаще всего для повышения эффективности используют следующие методы:

- устанавливают дополнительные отвалы;
- применяют гидропривод рабочих органов;
- применяют вибрацию дисков;

После проведения испытаний было установлено, что наиболее подходящими параметрами являются: угол атаки  $\alpha = 45^\circ$ , угол наклона относительно вертикали  $\beta = 10^\circ$  и угол поворота крыла отвала  $\theta = 6^\circ$ . Для повышения эффективности работы можно использовать гидропривод рабочих органов и дополнительные отвалы, установленные на них.

В. Н. Трифонов [4] в своей работе подчеркивает, что в агропромышленном комплексе активно применяются агрегаты для комплексной механизации, среди которых преобладают почвообрабатывающие устройства с дисковыми элементами. Тем не менее, он выделяет ряд недостатков таких механизмов: они не всегда эффективно проникают в прочные почвы, редко обеспечивают необходимое дробление грунта и обычно связаны с повышенным тяговым сопротивлением.

Таким образом, создание колебательных дисковых устройств, призванных более продуктивно обрабатывать землю и гарантировать высококачественное выполнение

сельскохозяйственных операций при значительном уменьшении потребления энергии, является важной задачей для научных разработок.

В современное время разрабатываются различные методики, способные повысить эффективность функционирования дисковых рабочих органов. В их число входят вибрационные и импульсные подходы, которые способствуют увеличению результативности технологических операций. Одной из важных областей является создание вибрационных дисковых органов. Вибрационное воздействие способствует снижению наружных и внутренних сопротивлений в процессе обработки материалов или деталей механизмов. При воздействии вибрационной или ударной силы на грунт, внутри него формируются и движутся волны давления. Это вызывает разрушение слоистого грунта при напряжениях, меньших пороговой прочности при постоянных нагрузках. Если применить к земле не только стабильное давление, но и колебательные силы, устойчивость грунта к разрушению уменьшится. В итоге сопротивление трению дисковой рабочей части сократится, и её функционирование будет осуществляться более эффективно.

Р. В. Юдин, П. И. Попиков, А. Г. Князев и С. П. Поляков в своей статье рассмотрели применение плугов с дисковыми рабочими органами. [4] При использовании дополнительной пары дисков, черенкового ножа и рыхлительной лапы, повышается эффективность использования дисковых плугов, к примеру, так устроен плуг ПЛД-1,2, который применяется для естественного лесовосстановления. Так же данный плуг имеет предохранительный механизм на каждом рабочем органе, это дает ему более плавную работу.

В зарубежных странах применяют лесные дисковые плуги с активным приводом рабочих органов и вырезными дисками.

П. И. Жидких и В. И. Посметьев проводили анализ динамики предохранительных устройств при встрече с препятствием лесного культиватора КЛБ-1,7.

По итогам своих исследований они выявили положительные качества новой конструкции КЛБ-1,7, такие как: отказ от применения утяжелителей для лучше заглубления дисков, снижение неравномерности глубины обработки, в отличие от обычного культиватора примерно на 20-25%, и уменьшение нагрузок при проезде препятствий в 2 раза.

В Воронежском государственном лесотехническом университете (ВГЛТУ) были запатентованы новые конструкции комбинированных дисковых корпусов (патенты РФ № 2123774 и № 215701). В результате исследований, проведённых С. В. Зимариным, получены аналитические выражения, которые позволяют определить параметры крыла и груди отвала плуга. Он выявил самые благоприятные параметры отношения радиуса отверстия диска к его наружному радиусу, равное от 0,65 до 0,8.

С. В. Малюков, М. Н. Лысыч и Л. Д. Бухтояров провели анализ и выяснили, что при работе в различных условиях, необходимо устанавливать на раме агрегата используя предохранительные устройства. Необходимо учитывать количество пней, камней при моделировании и подборе дисковых рабочих органов. Для таких условий необходимо использовать:

- индивидуальные стойки для крепления рабочих органов;
- рабочие органы, которые могут позволить высокую эффективность и качество обработки.
- подходяще дисковые рабочие органы, подобранные под определённый рельеф местности;

Сегодня используются несколько видов дисков: вырезные, сплошные, составные, со съёмными ножами, с вырезами на режущей кромке, плоские, сферические и конические.

Для качественной обработки почвы на вырубках мы разработали лесной дисковый плуг с гидроприводом рабочих органов (рис. 2 и рис. 3). Он защищён патентом RU

2817851 С1. У него есть независимые задние секции, на которых закреплены вырезные диски. Эти секции приводятся в движение отдельными гидромоторами.

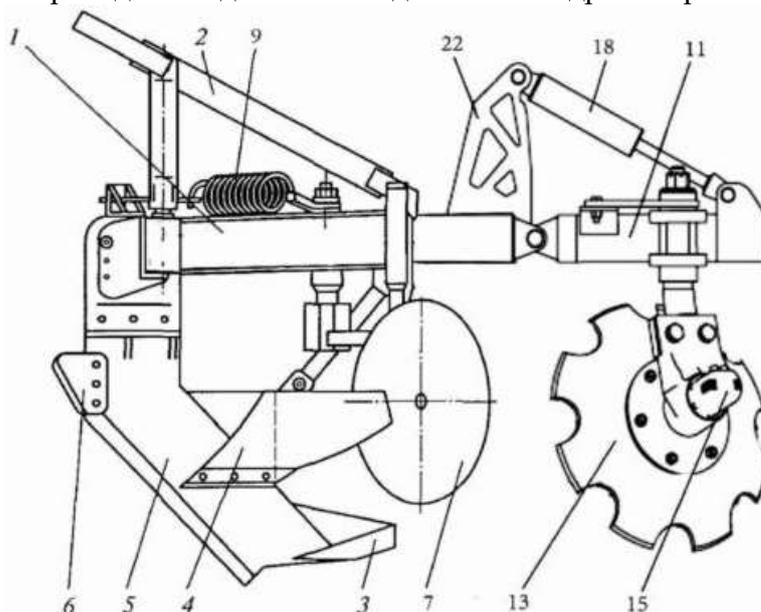


Рисунок 2 – Лесной дисковый плуг с гидроприводом рабочих органов, вид сбоку (RU 2817851 С1)

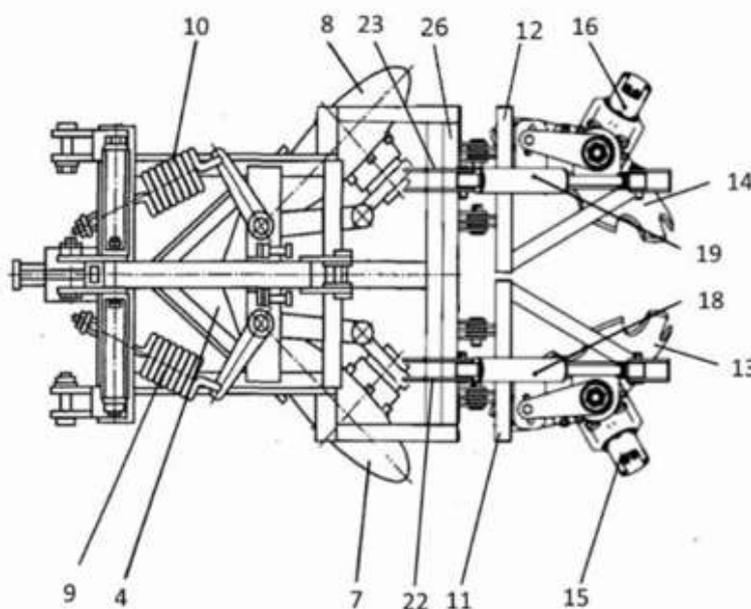


Рисунок 3 – Лесной дисковый плуг с гидроприводом рабочих органов, вид сверху (RU 2817851 С1)

При встрече с препятствием, например, с пнём или крупным корнем, передние дисковые корпуса (7 и 8) благодаря пружинным амортизаторам (9 и 10) поворачивают диски на нулевой угол. Благодаря этому они перекатываются через преграду с минимальным тяговым усилием и без повреждения дисков.

Благодаря шарнирному соединению независимых задних секций 11 и 12 с кронштейнами 22 и 23 задней рамы 26, а также при помощи предохранительно-догружающих устройств обеспечивается стабильное копирование рельефа местности вырезными дисками задних дисковых корпусов 13 и 14 в вертикальной плоскости. Кроме того, это способствует их устойчивому движению на установленной глубине обработки почвы. Если один из вырезных дисков задних дисковых корпусов 13 или 14 сталкивается с препятствием, например, с пнём или крупным корнем, независимая задняя секция 11 или

12 поворачивается вокруг шарнирного соединения с кронштейнами 22 или 23 задней рамы 26. В результате шток гидроцилиндра 18 или 19 перемещается вверх, вытесняя рабочую жидкость в гидроаккумулятор 20. После того как вырезной диск заднего дискового корпуса 13 или 14 преодолевает препятствие, он возвращается в рабочее положение благодаря накопленной энергии в гидроаккумуляторе 20.

Когда гидроаккумулятор 20 разряжается или происходит утечка рабочей жидкости из гидроцилиндров 18 и 19, давление в гидроприводе предохранительно-догружающих устройств снижается. В таких случаях гидросистема трактора через кран 21 пополняет запас рабочей жидкости в гидроаккумуляторе 20 или компенсирует её потерю в гидроцилиндрах 18 и 19.

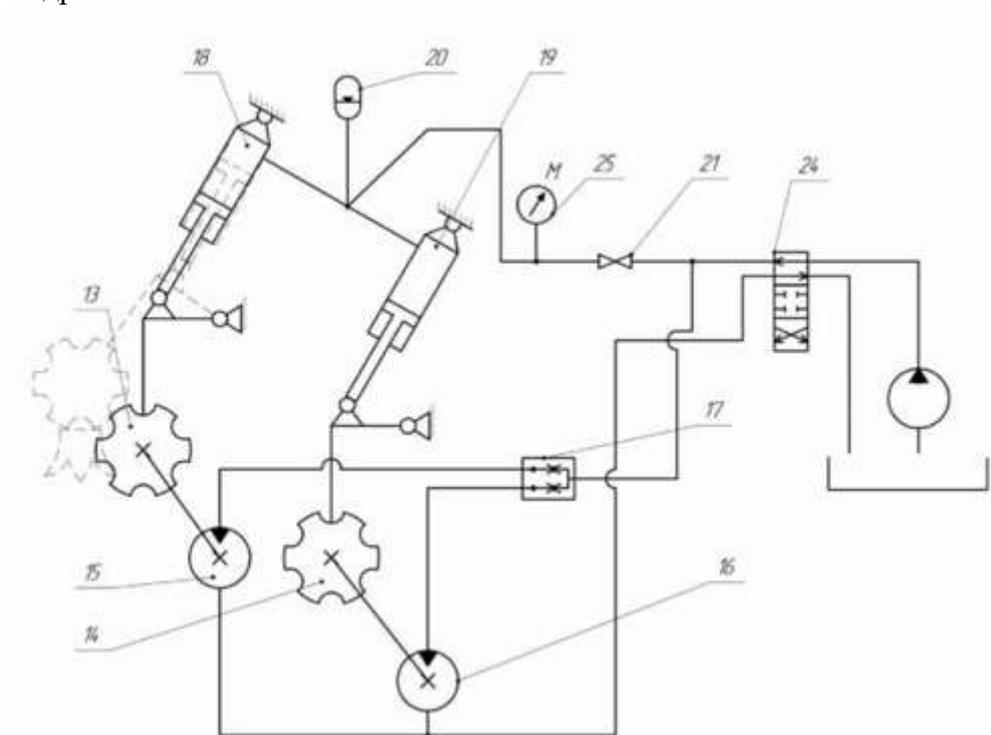


Рисунок 4 – Гидрокинематическая схема лесного дискового плуга с гидроприводом рабочих органов

Этот лесной дисковый плуг с гидроприводом рабочих частей обеспечивает качественную обработку почвы на вырубках, а также защищает задние диски при их контакте с препятствиями в виде пней или больших корней.

### Список литературы

1. Посметьев В. И., Зеликов В. А., Латышева М. А., Посметьев В. В. Основные причины недостаточной эффективности лесных почвообрабатывающих агрегатов и пути ее повышения. Воронежский научно-технический Вестник. 2015; 3-3(13): 45-59. DOI: <https://doi.org/10.12737/14008>.
2. Посметьев, В. И., Зеликов В. А. Состояние и пути повышения эффективности почвообрабатывающих агрегатов при лесовосстановлении на вырубках. Воронежский государственный лесотехнический университет им. Г.Ф. Морозова. 2015. – 236 с. URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=23558793>.
3. Зимарин, С. В., Попиков П. И., Сердюкова Н. А. Анализ способов повышения эффективности лесных дисковых почвообрабатывающих орудий на вырубках. Актуальные направления научных исследований XXI века: теория и практика. 2014; 2-2(7-2): 219-224. DOI: <https://doi.org/10.12737/3139>.

4. Трифонов, В. Н. Анализ конструкции дисковых почвообрабатывающих рабочих органов / В. Н. Трифонов, С. Н. Болтовский, А. С. Союнов // МЕЖДИСЦИПЛИНАРНОСТЬ НАУКИ КАК ФАКТОР ИННОВАЦИОННОГО РАЗВИТИЯ: сборник статей по итогам Международной научно-практической конференции, Тюмень, 12 апреля 2018 года. – Тюмень: Общество с ограниченной ответственностью "Агентство международных исследований", 2018. – С. 100-102. – EDN YVLENW.
5. Лесной дисковый плуг с гидроприводом рабочих органов: патент на изобретение RU 2817856 C1. Заявка №2023136335 / Драпалюк М.В., Попиков П.И., Князев А.Г., Поздняков Е.В., Гончаров Д.А.; заявл. 30.12.2023; опубл. 22.04.2023, Бюл. №12. 7 с.

### References

1. Posmetyev V. I., Zelikov V. A., Latysheva M. A., Posmetyev V. V. V. Main reasons of insufficient efficiency of forest soil tillage aggregates and ways of its increase. Voronezh Scientific and Technical Bulletin. 2015; 3-3(13): 45-59. DOI: <https://doi.org/10.12737/14008>.
2. Posmetyev, V. I., Zelikov, V. A. State and ways to improve the efficiency of tillage aggregates during reforestation on clearcuts. Voronezh State Forest Engineering University named after G.F. Morozov. G.F. Morozov. 2015. - 236 p. – URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=23558793>.
3. Zimarin, S. V., Popikov P. I., Serdyukova N. A. Analysis of ways to improve the efficiency of forest disc tillage implements on clearings. Actual directions of scientific research of the XXI century: theory and practice. 2014; 2-2(7-2): 219-224. DOI: <https://doi.org/10.12737/3139>.
4. Trifonov, V. N. Analysis of the design of disc soil tillage working tools / V. N. Trifonov, S. N. Boltovsky, A. S. Soyunov // INTERNATIONAL SCIENCE as a FACTOR OF INNOVATION DEVELOPMENT: a collection of articles based on the results of the International Scientific and Practical Conference, Tyumen, 12 April 2018. - Tyumen: Limited Liability Company 'Agency for International Studies', 2018. - P. 100-102. - EDN YVLENW.
5. Forest disc plough with hydraulic drive of working bodies: patent for invention RU 2817856 C1. Application №2023136335 / Drapalyuk M.V., Popikov P.I., Knyazev A.G., Pozdnyakov E.V., Goncharov D.A.; avt. 30.12.2023; published 22.04.2023, Bulletin No. 12. 7 p.

## МОДЕЛИРОВАНИЕ РАБОЧЕГО ПРОЦЕССА ШНЕКОРОТОРНОГО ЛЕСОПОЖАРНОГО ГРУНТОМЕТА

**Зленко Андрей Викторович**

*аспирант кафедры механизации лесного хозяйства и проектирования машин  
ФГБОУ ВО «Воронежский государственный лесотехнический университет имени  
Г.Ф. Морозова», г. Воронеж, РФ*

*E-mail: 89686763952@mail.ru*

## SIMULATION OF THE WORKING PROCESS OF A SCREW-ROTOR FOREST FIRE GROUNDERS

**Zlenko Andrey Viktorovich**

*postgraduate student, Department of Forestry Mechanization and Machine Design,  
Voronezh State University of Forestry and Technologies named after G.F. Morozov, Voronezh,  
Russia*

*E-mail: 89686763952@mail.ru*

**Аннотация.** Представлена математическая модель и результаты решения для обоснования эффективных параметров шнекороторного рабочего органа лесопожарного грунтомета.

**Abstract.** A mathematical model and solution results are presented to substantiate the effective parameters of the auger working element of a forest fire soil thrower.

**Ключевые слова:** лесопожарный грунтомет; шнек; гидропривод; метатель; грунт; математическая модель; эффективность; рабочий процесс.

**Keywords:** forest fire soil thrower; auger; hydraulic drive; thrower; soil; mathematical model; efficiency; work process.

Анализ проведенных исследований показал, что вопросы обоснования параметров конических шнеков для подачи грунтов к роторам-метателям грунтометательных машин изучены недостаточно [1-5]. Поэтому целью исследования является повышение эффективности рабочего процесса шнекороторного лесопожарного грунтомета путем усовершенствования конструкции и обоснования параметров на основе математической модели и ее решения.

Предлагаемый лесопожарный грунтомет с гидроприводом шнекороторного рабочего органа включает (рис. 1): навесное устройство 1; рама 2; опорный каток 3, стойка 4; предохранительные ножи 5, вал шнека 6, шнек 8; лоток с лемехом 7, ротор-метатель 9, кожух 10, гидромотор 11.

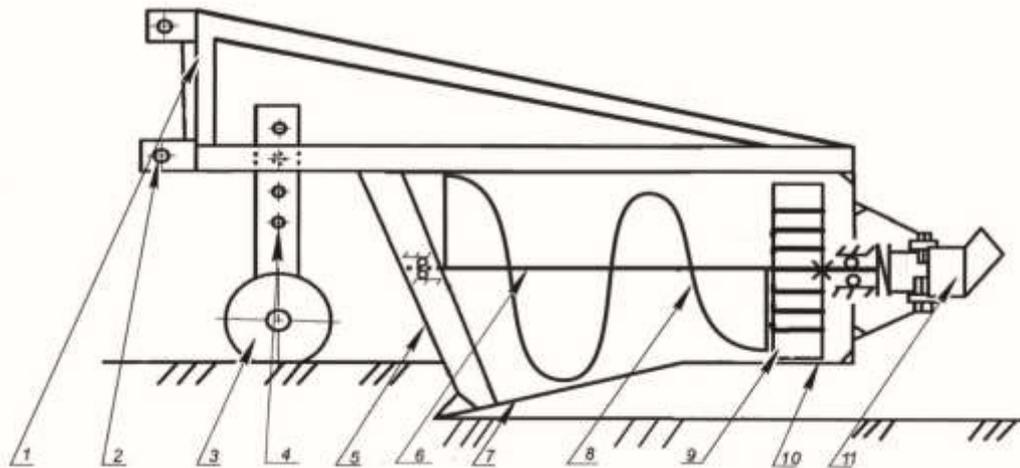


Рисунок 1 - Конструктивно-технологическая схема шнекороторного лесопожарного грунтомета

Нами предлагается математическая модель рабочего процесса шнекороторного лесопожарного грунтомета с учетом параметров нового рабочего органа с приводом от гидромотора, включающая дифференциальные уравнения вращательного движения рабочего органа, расходов рабочей жидкости гидропривода и поступательного движения лесопожарного тракторного агрегата:

$$J_{\text{пр}} \frac{d^2 \varphi}{dt^2} = \frac{\eta_n q_m p}{2\pi \eta_0} - \frac{1}{3} \mu_k \frac{d\varphi}{dt} \left( R_{\text{ср}}^3 - (R_{\text{ср}} - h_{\text{мет}})^3 \right) - \left[ bh\tau_0 \frac{\cos\beta + 1}{\sin\beta} + \frac{2}{9} b\mu v_0 \left( \sqrt{9h\tau_0 \mu^{-1} v_0^{-1} + 1} + 1 \right) \cdot \frac{3\cos\beta + 1}{\sin\beta} + b(\rho - \rho_b)g \frac{h^2}{2} \right] \cdot R_{\text{ср}}, \quad (1)$$

$$\frac{dp}{dt} = \frac{1}{K_p} \left( q_n n_m - \frac{q_m}{\pi} \frac{d\varphi}{dt} - a_y p \right), \quad (2)$$

$$\frac{dx}{dt} = \frac{\pi(D_k^2 - d_k^2)}{4ab_c} \cdot \frac{B}{\pi} \cdot \frac{d\varphi}{dt} \rho \cdot K_{\text{ш}}, \quad (3)$$

где  $J_{\text{пр}}$  – приведенный момент инерции вращающихся масс рабочего органа к валу гидромотора, кг·м<sup>2</sup>,

$\mu_k$  – коэффициент, определяемый согласованием элементов шнекороторного метателя;

$h_{\text{мет}}$  – высота выброса грунта из кожуха, м,

$\mu$  – вязкость грунта, Пас,

$\tau$  – сопротивление грунта сдвигу, Па,

$b$  – ширина резания, м,

$\beta$  – угол резания, рад,

$h$  – высота ножа, м.

$v_0$  – скорость резания единичным ножом, м/с,

$x$  – перемещение (путь) трактора грунтометом, м,

$a$  – величина заглубления скобы кожуха рыхлителя, м,

$b_c$  – ширина захвата скобы кожуха разрыхлителя, м,

$B$  – шаг шнека винта в зоне загрузки, м,

$K_{\text{ш}}$  – коэффициент рабочего пространства наполнения шнека.

Остальные параметры ясны из рисунка 1 и общеизвестной литературы.

Для системы уравнений (1)-(3) поставим задачу Коши на промежутке  $t \in [0; t_k]$ :

$$\begin{aligned} \varphi(0) &= \varphi_0, \varphi'(0) = \varphi_1, \\ p(0) &= p_0, \\ x(0) &= x_0. \end{aligned} \quad (4)$$

Для краткости введем следующие обозначения:

$$\begin{aligned} B_{11} &= -\frac{1}{3}\mu_k(R_i^3 - (R_i - h_{\text{мет}})^3), \\ B_{21} &= -\frac{q_m}{K_p\pi}, \\ B_{31} &= \frac{\pi(D_k^2 - d_k^2)}{4ab_c} \cdot \frac{B}{\pi} \cdot \rho \cdot K_{\text{ш}}, \\ C_{12} &= \frac{\eta_n q_m}{2\pi\eta_0}, C_{22} = -\frac{a_y}{K_p}, \\ f_1 &= -\left[ bh\tau_0 \frac{\cos\beta+1}{\sin\beta} + \frac{2}{9}b\mu v_0 \left( \sqrt{9h\tau_0\mu^{-1}v_0^{-1} + 1} + 1 \right) \cdot \frac{3\cos\beta+1}{\sin\beta} + b(\rho - \rho_b)g \frac{h^2}{2} \right] \cdot R_{\text{ср}}, \\ f_2 &= \frac{q_n n_m}{K_p} \end{aligned} \quad (5)$$

система (1)-(3) примет вид

$$\begin{aligned} J_{\text{нр}} \frac{d^2\varphi}{dt^2} &= B_{11} \frac{d\varphi}{dt} + C_{12}p(t) + f_1, \\ 0 &= B_{21} \frac{d\varphi}{dt} - \frac{dp}{dt} + f_2, \\ 0 &= B_{31} \frac{d\varphi}{dt} - \frac{dx}{dt}. \end{aligned}$$

Запишем задачу (1)-(3), (4) в виде

$$\begin{aligned} \mathcal{A} \frac{d^2y}{dt^2} &= \mathcal{B} \frac{dy}{dt} + \mathcal{C}y(t) + f \\ y(0) &= y_0, \frac{dy}{dt}(0) = y_1 \end{aligned}$$

с операторами

$$\begin{aligned} \mathcal{A} &= \begin{pmatrix} J_{\text{нр}} & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 \end{pmatrix}, \mathcal{B} = \begin{pmatrix} B_{11} & 0 & 0 \\ B_{21} & -1 & 0 \\ B_{31} & 0 & -1 \end{pmatrix}, \\ \mathcal{C} &= \begin{pmatrix} 0 & C_{12} & 0 \\ 0 & C_{22} & 0 \\ 0 & 0 & 0 \end{pmatrix}, \end{aligned}$$

искомой вектор-функцией

$$y(t) = \begin{pmatrix} \varphi(t) \\ p(t) \\ x(t) \end{pmatrix},$$

и векторами

$$f = \begin{pmatrix} f_1 \\ f_2 \\ 0 \end{pmatrix}, y_0 = \begin{pmatrix} \varphi_0 \\ p_0 \\ x_0 \end{pmatrix}, y_1 = \begin{pmatrix} \varphi_1 \\ p_1 \\ x_1 \end{pmatrix}. \quad (6)$$

Значения координат вектора  $y_0$  и координаты  $\varphi_1$  заданы в начальных условиях (4). Значения координат  $p_1, x_1$  мы найдем далее. В результате решения математической модели получены окончательные выражения для искомых функций в виде частных

сумм степенных рядов. После подстановки численных значений параметров получены аналитические выражения для определения угла поворота шнекороторного рабочего органа  $\varphi(t)$ , давления рабочей жидкости в гидроприводе шнекороторного рабочего органа  $p(t)$  и функции движения агрегата  $x(t)$  на отрезке  $t \in [0; 2]$ , имеющие вид:

$$\varphi(t) \approx 1.72 \cdot t^4 + 5.14 \cdot 10^{-3} t^3 - 5.56 t^2, \quad (7)$$

$$p(t) \approx 1.26 \cdot 10^{32} t^4 - 3.83 \cdot 10^{26} t^3 + 8.71 \cdot 10^{20} t^2 + 2.76 \cdot 10^{13} t \quad (8)$$

$$x(t) \approx 1.94 \cdot 10^{17} t^4 + 5.79 \cdot 10^{14} t^3 - 6.27 \cdot 10^{17} t^2. \quad (9)$$

С помощью программы ЭВМ получены предварительные графики функций угла поворота шнекороторного метателя, давления рабочей жидкости в гидроприводе и пути движения лесопожарного агрегата.

Таким образом, для повышения эффективности профилактики и тушения лесных низовых пожаров предложен новый шнекороторный лесопожарный грунтомет, разработана и решена математическая модель рабочего процесса грунтомета, получены аналитические выражения для определения угла поворота ротора, давления рабочей жидкости в гидроприводе и перемещения агрегата, по которым можно установить оптимальные значения этих параметров.

### Список литературы

1. Определение рационального количества витков шнекового смесителя с активным каналом обратного хода / С. М. Ведищев, А. И. Завражных, А. В. Прохоров, А. А. Кзхияхметова // Наука в центральной России. 2022;3 (57). – С. 14-23. – URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=48728600>.
2. Экспериментальные результаты установленных шнеков перед ковшом планировщика / И. С. Хасанов, П. Г. Хикматов, Х. Х. Олимов, Н. В. Януков, А. И. Камиллов // Актуальные вопросы совершенствования технологии производства и переработки продукции сельского хозяйства. — 2021. — № 23. — С. 715-719.
3. Абрамов, О. В. Перспективная конструкция снегоочистителя / О. В. Абрамов, И. Н. Абрамова, В. В. Лазукин // Актуальные проблемы науки и техники : Сборник трудов по материалам IX Международного конкурса научно-исследовательских работ. — Уфа: ФГКВООУ ВО «Военный учебно-научный центр Военно-воздушных сил «Военно-воздушная академия имени профессора Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина», 2022. — С. 21-26.
4. Поздняков, А. К. Обзор кинематических и динамических характеристик шнекового рабочего органа грунтомета-полосопрокладывателя на виртуальном стенде в лесных условиях / А. К. Поздняков // Механика и машиностроение. Наука и практика. Материалы международной научно-практической конференции. — Санкт-Петербург, 2022. — С. 111-112.
5. Gnusov, M. A. Theoretical study of forest fire extinguishing machine use / M. A. Gnusov, M. V. Drapalyuk, D. Yu. Druchinin // JOP Conference Series: Metrological Support of Innovative Technologies, Krasnodar, March 04, 2020 / Krasnodar Science and Technology City Hall of the Russian Union of Scientific and Engineering Associations. Vol. 1515. – Krasnodar, Russia: Institute of Physics and IOP Publishing Limited, 2020. – P. 52066. – DOI 10.1088/1742-6596/1515/5/052066.

### References

1. Vedishev, S. M., Zavrazhnov, A. I., Prokhorov, A. V., Kzhiyakhmetova, A. A. Determination of the rational number of turns of the screw mixer with an active back channel //

Science in Central Russia. 2022; 3 (57). P. 14-23. URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=48728600>

2. Khasanov, I. S., Hikmatov, P. G., Olimov, H. H., Yanukov, N. V., Kamilov, A. I. Experimental results of the installed augers in front of the planer bucket // Actual issues of improving the technology of production and processing of agricultural products. 2021. № 23. P. 715-719.

3. Abramov, O. V., Abramova, I. N., Lazukin, V. V. Perspective design of a snowplough // Actual problems of science and technology. Collection of works on the materials of IX International competition of research works. Ufa: FGKVOU VO ‘Military training and research centre of the Air Force “Air Force Academy named after Professor N.E. Zhukovsky and Y.A. Gagarin”, 2022. P. 21-26.

4. Pozdnyakov, A. K. Review of the kinematic and dynamic characteristics of the auger working body of a soil-metal striping machine on a virtual stand in the forest conditions // Mechanics and Engineering. Science and practice. Materials of the international scientific-practical conference. Saint-Petersburg, 2022. P. 111-112.

5. Gnusov, M. A., Drapalyuk M. V., Druchinin D. Yu. Theoretical study of forest fire extinguishing machine use // JOP Conference Series: Metrological Support of Innovative Technologies, Krasnodar, March 04, 2020 / Krasnodar Science and Technology City Hall of the Russian Union of Scientific and Engineering Associations. Vol. 1515. – Krasnodar, Russia: Institute of Physics and IOP Publishing Limited, 2020. – P. 52066. – DOI 10.1088/1742-6596/1515/5/052066.

ТЕХНОЛОГИИ УТИЛИЗАЦИИ ОТХОДОВ ОТ ПЕРЕРАБОТКИ ДРЕВЕСИНЫ:  
СОВРЕМЕННЫЕ ПОДХОДЫ И ПЕРСПЕКТИВЫ

**Кондауров Владислав Олегович**

*аспирант 2 года обучения, кафедра древесиноведения, ФГБОУ ВО «Воронежский государственный лесотехнический университет имени Г.Ф. Морозова», г. Воронеж, РФ*

*E-mail: kondaurov.vlad@mail.ru*

**Шовкун Виктория Александровна**

*аспирант 1 года обучения, кафедра ботаники и дендрологии, ФГБОУ ВО «Воронежский государственный лесотехнический университет имени Г.Ф. Морозова», г. Воронеж, РФ*

*E-mail: shovkun12657@gmail.com*

WOOD PROCESSING WASTE UTILIZATION TECHNOLOGIES:  
MODERN APPROACHES AND PROSPECTS

**Kondaurov Vladislav Olegovich**

*Postgraduate student, 2nd year of study, Department of Wood Science, Voronezh State University of Forestry and Technologies named after G.F. Morozov, Voronezh, Russia*

*E-mail: kondaurov.vlad@mail.ru*

**Shovkun Viktoria Aleksandrovna**

*Postgraduate student, 1st year of study, Department of Botany and Dendrology, Voronezh State University of Forestry and Technologies named after G.F. Morozov, Voronezh, Russia*

*E-mail: shovkun12657@gmail.com*

**Аннотация.** В статье рассматриваются современные технологии утилизации отходов от переработки древесины, включая древесные стружки, опилки и кору.

Обсуждаются методы переработки, такие как пеллетирование, производство древесного угля и биомассы, а также их экологические и экономические преимущества. Уделяется внимание инновационным подходам, направленным на минимизацию отходов и их повторное использование в различных отраслях. В статье также рассматриваются примеры успешных проектов и статистические данные, подтверждающие эффективность внедрения новых технологий.

**Abstract.** The article examines modern technologies for recycling wood processing waste, including wood chips, sawdust and bark.

Discusses recycling methods such as pelleting, charcoal and biomass production, as well as their environmental and economic benefits. Attention is paid to innovative approaches aimed at minimizing waste and reusing it in various industries. The article also examines examples of successful projects and statistical data confirming the effectiveness of implementing new technologies.

**Ключевые слова:** утилизация отходов, переработка древесины, пеллеты, биомасса, экологические технологии, 3D-печать, системы замкнутого цикла.

**Keywords:** waste recycling, wood processing, pellets, biomass, environmental technologies, 3D printing, closed-loop systems.

Увеличение объемов переработки древесины в последние десятилетия привело к значительному росту количества отходов, образующихся в этом процессе. По данным

FAO, в 2020 году мировое производство древесины составило около 4,1 миллиарда кубометров, что привело к образованию более 1 миллиарда тонн древесных отходов [1]. Эти отходы, если их не утилизировать должным образом, могут стать источником экологических проблем, включая загрязнение почвы и воды, а также выбросы парниковых газов. В связи с этим, разработка эффективных технологий утилизации отходов от переработки древесины становится актуальной задачей.

Отходы от переработки древесины, можно классифицировать на несколько категорий:

- Древесные стружки: образуются в процессе механической обработки древесины и могут использоваться для производства пеллет или в качестве сырья для создания композитных материалов.
- Опилки: мелкие частицы древесины, которые часто используются в производстве древесных плит, а также в качестве добавок в строительные смеси и удобрения.
- Кора: внешняя оболочка древесины, которая может быть переработана в мульчу, компост или использована в производстве биомассы.
- Обрезки и остатки древесины: части древесины, которые остаются после резки и обработки, могут быть использованы для производства топлива или в качестве сырья для различных изделий.

Каждый из этих типов отходов имеет свои особенности и потенциальные способы утилизации.

Пеллеты из древесных отходов представляют собой один из наиболее распространенных способов утилизации. По данным Европейской ассоциации пеллет (EPP), в 2021 году производство пеллет в Европе составило около 18 миллионов тонн, что на 10% больше по сравнению с предыдущим годом [2].

Пеллеты используются в качестве топлива для котлов и каминов, что позволяет снизить выбросы углекислого газа на 80% по сравнению с угольными котлами [3]. Кроме того, пеллеты имеют высокую теплотворную способность (около 4,5-5,0 кВтч/кг) и удобны в транспортировке и хранении. В некоторых странах, таких как Швеция и Австрия, пеллеты стали основным источником энергии для отопления жилых и коммерческих зданий [4].

Процесс пиролиза древесных отходов позволяет получать древесный уголь, который может быть использован в качестве топлива или в качестве фильтрующего материала. Исследования показывают, что использование древесного угля в качестве топлива может снизить выбросы CO<sub>2</sub> на 50% по сравнению с традиционными ископаемыми источниками энергии [5]. Например, в 2019 году в Бразилии было произведено около 7 миллионов тонн древесного угля, что свидетельствует о растущем интересе к этой технологии [6]. Древесный уголь также используется в производстве активированного угля, который находит применение в очистке воды и воздуха. Кроме того, побочные продукты пиролиза, такие как древесный дёготь и пиролизное масло, могут быть использованы в химической промышленности.

Отходы от переработки древесины могут быть использованы для производства биомассы и биогаза. Исследования показывают, что анаэробное сбраживание древесных отходов может привести к получению до 200 м<sup>3</sup> биогаза на тонну сырья [7]. Например, в Швеции была реализована установка, которая перерабатывает древесные отходы в биогаз, обеспечивая энергией около 1 000 домов [8].

Биогаз, полученный из древесных отходов, может быть использован для генерации электроэнергии или в качестве топлива для транспортных средств. В некоторых странах, таких как Германия, существуют программы по субсидированию установки биогазовых установок на фермах и в промышленных предприятиях [9].

Утилизация древесных отходов не только снижает негативное воздействие на окружающую среду, но и открывает новые возможности для бизнеса. Использование отходов в качестве сырья для производства позволяет сократить затраты на материалы и

снизить зависимость от ископаемых ресурсов. По оценкам, переход на технологии утилизации древесных отходов может привести к экономии до 30% затрат на сырье для деревообрабатывающих предприятий [10].

Дополнительно, внедрение технологий утилизации способствует созданию новых рабочих мест в сфере переработки и производства. Например, в рамках программы по переработке древесных отходов в Канаде было создано более 5 000 рабочих мест в различных отраслях [11].

С развитием технологий появляются новые подходы к утилизации древесных отходов. Например, использование технологий 3D-печати для создания строительных материалов из древесных отходов. Исследования показывают, что 3D-печать из древесных композитов может снизить потребление энергии на 50% по сравнению с традиционными методами производства [12].

Кроме того, внедрение систем замкнутого цикла, где отходы становятся ресурсом для новых производств, открывает новые горизонты для устойчивого развития. Например, в Нидерландах была реализована инициатива по созданию замкнутой системы, в которой отходы от производства мебели используются для создания новых мебельных изделий [13].

Разработка технологий утилизации отходов от переработки древесины представляет собой важный шаг к устойчивому развитию. Инновационные подходы и методы переработки могут существенно снизить негативное воздействие на окружающую среду и создать новые экономические возможности. Важно продолжать исследования и внедрять новые технологии для достижения максимальной эффективности в утилизации древесных отходов.

### Список литературы

1. Food and Agriculture Organization (FAO). (2020). Global Forest Resources Assessment 2020.
2. European Pellet Council. (2021). European Pellet Market Report.
3. International Energy Agency (IEA). (2019). World Energy Outlook 2019.
4. Swedish Energy Agency. (2020). Energy in Sweden 2020.
5. Bhatia, S., & Gupta, N. (2020). The Role of Charcoal in Reducing CO2 Emissions. *Renewable Energy Reviews*.
6. Brazilian Institute of Geography and Statistics. (2019). Annual Report on Charcoal Production.
7. Zamboni, A., & Figueiredo, R. (2021). Biomass Energy: A Review of the Current State of Knowledge. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 135, 110196.
8. Swedish Gas Association. (2020). Biogas Production from Wood Waste.
9. German Biogas Association. (2021). Biogas Plants in Germany: Current Developments.
10. Canadian Wood Council. (2021). The Economic Impact of the Wood Industry in Canada.
11. Natural Resources Canada. (2020). Job Creation in the Wood Processing Sector.
12. Bhatia, S., & Gupta, N. (2020). 3D Printing of Biomaterials: A Review. *Materials Today: Proceedings*, 27, 1127-1131.
13. Dutch Ministry of Economic Affairs. (2020). Circular Economy in the Netherlands: A Vision for the Future.

## References

1. Food and Agriculture Organization (FAO). (2020). Global Forest Resources Assessment 2020.
2. European Pellet Council. (2021). European Pellet Market Report.
3. International Energy Agency (IEA). (2019). World Energy Outlook 2019.
4. Swedish Energy Agency. (2020). Energy in Sweden 2020.
5. Bhatia, S., & Gupta, N. (2020). The Role of Charcoal in Reducing CO<sub>2</sub> Emissions. *Renewable Energy Reviews*.
6. Brazilian Institute of Geography and Statistics. (2019). Annual Report on Charcoal Production.
7. Zamboni, A., & Figueiredo, R. (2021). Biomass Energy: A Review of the Current State of Knowledge. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 135, 110196.
8. Swedish Gas Association. (2020). Biogas Production from Wood Waste.
9. German Biogas Association. (2021). Biogas Plants in Germany: Current Developments.
10. Canadian Wood Council. (2021). The Economic Impact of the Wood Industry in Canada.
11. Natural Resources Canada. (2020). Job Creation in the Wood Processing Sector.
12. Bhatia, S., & Gupta, N. (2020). 3D Printing of Biomaterials: A Review. *Materials Today: Proceedings*, 27, 1127-1131.
13. Dutch Ministry of Economic Affairs. (2020). Circular Economy in the Netherlands: A Vision for the Future.

## ИССЛЕДОВАНИЕ СКВОЗНОЙ ПРОПИТКИ ДРЕВЕСИНЫ ЛИСТВЕННИЦЫ

**Маликов Валерий Борисович**

*аспирант кафедры древесиноведения ФГБОУ ВО «Воронежский государственный лесотехнический университет имени Г.Ф. Морозова», г. Воронеж, РФ*

*E-mail: valeri.malikov@mail.ru*

**Шамаев Владимир Александрович**

*д. т. н., профессор кафедры древесиноведения ФГБОУ ВО «Воронежский государственный лесотехнический университет имени Г.Ф. Морозова», г. Воронеж, РФ*

*E-mail: drevstal@mail.ru*

**Руссу Александр Викторович**

*к. т. н., преподаватель кафедры древесиноведения ФГБОУ ВО «Воронежский государственный лесотехнический университет имени Г.Ф. Морозова», г. Воронеж, РФ*

*E-mail: arussu@mail.ru*

## RESEARCH OF THRU IMPREGNATION OF LARCH WOOD

**Malikov Valery Borisovich**

*Postgraduate student of the Department of Wood Science, Voronezh State University of Forestry and Technologies named after G.F. Morozov, Voronezh, Russia*

*E-mail: valeri.malikov@mail.ru*

**Shamaev Vladimir Alexandrovich**

*Doctor of Technical Sciences, Professor of the Department of Wood Science, Voronezh State University of Forestry and Technologies named after G.F. Morozov, Voronezh, Russia*

*E-mail: drevstal@mail.ru*

**Russu Alexander Viktorovich**

*Candidate of Technical Sciences, teacher of the Department of Wood Science, Voronezh State University of Forestry and Technologies named after G.F. Morozov, Voronezh, Russia*

**Аннотация.** Древесина лиственницы является доступным ресурсом, поэтому важно решить проблему ее растрескивания. Предложен метод модификации для предотвращения растрескивания древесины лиственницы путем предварительной проварки и последующей пропитки с торца под давление 30 % водным раствором карбамида.

**Abstract.** Larch wood is available as a resource, so it is important to solve the problem of its cracking. The proposed modification method to prevent cracking of wooden larch by pre-welding and preparing impregnation from the end under pressure with 30% aqueous solution of urea.

**Ключевые слова:** древесина лиственницы; технологии пропитки; модифицирование древесины.

**Keywords:** larch wood; impregnation technologies; wood modification.

Древесина привлекает к себе внимание человечества во все века, в том числе в настоящее время, не смотря на интенсивное развитие технологий в сфере производства бетона, металла, пластика. Накопленный опыт в сфере технологий заготовки леса и последующей переработки древесины убедительно демонстрирует, что грамотное использование древесины позволяет не только получить ценный и полезный ресурс, но и

сохранить экологический баланс, а также обеспечить устойчивость данной ресурсной базы.

На территории России расположены основные запасы – около 95 % мировых запасов лиственницы. Наиболее распространены два вида: даурская (*Larix dahurica*) и сибирская (*Larix sibirica*). При общей площади лесов в России, из всего объёма лесов в РФ более 33% сосредоточены запасы древесины в лиственнице. Древесина лиственницы активно используется на практике в сфере строительства, отделки и мебельной отрасли.

Лиственница обладает двумя преимуществами, которыми наделила ее природа: высокая прочность - не ниже древесины дуба, мало поддается гниению, так как содержит большое количество смолы. Таким образом, эту древесину не нужно уплотнять и вводить в нее антисептик, это сделала природа. Но древесина лиственницы может быть нестабильна при длительном воздействии окружающей среды. Она обладает строением, отличным от строения других пород и поэтому возникают дефекты растрескивания как на стадии обработки, прежде всего сушки, так и в процессе эксплуатации. Это вызвано в первую очередь процессами поглощения и удаления влаги, а также термического воздействия, которые в конечном итоге приводят к образованию внутренних напряжений, вызывающих появление дефектов трещин. Кроме того, под воздействием солнечного света, особенно из области близкой к ультрафиолетовой части спектра, происходят процессы изменения цветовой палитры, поскольку меняется структура древесины и постепенно разрушаются смолы, входящие в ее состав.

Чтобы лиственница не трескалась при сушке ее необходимо размягчить - пластифицировать водным 30-40% раствором карбамида (мочевина). Но древесины лиственницы относятся к категории слабопропитываемых или непропитываемых пород. Сейчас пропитать древесину лиственницы можно только диффузионным способом (вымачивание в ваннах), который длится 2-3 месяца.

Для промышленного применения модификации лиственницы предлагается взять за основу технологию пропитки с торца под давлением. Основное оборудование необходимое для реализации предлагаемой технологии: пропиточное устройство, гидростанция, пульт управления, емкость с пропиточным раствором, насос, трубопровод, фильтр, коллектор и гидрораспределитель, снабженный манометром для разделения потока пропиточного раствора, а также вакуум-насос для ускорения процесса пропитки заготовок древесины и емкость для сбора жидкости. Вакуум-насос снабжен вакуумметром и соединен с пропиточным устройством и емкостью для сбора жидкости при помощи вакуумного шланга. Давление в системе составляет 35 бар. В установке смонтированы 6 ультразвуковых излучателей, воздействующих непосредственно на изделие в процессе пропитки, что существенно повышает эффективности работы. Внешний вид установки представлена на рис. 1. Технология пропитки и применения пропиточных составов разного назначения подробно описаны [1, 2].

Следует отметить, что наличие твердых микрокапелек смолы в структуре древесины лиственницы приводит к забиванию пор в стенках трахеид и прекращению движения жидкости раствора. Чтобы этого избежать предлагается проварить заготовку древесины в кипящей ванне с водой, чтобы температура в центре бревна достигала 80°C. При этой температуре смола становится жидкой и при пропитке раствором с температурой 90°C не будет загустевать. Время пропитки определяется экспериментально и по оптимистическим прогнозам (гипотетически) составит порядка 4-8 ч для длины 3м. При этом часть смолы выдавится вместе с соками дерева, поэтому чтобы компенсировать это уменьшение в пропиточный раствор необходимо будет добавить небольшое количество - 10-15% хромомедного антисептика ХМ-11 или аналогичного.

Эффективность способа для пропитки древесины лиственницы была доказана только на образцах длиной 200мм. Однако при пропитке древесины с торца под давлением масштабный фактор является весьма важным поскольку сопротивление давлению по длине образца возрастает не в арифметической, а в геометрической прогрессии.



Рисунок 1. Фотография пропиточной установки: 1 – аппарат под давлением для торцевой пропитки, 2 – емкость с пропиточным раствором и системой поршневых насосов, 3 – гидропульсатор

Поэтому основной задачей является разработка способа и создание пилотной установки для пропитки сырой древесины лиственницы методом с торца под давлением с равномерным распределением модификатора по всему объёму заготовки длиной до 3 метров. Выбор длины заготовки обеспечивается следующим образом: волокна древесины ориентированы в стволе от корня к кроне не строго вертикально, а по образующей и полный оборот волокон происходит по длине 3 м. Далее давление в стволе резко возрастает настолько, что пропитка с торца под давлением становится неэффективной.

Методы модификации для улучшения древесины путем пропитки продолжают развиваться, несмотря на имеющийся большой опыт и продолжительную историю. Растет дефицит древесных ресурсов, поэтому поиск методов и возможностей для расширения ресурсной базы деревообрабатывающей промышленности по-прежнему вызывает интерес. Разработка новых, передовых технологий пропитки древесины лиственницы для предотвращения растрескивания – это устойчивый тренд технологического развития. Древесина лиственницы посредством пропитки приобретает более высокую стабильность и устойчивость к воздействию влаги и температуры. Теоретически предсказанная величина критического насыщения клеточной стенки древесины должна быть 15 % по весу, что является отправной точкой для дальнейших исследований.

### Список литературы

1. Шамаев В.А. Модифицирование древесины: монография / В.А. Шамаев, Н.С. Никулина, И.Н. Медведев. – 2-е изд., перераб. и доп. – Воронеж, 2022. – 571 с.
2. Патент РФ № 2789037 Устройство для пропитки древесины, Шамаев В.А., Медведев И.Н., Паринов Д.А., Русанов В.И., Росляков О.И. 27.01.2023. Заявка № 2022118212 от 04.07.2022.

### References

1. Shamaev V.A. Wood modification: a monograph / V.A. Shamaev, N.S. Nikulina, I.N. Medvedev. 2nd edition, revised and supplemented. Voronezh, 2022. 571 p.
2. Patent of the Russian Federation № 2789037 Device for impregnation of wood, Shamaev V.A., Medvedev I.N., Parinov D.A., Rusanov V.I., Roslyakov O.I. 27.01.2023. Application № 2022118212 from 04.07.2022.

## СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩЕГО ГИДРОПРИВОДА ЛЕСОПОЖАРНОГО ГРУНТОМЕТА

***Пивцов Анатолий Владимирович***

*соискатель кафедры механизации лесного хозяйства и проектирования машин  
ФГБОУ ВО «Воронежский государственный лесотехнический университет имени  
Г.Ф. Морозова», г. Воронеж, РФ*

*E-mail: vaiu\_nord@mail.ru*

***Попиков Петр Иванович***

*профессор кафедры механизации лесного хозяйства и проектирования машин  
ФГБОУ ВО «Воронежский государственный лесотехнический университет имени  
Г.Ф. Морозова», г. Воронеж, РФ*

*E-mail: popikovpetr @yandex.ru*

## IMPROVEMENT OF ENERGY-SAVING HYDRAULIC DRIVE OF FOREST FIRE SOIL THROWER

***Pivtsov Anatoly Vladimirovich***

*Applicant, Department of Mechanization of forestry and machine design, Voronezh State  
University of Forestry and Technologies named after G.F. Morozov, Voronezh, Russia*

*E-mail: vaiu\_nord@mail.ru*

***Popikov Petr Ivanovich***

*Professor, Department of Mechanization of forestry and machine design, Voronezh State  
University of Forestry and Technologies named after G.F. Morozov, Voronezh, Russia*

*E-mail: popikovpetr @jandex.ru*

**Аннотация.** Приведен анализ исследований, касающихся проблемы повышения энергоэффективности лесопожарных грунтометательных машин. Представлены усовершенствованная конструкция грунтомета с энергосберегающим гидроприводом ротора-метателя и математическая модель рабочего процесса пневмогидравлического предохранительного устройства.

**Abstract.** The article presents an analysis of studies related to the problem of increasing the energy efficiency of forest fire soil throwing machines. An improved design of a soil thrower with an energy-saving hydraulic drive of the throwing rotor and a mathematical model of the working process of a pneumohydraulic safety device are presented.

**Ключевые слова:** лесной пожар; грунтометательная машина; энергосберегающий гидропривод; ротор-метатель; предохранительное устройство

**Keywords:** forest fire; soil throwing machine; energy-saving hydraulic drive; rotor thrower; safety device

Проблему предупреждения и тушения лесных низовых пожаров невозможно решить без повышения эффективности рабочих процессов противопожарных грунтометательных машин. Огромный вклад в разработку противопожарной техники внесли сотрудники научно-исследовательского института ЛенНИИЛХ и Вырицкого механического завода. Ими созданы и серийно выпускались фрезерные полосопрокладыватели и грунтометы. Недостатком фрезерных грунтометательных машин является низкая скорость движения

агрегата и высокая энергоемкость при поперечном фрезеровании задернелых лесных почв, а также недостаточная защищенность фрезерных рабочих органов от поломок при встрече с препятствиями в виде пней и крупных боковых корней. В настоящее время продолжаются теоретические и экспериментальные исследования рабочих процессов лесопожарных грунтометательных машин. Следующим этапом совершенствования грунтометательных машин является оснащение дополнительными рабочими органами для предварительной подготовки почвы перед фрезами-метателями. В качестве дополнительных рабочих органов предлагаются сферические диски, фрезы, лемехи с лотками-подъемниками, шнеки и др.

В работе [1] проведен анализ степени крошения почвенного вала перед ротором-метателем сферическими вырезными дисками с гидроприводом экспериментального образца грунтомета-полосопрокладывателя. Установлено, что при углах атаки дисков в диапазоне  $25^{\circ} \dots 35^{\circ}$  степень крошения почвенного вала увеличивается на 20% с частотой вращения 4,5...6 об/с.

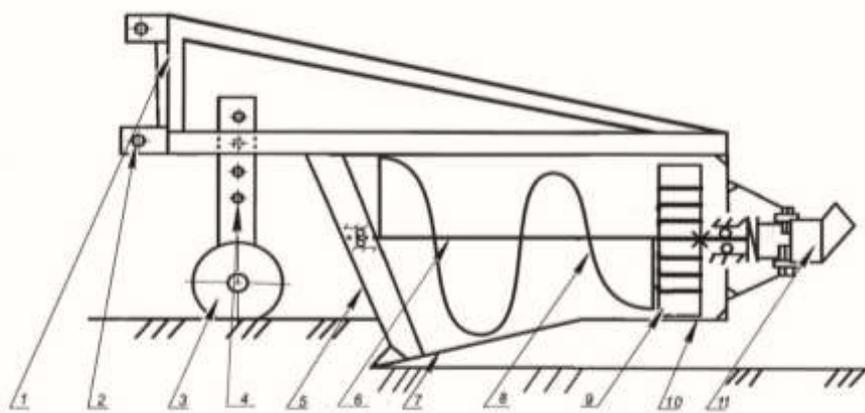
Для снижения динамических нагрузок и снижения энергозатрат предлагается применение гидропривода роторов-метателей с подключением пневмогидравлических аккумуляторов [Пат. №196851]. Предложенная конструкция грунтомета содержит кожух-рыхлитель с лемехом для предварительной подготовки почвы перед ротором-метателем с приводом от гидромотора. Гидроаккумулятор установлен между насосом и распределителем.

Проведены исследования рабочего процесса лесного пожарного грунтомета с энергосберегающим гидроприводом [2] на основании моделирования с помощью метода динамики частиц. Установлено, что скорость движения лесопожарного агрегата при предварительной подготовке почвы перед ротором-метателем может быть увеличена в 1.5-2 раза, рациональная частота вращения гидромотора ротора-метателя лежит в интервале 7...8 об/с, а динамические нагрузки снижаются на 34 %. Однако в предлагаемом грунтомете гидроаккумулятор выполнял лишь функцию демпфирования колебаний давления, а не накапливал энергию, теряемую при срабатывании предохранительных клапанов при преодолении препятствий, и не возвращал ее обратно в гидросистему.

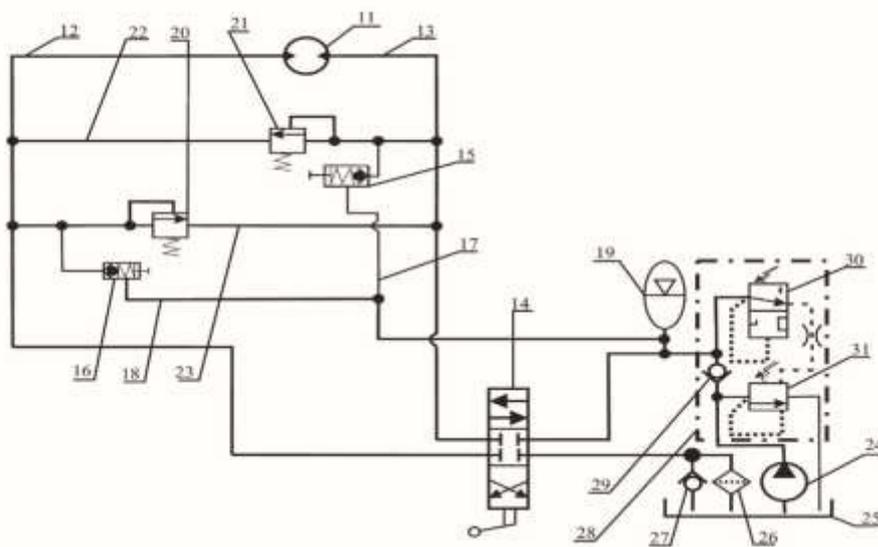
Многочисленные исследования энергосберегающих и предохранительных устройств почвообрабатывающих орудий проведены проф. Посметьевым В.И. [3]. В этой монографии отмечается, что большинство существующих и перспективных почвообрабатывающих орудий снабжены автоматическими индивидуальными предохранителями с автономными или общими гидроаккумуляторами. В результате исследований установлено, что пневмогидравлические предохранители снижают ударные нагрузки при встрече рабочих органов с препятствиями на 50-70 %. Поэтому целью наших исследований является усовершенствование конструкции грунтомета с энергосберегающим гидроприводом, обеспечивающей повышение эффективности предохранения рабочих органов и снижение энергоемкости при проведении работ по предупреждению и тушению лесных низовых пожаров.

Нами предлагается усовершенствованная конструкция грунтомета с энергосберегающим предохранительным устройством (рис. 1). Подготовка почвы перед ротором-метателем 9 с приводом от гидромотора 11 (рис. 1, а) совершается кожухом-рыхлителем 10 с лемехом 7. Затем грунт подается к ротору-метателю 9 за счет перемещения грунтомета шнеком 8, и поток грунта выбрасывается через окна для создания противопожарной полосы или на кромку огня при тушении лесного низового пожара. Грунтомет агрегируется с колесными быстроходными тракторами или лесопожарными автомобилями повышенной проходимости для оперативной доставки к месту возгорания в лесу. Для навешивания грунтомета имеется навесное устройство 1, смонтированное на раме 2. Глубина обработки почвы устанавливается с помощью опорного катка 3, установленного на раме с помощью стойки 4 с регулировочными

отверстиями. Шнек 8 смонтирован на валу 6 и обеспечивает подачу грунта по лотку 7 к ротору-метателю 9. Для предохранения ротора-метателя от прямого взаимодействия с пнями впереди рамы установлены наклонные ножи 5. Однако ротор-метатель может контактировать с порубочными остатками и пнями через боковые окна в кожухе 10 и может вращаться в разные стороны в зависимости от того, где находится кромка огня. В случае резкого торможения ротора-метателя давление рабочей жидкости повышается в гидролиниях 12 или 13 до предельных значений срабатывания предохранительных клапанов 20 или 21 (рис. 1, б), которые подают сигнал на открытие управляемых обратных клапанов 16 или 15, и поток жидкости подается в гидроаккумулятор 19, в котором накапливается энергия торможения ротора-метателя при встрече с препятствиями. При полностью заряженном гидроаккумуляторе разгрузочный узел 28 с помощью разгрузочного 30 и предохранительного 31 клапанов отключает гидронасос 22 от гидросистемы и гидронасос работает вхолостую, а ротор-метатель работает от гидроаккумулятора, за счет чего снижаются энергозатраты на прокладку противопожарных полос и тушения лесных низовых пожаров.



а)



б)

Рисунок 1. Схема грунтомета с энергосберегающим предохранительным устройством:  
 а – конструктивная схема грунтомета;  
 б – гидравлическая схема энергосберегающего гидропривода

Уравнение вращения ротора-метателя грунтомета при встрече с препятствием имеет вид

$$M_{ин} = M_{дв} - M_{рег}, \quad (1)$$

где  $M_{ин}$  - момент от сил инерции (динамический момент), Нм;

$M_{дв}$  - движущий момент от гидромотора ротора-метателя, Нм;

$M_{рег}$  - регулировочный момент ротора-метателя при срабатывании предохранительного клапана гидромотора, Нм.

После подстановки параметров гидропривода ротора – метателя грунтомета в уравнение (1) получим следующий вид:

$$J_{np} \frac{d^2 \varphi}{dt^2} = \frac{\eta_n q_m p}{2\pi \eta_0} - M_{рег}, \quad (2)$$

где  $J_{np}$  – момент инерции ротора-метателя, кг·м<sup>2</sup>,

$\varphi$  – угол поворота ротора – метателя, рад.,

$\eta_n; \eta_0$  – полный и объемный КПД гидромотора,

$q_m$  – рабочий объем гидромотора, м<sup>3</sup>/об;

$p$  – давление рабочей жидкости, Па.

Уравнение расходов рабочей жидкости энергосберегающего гидропривода имеет вид

$$q_n n_m = \frac{q_m}{\pi} \frac{d\varphi}{dt} + k_{ак} \sqrt{P_A - p} + a_y p + K_p \frac{dp}{dt}, \quad (3)$$

где  $K_p$  – коэффициент податливости упругих элементов гидропривода, м<sup>5</sup>/Па;

$q_n$  – рабочий объем насоса,  $\frac{м^3}{об}$ ,

$a_y$  – коэффициент утечек рабочей жидкости, м<sup>3</sup>/(Па·с);

$k_{ак}$  – коэффициент дросселирования в штуцере аккумулятора, м<sup>3</sup>·с·Па<sup>-1/2</sup>.

Таким образом, проведен анализ исследований, касающихся проблемы повышения энергоэффективности лесопожарных грунтометательных машин. Представлены усовершенствованная конструкция грунтомета с энергосберегающим гидроприводом ротора-метателя и математическая модель рабочего процесса пневмогидравлического предохранительного устройства, которая позволяет обосновать и оптимизировать кинематические и динамические параметры гидропривода ротора-метателя по критериям снижения динамической нагруженности и энергоемкости.

### Список литературы

1. Результаты экспериментальных исследований режимов работы лесопожарного полосопрокладывателя с гидроприводом вырезных дисковых рабочих органов / С.В. Зимарин, М.А. Гнусов, В.П. Попиков, Н.А. Шерстюков // Лесотехнический журнал. – 2021. – Т. 11. № 1 (41). – С. 155-162.
2. Влияние режимов работы лесопожарной грунтометательной машины с гидроприводом на показатели эффективности / П.И. Попиков, В.П. Попиков, А.В. Шаров, А.Ф. Петков, А.К. Поздняков // Лесотехнический журнал. 2020. Т. 10. № 1 (37). С. 209-217.
3. Посметьев В.И. Обоснование перспективных конструкций предохранителей для рабочих органов лесных почвообрабатывающих орудий: монография / В.И. Посметьев. – Воронеж, 2000. – 248 с.

## References

1. Results of experimental studies of the operating modes of a forest fire strip paver with a hydraulic drive of cut-out disk working bodies / S.V. Zimarin, M.A. Gnusov, V.P. Popikov, N.A. Sherstyukov // Forestry journal. - 2021. - Vol. 11. No. 1 (41). - P. 155-162.
2. Influence of operating modes of a forest fire soil throwing machine with a hydraulic drive on performance indicators / P.I. Popikov, V.P. Popikov, A.V. Sharov, A.F. Petkov, A.K. Pozdnyakov // Forestry Engineering Journal. 2020. vol. 10. No. 1 (37). P. 209-217.
3. Posmetev V.I. Justification of promising designs of safety devices for working bodies of forest tillage implements: monograph / V.I. Posmetev. – Voronezh, 2000. – 248 p.

## СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ОСОБЕННОСТЕЙ КОНСТРУКЦИЙ МАГНИТНЫХ ДЕМПФИРУЮЩИХ УСТРОЙСТВ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ МАШИН

***Полумиско Александр Алексеевич***

*аспирант кафедры механизации лесного хозяйства и проектирования машин,  
преподаватель СПО кафедры общей и прикладной физики ФГБОУ ВО «Воронежский  
государственный лесотехнический университет имени Г.Ф. Морозова», г. Воронеж, РФ  
E-mail: alex-polumisko@mail.ru*

## COMPARATIVE ANALYSIS OF THE DESIGN FEATURES AND RESEARCH OF MAGNETIC DAMPING DEVICES OF TECHNOLOGICAL MACHINES

***Polumisko Alexander Alexeevich***

*Post-graduate student of the Department of Forestry Mechanization and Machine Design,  
lecturer of the Department of General and Applied Physics, Voronezh State University of  
Forestry and Technologies named after G.F. Morozov, Voronezh, Russia*

**Аннотация.** В работе проведен обзор магнитных демпфирующих устройств для технологических машин, рассмотрены магнитожидкостные и электромагнитные демпферы. Сравнительный анализ выявил наиболее эффективные конструкции, включая гидравлические и самовозбуждающиеся демпферы.

**Abstract.** The article reviews magnetic damping devices for technological machines, focusing on magnetorheological and electromagnetic dampers. A comparative analysis identified the most effective designs, including hydraulic and self-exciting dampers.

**Ключевые слова:** демпфирующие устройства, системный анализ; многокритериальный метод сравнения; магнитные демпферы; конструктивная схема; технологические машины.

**Keywords:** damping devices, systems analysis, multicriteria comparison method, magnetic dampers, design scheme, technological machines.

Современные технологии управления колебаниями и вибрациями в различных отраслях промышленности, таких как машиностроение, используют магнитоэлектрические и магнитожидкостные демпферы с различными наполнителями. Эти устройства применяются для гашения вибраций и колебаний, повышения стабильности систем и обеспечения их надёжности в экстремальных условиях эксплуатации.

При принятии решения о выборе оптимальной конструктивной схемы демпфера важно провести сравнение по величине колебаний давления, гасимых демпфером, его габаритам и надежности, а также учесть размеры и массу поршня. Поэтому проблему придется решать в рамках системного комплексного подхода. Необходимо понимать, что выбор является поиском компромиссного решения с учетом ситуации применения манипулятора в сложных условиях. [6].

Целью данной работы является на примере сравнительного анализа новейших конструктивных схем магнитных демпфирующих устройств продемонстрировать возможности применения методов многокритериального анализа при выборе оптимального варианта в рамках системного подхода.

На первом этапе комплексных методов поддержки систем принятия решения необходимо определиться с возможными вариантами конструктивных схем демпфирующих устройств. На настоящий момент нет единого мнения о том, какие демпферы наиболее эффективны в машиностроении. Будут рассмотрены некоторые виды магнитных демпферов, которые используются и показывают высокую эффективность в работе технологических машин. Первый из них самовозбуждающийся магнитожидкостный электромеханический демпфер. Его основными элементами являются: ферромагнитный корпус (1), торцовая ферромагнитная верхняя крышка (2), торцовая ферромагнитная нижняя крышка (3), ферромагнитная перегородка (4), магнитная жидкость (5), соленоидная якорная катушка (6), шток (7), уплотнительные кольца (8), кольцевой зазор (9), катушка управления (10), немагнитный цилиндрический кожух (11), кольцевые полюса (12), кольцевой постоянный магнит (13), провода (14), управляющие устройство (15), внешний источник питания (16) (рис 1).

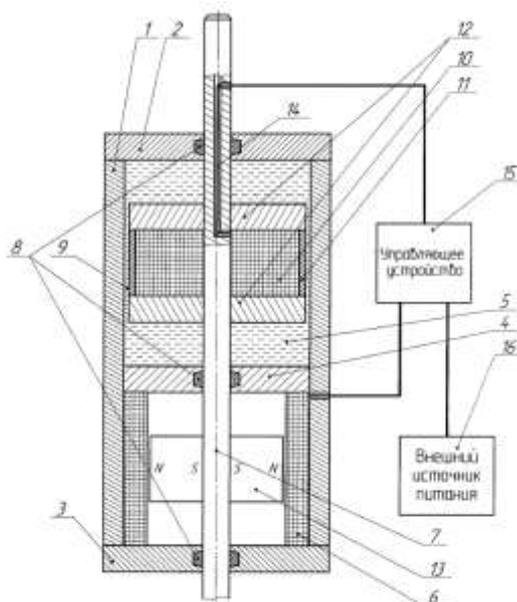


Рисунок 1. Самовозбуждающийся магнитожидкостный электромеханический демпфер по патенту RU205731U1 [1]

Данное изобретение создано для расширения рабочего диапазона гашения колебаний с возможностью его автоматического регулирования и, как следствие, увеличения эффективности демпфирования.

В патенте RU2343491C2 [2] рассмотрена конструктивная схема, содержащая: пару магнитных полюсов (1), электропроводящий элемент (ротор) (2), силовые линии магнитного поля (линии магнитной индукции) (3), силовые линии краевых магнитных потоков рассеяния (4), выступы электропроводящего элемента (А), направление вращения электропроводящего элемента (В) (рис 2). Указанные элементы установлены с возможностью их относительного перемещения. Отличие данной демпфирующей системы состоит в том, что электропроводящий элемент выполнен, по крайней мере, с одним выступом, выступающим за габариты магнитных полюсов так, что он максимально приближен, по меньшей мере, к одному магнитному полюсу и пронизывается по высоте его краевыми магнитными потоками, при этом площадь выступа в любом сечении, перпендикулярном направлению перемещения, выбрана из условия обеспечения минимально возможного электрического сопротивления для индуцируемых в электропроводящем элементе вихревых токов.

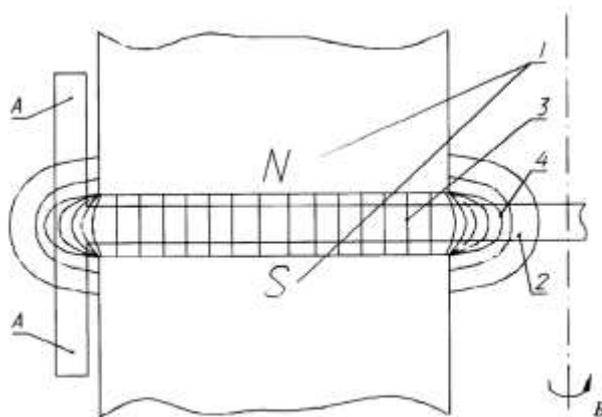


Рисунок 2. Магнитоиндукционный демпфер по патенту RU2343491C2 [2]

Важно отметить, что использование данной конструкции обеспечивает уменьшение массогабаритных характеристик, увеличение коэффициента демпфирования и повышение жёсткости электропроводящего элемента.

Адаптивное устройство-демпфер по патенту RU185576U1 является осевым демпфером с пассивным регулятором магнитной силы (рис. 3), выполняющим функцию магнитной опоры. Осевой демпфер состоит из двух упругих частей (1), (2), выполненных из резины, вращающейся вал (3), вогнутый конус (4), выпуклый конус (5), жесткий подшипник (6), магнитные вставки (7), (8) (постоянные магниты цилиндрической формы), четыре кольцевые канавки (9), металлические стаканы с отверстиями (10), (11). Данная конструкция выполнена с возможностью демпфирования осевых колебаний быстровращающихся валов в виде осевого демпфера с пассивным регулятором, выполняющего функцию магнитной опоры. В упругой части с выпуклым конусом установлены выступающие над контактирующей поверхностью магнитные вставки, образующие концентричные ряды с расположением магнитных вставок в шахматном порядке для обеспечения ступенчатого взаимодействия с магнитными вставками, утопленными в соответствующих кольцевых канавках упругой части с вогнутым конусом, причем магнитные вставки в упругих частях установлены с расположением одноименных полюсов навстречу друг другу.

Представленное демпфирующее устройство позволяет упростить конструкцию за счет пассивного регулирования управлением устройства и в расширении арсенала технических средств для гашения колебаний в быстровращающихся роторах.

Электростатический демпфер (рис 4) по патенту RU2656232C1 состоит из: герметичный корпус (1), вал (2), подвижный элемент (3), металлические электроды (4), зазор между электродами и поверхностью подвижного элемента (5), диэлектрическая среда (6), два управляющих винта (7), шестерня (8), внешняя шестерня (9), передний щит (10), задний щит (11), основание ротора (12), пружина (13). Данная конструкция работает по следующему принципу.

На металлические электроды подают напряжение, создают тормозящее электрическое поле, которым связывают вращающийся в диэлектрической жидкостной среде подвижный элемент структурированными в электрическом поле мелкодисперсными частицами диэлектрической жидкостной среды, увеличивая ее вязкость.

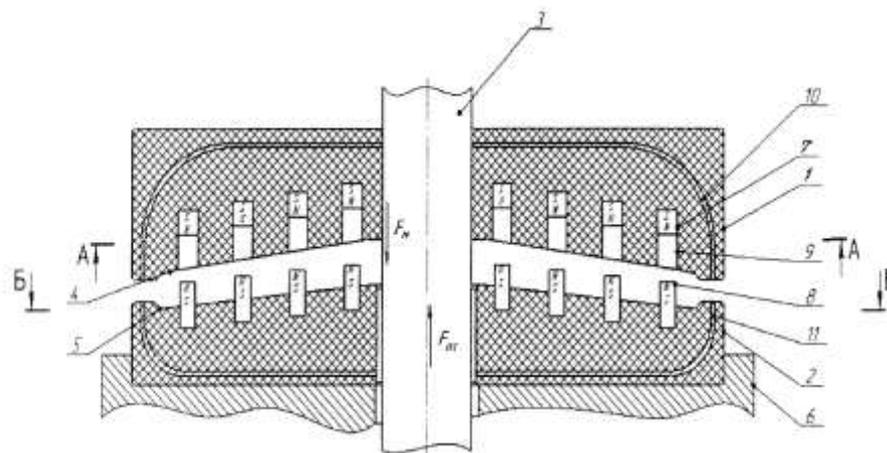


Рисунок 3. Общий вид адаптивного устройства-демпфера по патенту RU185576U1 [3]

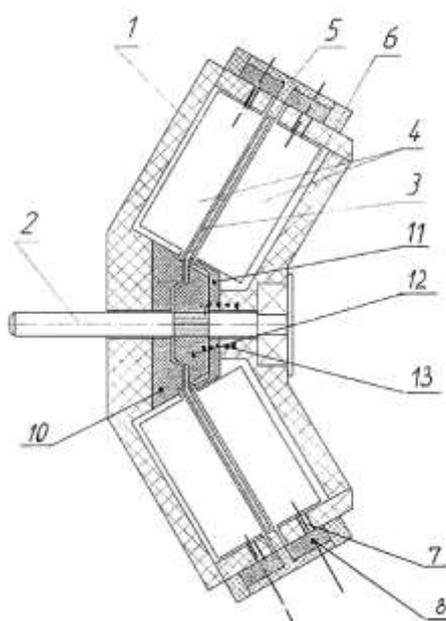


Рисунок 4. Электростатический демпфер по патенту RU2656232C1[4]

При низком значении напряженности поля повышают вязкость диэлектрической жидкостной среды подачей высокого напряжения на электроды, тем самым усиливают электрическое поле, воздействующее на диэлектрическую жидкостную среду, изменяют ее вязкость и затормаживают демпфер, в котором в качестве подвижного элемента использован конусообразный подвижный элемент из проводящего материала, помещенный в герметичный диэлектрический корпус, заполненный диэлектрической жидкостной средой и оснащенный системой для регулирования угла наклона электродов относительно нормали к поверхности подвижного элемента и величины воздушного зазора между электродами и поверхностью подвижного элемента. В результате повышается степень управляемости демпфирующие свойства.

Гидравлический демпфер (рис. 5) по патенту RU2551866C1 содержит следующие конструктивные элементы: рабочий цилиндр (1), шлицевыми стержни (2) и (3), упорные выступы (4) и (5), половины поршня (6) и (7), дроссельные каналы (8) и (9), каналы Г-образной формы (10) и (11), пластины (12), тела качения (13), кожух (14), магнитное кольцо (15), монтажный кронштейн на кожухе (16), монтажный кронштейн на рабочем цилиндре (17), рабочая жидкость (18), винтовые пружины сжатия (19). Основное отличие

данной демпфирующей системы состоит в том, что она содержит рабочий цилиндр, связанный с кожухом через тела качения.

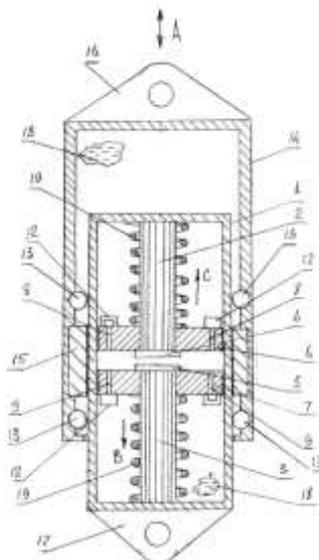


Рисунок 5. Гидравлический демпфер по патенту RU2551866C1 [5]

Поршень выполнен из магнитного материала. Магнитное кольцо, жестко закрепленное на кожухе, контактирует через воздушный зазор с поршнем. Внутри рабочего цилиндра соосно установлены два шлицевых стержня, выполненных из упругого материала. Шлицевые стержни взаимосвязаны с ответными шлицами половин поршня. Каждая из половин поршня подпружинена относительно рабочего цилиндра и снабжена вертикально расположенными дроссельными каналами. Каналы переходят на наружных поверхностях в каналы Г-образной формы. Выходные отверстия каналов примыкают с зазором к пластинам. Пластины жестко закреплены на половинах поршня. Таким образом достигается изменение демпфирующих характеристик в зависимости от микро и макропрофиля земной поверхности.

Сравнение описанных выше конструкций демпфирующих устройств осуществлялось многокритериальным методом сравнения альтернатив Саати. В качестве параметров сравнения были выбраны: востребованность в различных отраслях промышленности, массогабаритность и функциональные возможности.

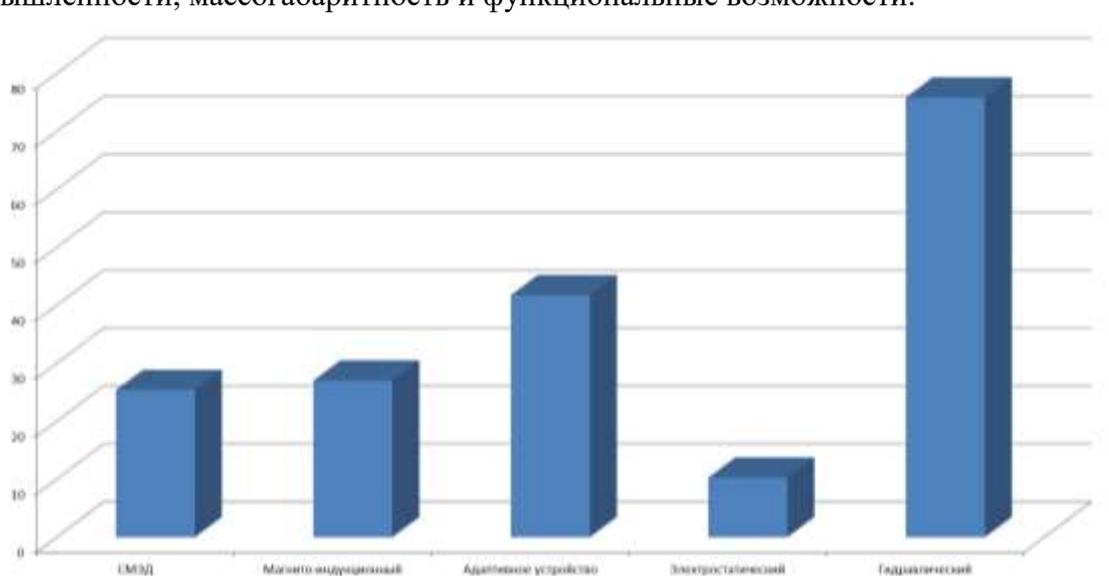


Рисунок 6. Результаты сравнения магнитных демпфирующих устройств с помощью многокритериального метода

Сравнение этих параметров проводилось вербально на основании большого количества информационных источников. Поэтому коэффициенты их сравнительной значимости  $b_{ij}$  определялись по прогрессивной шкале отношений (3:5:7) [7]. Причем самым значимым был выбран такой критерий как востребованность, затем массогабаритность и функциональные возможности. По выбранным коэффициентам рассчитывался вектор матрицы сравнения  $\rho_i$  по формуле [8-10]:

$$\rho_i = \sqrt[k]{\prod_{l=1}^k b_{il}}, \quad (1)$$

где  $k$  – количество системно обоснованных критериев соответственно (в данном случае  $k = 3$ ). Затем на основании собранной информации о конструктивных схемах демпфирующих устройств с учетом последних разработок по прогрессивной шкале формировались коэффициенты попарного сравнения альтернатив  $a_{ij}$  по каждому критерию отдельно [8-10]. По последним составлялась матрица:

$$\omega_{ij} = \sqrt[n]{\prod_{m=1}^n a_{ijm}}, \quad (2)$$

где  $n$  – число сравниваемых магнитных демпфирующих устройств (в данном случае  $n = 5$ ), где  $i$  – порядковый номер критерия сравнения,  $j$  – порядковый номер демпфера. Для нормировки использовалось соотношение:

$$\omega_{ijn} = \frac{\omega_{ij}}{\sum_{j=1}^n \omega_{ij}}, \quad (3)$$

Анализ осуществлялся по индикатору сравнения для каждого демпфера

$$\Omega_j = \sum_i \rho_i \omega_{ijn}. \quad (4)$$

В результате сравнения выяснилось (рис. 6), что для выбранных критериев наиболее перспективной является схема с гидроприводом (*гидравлический демпфер по патенту RU2551866C1*).

В заключение хотелось бы отметить, что применение многокритериального метода сравнения конструктивной схемы в технологиях поиска решения является удобным обоснованием выбора в условиях комплексного анализа.

### Список литературы

1. Патент № 205731 U1 РФ. Самовозбуждающийся магнитожидкостный электромеханический демпфер: № 2021112961: заявл. 04.05.2021: опубл. 30.07.2021 / С.А. Нестеров, И.С. Егоров, Н.А. Морозов.
2. Патент № 2343491 С2 РФ. Магнитоиндукционный демпфер: № 2006137399/09: заявл. 23.10.2006: опубл. 10.01.2009 / С.В. Колесников, В.П. Нохрин, В.Г. Собянин, А.В. Санников, П.Ф. Сивогринов.
3. Патент № 185576 U1 РФ. Адаптивное устройство-демпфер: № 2018122318: заявл. 18.06.2018: опубл. 11.12.2018 / Э.А. Петровский, Е.А. Кожухов, К.А. Башмур.
4. Патент № 2656232 С1 РФ. Электростатический демпфер: № 2017125672: заявл. 17.07.2017: опубл. 04.06.2018 / Ф.Р. Исмагилов, Р.Ф. Алетдинов, Т.А. Волкова, Р.Р. Калимуллин, А.А. Маликов.

5. Патент № 2551866 С1 РФ. Гидравлический демпфер: № 2014132544/11: заявл. 06.08.2014: опубл. 27.05.2015 / Е.В. Сливинский, В.И. Киселёв, С.Ю. Радин, Д.Н. Климов, Д.С. Кровцов.
6. Теоретические основы системного анализа / В.И. Новосельцев, Б.В. Тарасов, В.К. Голиков, Б.Е. Демин ; под ред. В.И. Новосельцева. – М.: Майор, 2006. – 592 с. – ISBN 5-98551-022-0.
7. Саати, Т. Принятие решений. Метод анализа иерархий / Т. Саати ; пер. с англ. Р.Г. Вачнадзе. – Москва: Радио и связь, 1993. – 278 с.
8. Системный подход к проблеме обоснования модернизации лесозаготовительных машин / П.И. Попиков, Н.Ю. Евсикова, Н.С. Камалова, В.С. Полянин // Актуальные направления научных исследований XXI века: теория и практика. – 2015. – № 2, ч. 2 (13-2). – С. 296-300.
9. Кузнецов Д.С. Применение метода анализа иерархий для обоснования выбора наиболее эффективного корчевателя / Д.С. Кузнецов, Е.В. Поздняков, Н.Ю. Евсикова // Воронежский научно-технический вестник. – 2020. – Т. 1, № 1 (26). – С. 91-95.
10. Оценка эффективности механизмов корчевательных машин методом сравнения альтернатив Саати / И.М. Бартнев, Е.В. Поздняков, А.К. Поздняков, М.В. Шавков // Воронежский научно-технический вестник. – 2018. – Т. 1, № 1 (23). – С. 91-95.

### References

1. Patent No. 205731 U1 RF. Self-excited magneto-fluid electromechanical damper: No. 2021112961: avv. 04.05.2021: published 30.07.2021 / S.A. Nesterov, I.S. Egorov, N.A. Morozov.
2. Patent No. 2343491 C2 RF. Magnetoinduction damper: No. 2006137399/09: avt. 23.10.2006: published 10.01.2009 / S.V. Kolesnikov, V.P. Nokhrin, V.G. Sobyenin, A.V. Sannikov, P.F. Sivogrivov.
3. Patent No. 185576 U1 RF. Adaptive damping device: No. 2018122318: avt. 18.06.2018: published 11.12.2018 / E.A. Petrovsky, E.A. Kozhukhov, K.A. Bashmur.
4. Patent No. 2656232 C1 RF. Electrostatic damper: No. 2017125672: avv. 17.07.2017: published 04.06.2018 / F.R. Ismagilov, R.F. Aletdinov, T.A. Volkova, R.R. Kalimullin, A.A. Malikov.
5. Patent No. 2551866 C1 RF. Hydraulic damper: No. 2014132544/11: avv. 06.08.2014: published 27.05.2015 / E.V. Slivinsky, V.I. Kiselev, S.Y. Radin, D.N. Klimov, D.S. Krovtsov.
6. Theoretical bases of system analysis / V.I. Novoseltsev, B.V. Tarasov, V.K. Golikov, B.E. Demin; edited by V.I. Novoseltsev. M.: Major, 2006. 592 p. ISBN 5-98551-022-0.
7. Saati, T. Decision Making. The method of hierarchy analysis / T. Saati; transl. from English by R.G. Vachnadze. Moscow: Radio and Communication, 1993. 278 p.
8. System approach to the problem of justifying the modernization of forest machines / P.I. Popikov, N.Y. Evsikova, N.S. Kamalova, V.S. Polyanin // Actual directions of scientific research of the XXI century: theory and practice. - 2015. - № 2, part 2 (13-2). - P. 296-300.
9. Kuznetsov, D.S. Application of the method of hierarchy analysis to justify the choice of the most effective uprooter / D.S. Kuznetsov, E.V. Pozdnyakov, N.Y. Evsikova // Voronezh Scientific and Technical Bulletin. - 2020. - Vol. 1, № 1 (26). - P. 91-95.
10. Evaluation of the effectiveness of the mechanisms of the uprooting machines by the method of Saaty alternatives comparison / I.M. Bartnev, E.V. Pozdnyakov, A.K. Pozdnyakov, M.V. Shavkov // Voronezh Scientific and Technical Journal. - 2018. - Vol. 1, № 1 (23). - P. 91-95.

ВЛИЯНИЕ ДИНАМИЧЕСКИХ НАГРУЗОК НА УСТОЙЧИВОСТЬ  
ЛЕСОТРАНСПОРТНОЙ МАШИНЫ МАНИПУЛЯТОРНОГО ТИПА

**Попиков Сергей Константинович**

*аспирант ФГБОУ ВО «Воронежский государственный лесотехнический университет имени Г.Ф. Морозова», г. Воронеж, РФ*

*E-mail: sergropikov@mail.ru*

INFLUENCE OF DYNAMIC LOADS ON THE STABILITY OF A MANIPULATOR TYPE  
TIMBER TRANSPORT MACHINE

**Popikov Sergei Konstantinovich**

*Postgraduate student, Voronezh State University of Forestry and Technologies named after G.F. Morozov, Voronezh, Russia*

**Аннотация.** Проведен анализ литературных источников. Представлена математическая модель рабочего процесса гидроманипулятора лесотранспортной машины при работе на уклоне при аварийном сбросе груза.

**Abstract.** The analysis of literary sources is carried out. A mathematical model of the working process of a hydraulic manipulator of a timber transport machine when working on a slope during an emergency dumping of cargo is presented.

**Ключевые слова:** лесотранспортная машина; гидроманипулятор; механизм подъема стрелы; математическая модель.

**Keywords:** timber transport machine; hydraulic manipulator; boom lifting mechanism; mathematical model.

Задачи отечественного лесного комплекса невозможно решить без повышения эффективности заготовки древесного сырья с применением лесотранспортных машин манипуляторного типа [2]. Однако при эксплуатации отечественных лесотранспортных машин выявилась проблема недостаточной устойчивости против опрокидывания. Одной из причин потери устойчивости являются высокие динамические нагрузки, возникающие во время переходных процессов, так как оператору сложно обеспечить плавность пуска и торможения технологического оборудования [1]. В ходе анализа профильной литературы и существующих научных публикаций было установлено, что исследований влияния динамической нагруженности на устойчивость лесотранспортных машин манипуляторного типа проведено недостаточно. Поэтому важнейшей задачей является предупреждение высоких динамических нагрузок при погрузочно-разгрузочных работах в процессе сортиментной заготовки древесины при рубках ухода за лесом.

В настоящее время на существующих лесных гидроманипуляторах для снижения динамических нагрузок применяются различные демпферы, дроссели и гасители колебаний давления рабочей жидкости. Однако они малоэффективны, так как снижают динамические нагрузки только в конечных положениях поршней гидроцилиндров.

Для снижения динамической нагруженности предложен механизм подъема стрелы манипулятора с дополнительным демпфером, защищенный патентом на изобретение RU2789167 С1, который гасит всплески давления рабочей жидкости при промежуточных остановках стрелы при погрузочно-разгрузочных работах [3].

Для повышения устойчивости во время погрузочно-разгрузочных работ лесотранспортных машин манипуляторного типа на погрузочных площадках также применяются системы выравнивания с помощью гидравлических опор (аутригеров), однако управление гидроцилиндрами аутригеров производится вручную рукоятками распределителей из-за чего расходуется много времени. Кроме этого, на слабонесущих грунтах возможны внезапные проседания опор аутригеров и возникновение критических ситуаций потери поперечной устойчивости лесотранспортной машины.

Нами предлагается гидросистема механизма автоматической разгрузки захвата при критических углах опрокидывания лесотранспортной машины в поперечной плоскости (рис. 1). При этом предусмотрено два режима работы манипулятора лесотранспортной машины.

Первый режим работы подразумевает незначительное (до  $10^0$ ) внезапное отклонение оси опорно-поворотного устройства от вертикального положения, которое может быть вызвано просадкой грунта под одним из аутригеров. В данном случае происходит автоматическое выравнивание опорно-поворотного устройства следующим образом: электрический сигнал с реостатной направляющей 1 отвесного датчика 2 подается в трехпозиционные электромагнитные распределители 8 и 9 гидравлических цилиндров аутригеров 3 и 4.

Второй режим работы подразумевает значительное внезапное отклонение оси опорно-поворотного устройства от вертикального положения, в результате чего может произойти потеря устойчивости и последующее опрокидывание лесотранспортной машины. В этом случае электрический сигнал с реостатной направляющей 1 отвесного датчика 2 подается сначала в трехпозиционный распределитель с электромагнитным управлением 12 гидравлического цилиндра 5 захвата для мгновенного сброса груза. После чего электрический сигнал подается в трехпозиционные распределители с электромагнитным управлением 10 и 11, управляющие гидравлическими цилиндрами 6 и 7 для опускания стрелы и рукояти в нижнее положение до упора в опорную поверхность погрузочной площадки. В процессе сброса груза и опускания стелы манипулятора демпфер 13 с подпружиненным плунжером гасит колебания давления в гидроцилиндре стрелы и уменьшает динамические нагрузки.

Для исследования процесса погрузочных работ с учетом воздействия сил инерции с дополнительным демпфером разработаны расчетные схемы подъема груза с максимальным вылетом стрелы с учетом наклона опорно-поворотного устройства, вызванного просадкой грунта под правым аутригером в точке А (рис. 1) и расчетная схема демпфера (рис. 2).

Согласно приведенным расчетным схемам разработана математическая модель, включающая дифференциальные уравнения подъема стрелы, расхода рабочей жидкости, движения поршня гидроцилиндра захвата и движения плунжера демпфера. В момент аварийного сброса груза возникает сила упругой деформации стреловой группы, направленная в противоположную сторону, которую при проектных расчетах принимают равной 25% от основной нагрузки. При совмещении рабочих процессов гидроцилиндра подъема стрелы манипулятора и гидроцилиндра захвата в момент мгновенной разгрузки захвата уравнение расходов рабочей жидкости включает расходы гидроцилиндра стрелы и захвата:

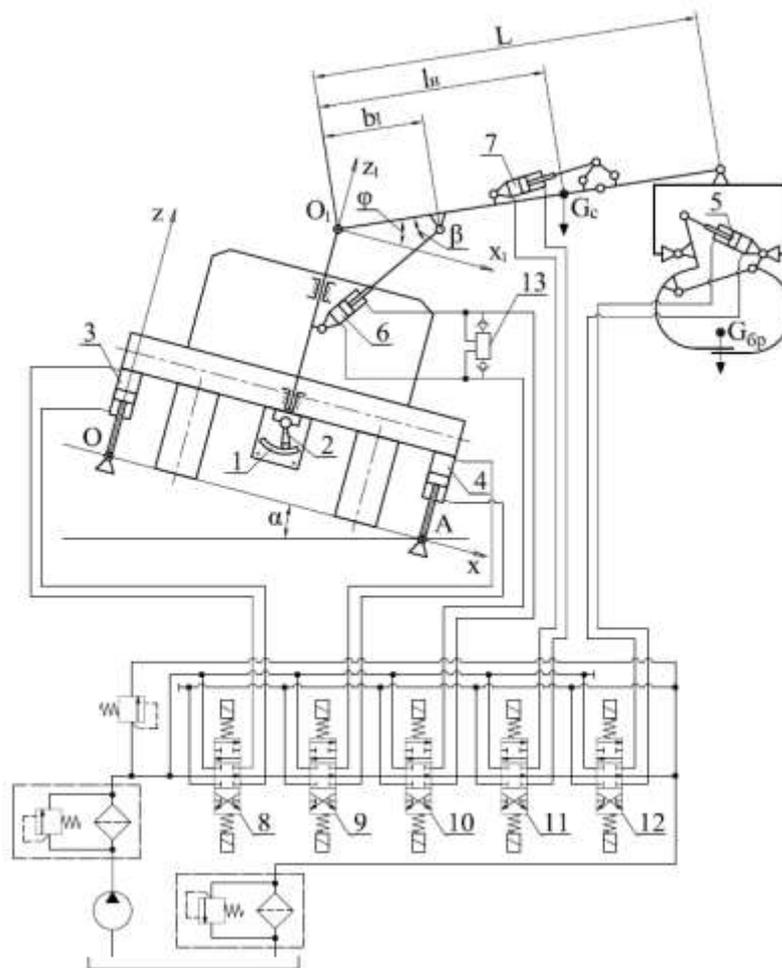


Рисунок 1. Расчетная схема лесотранспортной машины манипуляторного типа при наклоне опорно-поворотного устройства

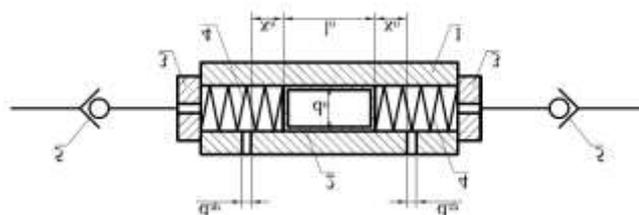


Рисунок 2. Расчетная схема демпфера в гидроприводе механизма подъема стрелы:  
1 – корпус; 2 – плунжер; 3 – крышка; 4 – пружина; 5 – обратный клапан

$$\left\{ \begin{aligned} (J_{6p} + J_c) \frac{d^2\varphi}{dt^2} &= \frac{\pi d_c^2 b_1 \sin \beta}{4} p + 0,25 (G_{6p} L + G_c l_H) (\cos \varphi \cos \alpha + \sin \varphi \sin \alpha), \\ q_H n_H &= \frac{\pi d_c^2 b_1 \sin \beta}{4} \frac{d\varphi}{dt} + \frac{\pi (d_3^2 - d_{шт}^2)}{4} \frac{dh_3}{dt} + \frac{\pi d_{п}^2}{4} \frac{dx_{п}}{dt} + a_y p + K_p \frac{dp}{dt}, \\ m_{6p} \frac{d^2 h_3}{dt^2} &= \frac{\pi (d_3^2 - d_{шт}^2)}{4} p - F_{тр} - F_c, \\ m_{п} \frac{d^2 x_{п}}{dt^2} &= \frac{\pi d_{п}^2}{4} \left( p - \xi \rho \frac{v_{др}^2}{2} \right) - c_{п} x_{п} - k_{п} \frac{dx_{п}}{dt}, \end{aligned} \right. \quad (1)$$

где  $J_{6p}$  – момент инерции пачки бревен относительно точки  $O_1$ , кг·м<sup>2</sup>;  
 $J_c$  – момент инерции стреловой группы манипулятора относительно точки  $O_1$ , кг·м<sup>2</sup>;  
 $G_{6p}$  – сила тяжести пачки бревен в захвате, Н;  
 $G_c$  – сила тяжести стреловой группы манипулятора, Н;

$F_{тр}$  – сила трения в гидроцилиндре захвата, Н;  
 $F_c$  – сила сопротивления раскрытию захвата, Н;  
 $m_{бр}$  – масса бревен, кг;  
 $q_n$  – рабочий объем насоса, м<sup>3</sup>/об;  
 $n_n$  – частота вращения насоса, об/с;  
 $p$  – текущее значение давления в гидроприводе, Па;  
 $a_y$  – коэффициент, учитывающий утечки жидкости, м<sup>5</sup>/(Н·с);  
 $K_p$  – коэффициент податливости гидропривода, м<sup>5</sup>/(Н·с);  
 $d_c$  – внутренний диаметр гидроцилиндра стрелы, м;  
 $d_з$  – внутренний диаметр гидроцилиндра захвата, м;  
 $d_{шт}$  – диаметр штока гидроцилиндра захвата, м;  
 $h_з$  – ход шока гидроцилиндра захвата, м;  
 $d_{пл}$  – диаметр плунжера демпфера, м;  
 $x_{пл}$  – ход плунжера демпфера, м;  
 $m_{пл}$  – масса плунжера демпфера, кг;  
 $k_{пл}$  – коэффициент трения плунжера демпфера;  
 $\rho$  – плотность рабочей жидкости, кг/м<sup>3</sup>;  
 $\xi$  – коэффициент сопротивления дросселя;  
 $v_{др}$  – скорость жидкости, проходящей через дроссель, м/с;  
 $c_{пл}$  – жёсткость пружины демпфера, Н/м.

Обозначения остальных параметров, входящих в уравнения приведены на рис. 1.

Решение математической модели рабочего процесса гидроманипулятора лесотранспортной машины с учетом уклона при проседании слабонесущего грунта под аутригерами позволит обосновать параметры и режимы работы гидросистемы механизма автоматической разгрузки захвата при критических углах опрокидывания лесотранспортной машины в поперечной плоскости и обеспечить устойчивость и безопасность эксплуатации машин в лесном комплексе.

### Список литературы

1. Александров В.А., Александров А.В. Моделирование технологических процессов лесных машин: учебник. – Изд. 3-е, перераб. – М.: Лань, 2016. – 368 с.
2. Гидроманипуляторы и лесное технологическое оборудование: монография / под ред. И.М. Бартенева. – М.: ФЛИНТА: Наука, 2011. – 408 с.
3. Гидропривод грузоподъемного механизма лесного манипулятора: патент на изобретение RU 2789167 C1. Заявка №2022119768 / Попиков П.И., Черных А.С., Богданов Д.С., Попиков С.К., Поздняков Е.В., Попикова А.В.; заявл. 19.07.2022; опубл. 30.01.2023, Бюл. №4. 9 с.

### References

1. Aleksandrov V.A., Aleksandrov A.V. Modeling of technological processes of forest machines: textbook. – 3rd edition, revised. – Moscow: Lan, 2016. 368 p.
2. Hydromanipulators and forest technological equipment: a monograph / edited by I.M. Bartenev. Moscow: FLINTA: Nauka, 2011. 408 p.
3. Hydraulic drive of the lifting mechanism of the forest manipulator: patent for invention RU 2789167 C1. Application №2022119768 / Popikov P.I., Chernykh A.S., Bogdanov D.S., Popikov S.K., Pozdnyakov E.V., Popikova A.V.; avt. 19.07.2022; published 30.01.2023, Bulletin No. 4. 9 p.

РЕЗУЛЬТАТЫ ТЕОРЕТИЧЕСКИХ И ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ  
ДИНАМИЧЕСКОЙ НАГРУЖЕННОСТИ ГРУЗОПОДЪЕМНОГО МЕХАНИЗМА  
ЛЕСНОГО МАНИПУЛЯТОРА

**Попикова Алина Викторовна**

*аспирант кафедры механизации лесного хозяйства и проектирования машин  
ФГБОУ ВО «Воронежский государственный лесотехнический университет имени  
Г.Ф. Морозова», г. Воронеж, РФ*

*E-mail: poalinka@mail.ru*

RESULTS OF THEORETICAL AND EXPERIMENTAL STUDIES OF DYNAMIC  
LOADING OF THE LIFTING MECHANISM OF THE FORESTRY MANIPULATOR

**Popikova Alina Viktorovna**

*Graduate student of the Department of Forestry Mechanization and Machine Design,  
Voronezh State University of Forestry and Technologies named after G.F. Morozov, Voronezh,  
Russia*

**Аннотация.** Проведен анализ литературных источников. Предложен новый грузоподъемный механизм гидроманипулятора с подключением демпфера для снижения динамических нагрузок. Разработана и решена математическая модель рабочего процесса гидроманипулятора. Проведены экспериментальные исследования динамики гидропривода манипулятора, результаты которых подтверждают адекватность математической модели.

**Abstract.** The analysis of literary sources is carried out. A new lifting mechanism of the hydraulic manipulator with the connection of a damper to reduce dynamic loads is proposed. A mathematical model of the hydraulic manipulator workflow has been developed and solved. Experimental studies of the dynamics of the manipulator hydraulic drive were carried out, the results of which confirmed the adequacy of the mathematical model.

**Ключевые слова:** лесотранспортная машина, гидроманипулятор, механизм подъема стрелы; математическая модель, демпфер.

**Keywords:** forestry machine; hydraulic manipulator; boom lifting mechanism; mathematical model, damper.

Предприятия лесного комплекса РФ осуществляют поэтапный переход на механизированный способ заготовки сортиментов. Для его реализации активно внедряются отечественные многооперационные манипуляторные машины (харвестер МЛХ-414 и форвардеры МЛПТ-354, МЛ-131М, автосортиментовозы ЛВ-185-14 и др.). В процессе эксплуатации многооперационных машин проявилась проблема недостаточной надежности металлоконструкций и элементов гидропривода их манипуляторов. Анализ статистики отказов манипуляторов показал, что на долю металлоконструкций приходится 40%, а на элемент гидропривода 32% от общего числа отказов.

Для исследования процесса погрузочно-разгрузочных работ манипулятора сортиментовоза (рис. 1) [2] с учетом подключения в гидропривод механизма подъема стрелы дополнительного демпфера, защищенный патентом на изобретение [1] (рис. 2), составлены расчетные схемы механизма подъема стрелы (рис. 3) и демпфера (рис. 4).



Рисунок 1. Сортиментовоз с манипулятором ЛВ-185-14

Нами предлагается новый гидропривод грузоподъемного механизма с демпфирующим устройством, гасящий всплески давления при остановках стрелы в промежуточных положениях, получен патент на изобретение № 2789167 от 19.07.2022 г. Новизна технического решения заключается в том, что гидропривод грузоподъемного механизма лесного манипулятора, включающий насос, гидрораспределитель, гидроцилиндр привода грузоподъемной стрелы, дополнительный демпфер, согласно изобретению, плунжер дополнительного демпфера выполнен пустотелым и подпружинен с двух сторон, корпус демпфера снабжен резьбовыми пробками, выполненными заодно с обратными клапанами, регулировочными шайбами для регулирования объема полостей демпфера, которые сообщены с полостями гидроцилиндра привода грузоподъемной стрелы через регулируемые дроссели, встроенные в корпус демпфера.

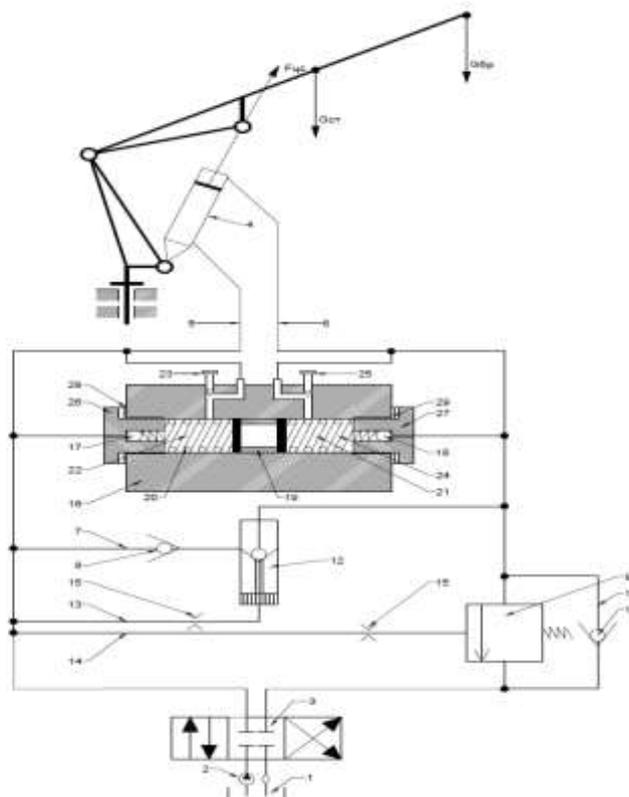


Рисунок 2. Гидрокинематическая схема механизма подъема манипулятора с дополнительным демпфером (патент на изобретение № 2789167)

На рис. 2 представлена схема гидропривода грузоподъемного механизма. Гидропривод состоит из маслобака 1, насоса 2, гидрораспределителя 3, гидроцилиндра 4,

привода грузоподъемной стрелы с подводщим 5 и отводящим 6 трубопроводами, соединенными между собой трубопроводом 7, в который подключен обратный клапан 8. В отводящий трубопровод установлен управляемый клапан 9, параллельно которому подключен трубопровод 10 с обратным клапаном 11, а в трубопровод 7 дополнительно подключен нормально закрытый управляемый клапан 12 с линией управления 13. Управляемый клапан 9 снабжен линией управления 14. В линиях управления 13 и 14 установлены дроссельные демпферы 15. К подводщему и отводящему трубопроводам подключен дополнительный демпфер 16, через обратные клапаны 17 и 18, в корпусе которого размещен пустотелый плунжер 19, подпружиненный с двух концов пружинами сжатия 20 и 21. Левая полость 22 демпфера соединяется с гидролинией 5 через канал и регулируемый дроссель 23, а правая полость 24 демпфера соединена с гидролинией 6 через канал и регулируемый дроссель 25. В корпусе 16 установлены резьбовые пробки 26 и 27 с регулировочными шайбами 28 и 29.

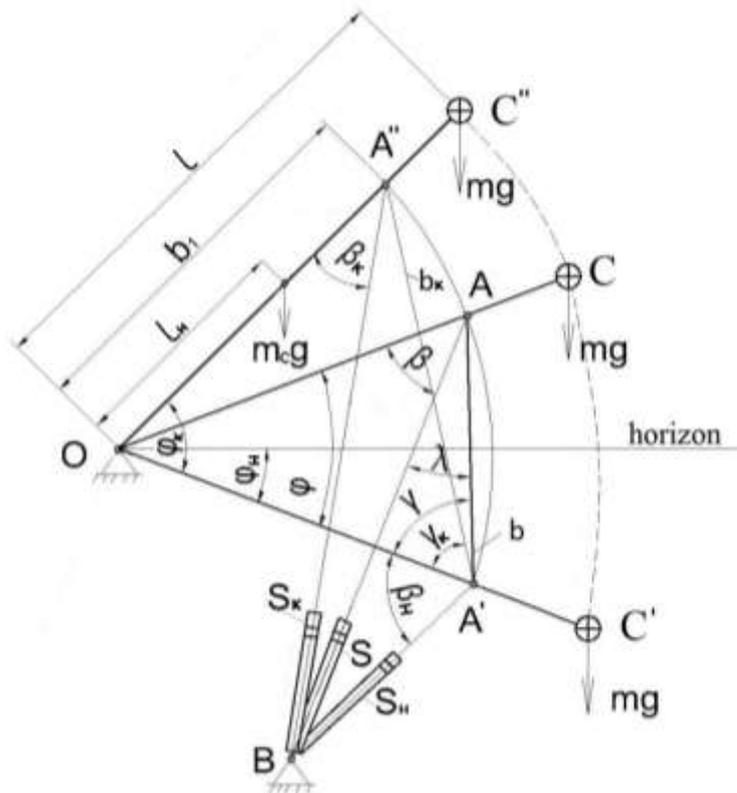


Рисунок 3. Расчетная схема механизма подъёма стрелы манипулятора

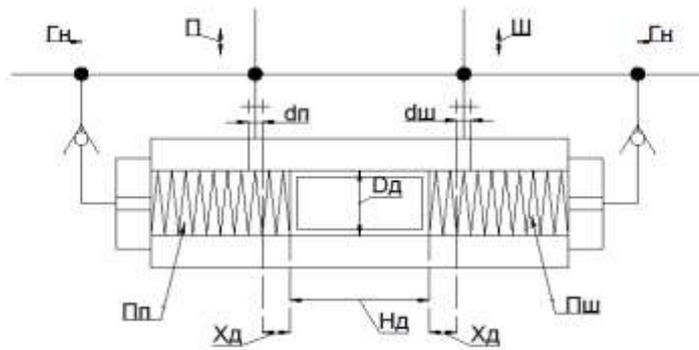


Рисунок 4. Расчетная схема демпфера

Математическая модель грузоподъемного механизма лесного манипулятора с гидромеханическим демпфером с учетом жесткости металлоконструкции стрелы и гидропривода описана системой нелинейных дифференциальных уравнений второго порядка:

$$\left\{ \begin{array}{l} (J_{бр} + J_c) \frac{d^2 \varphi}{dt^2} = \frac{\pi d_c^2 b_1 \sin \beta}{4} p - (G_{бр} L + G_c l_n) \cos \varphi - \frac{G_{бр} C_{ст} (L - b_1)^4 \cos \varphi}{3EJ}, \\ q_n n_n = \frac{\pi d_c^2 b_1 \sin \beta}{4} \cdot \frac{d\varphi}{dt} + \mu \frac{\pi d_n^2}{4} \sqrt{\frac{2p}{\rho}} + a_y p + \frac{1}{C_\Gamma} \cdot \frac{dp}{dt}, \\ \frac{d^2 x_d}{dt^2} = \frac{1}{m_d} \left( p \frac{\pi D_d^2}{4} - c_n x_d - \frac{dx_d}{dt} k_d \right), \end{array} \right. \quad (1)$$

где  $C_{ст}$  - жесткость металлоконструкции стрелы, Н/м;

$E$  - модуль упругости стрелы, Н/см<sup>2</sup>;

$J$  - момент инерции поперечного сечения стрелы, м<sup>4</sup>.

Для системы (1) ставится краевая задача на отрезке  $[0; t_k]$ :

$$\left\{ \begin{array}{l} p(0) = p_n, \\ \varphi(0) = \varphi_n, \varphi(t_k) = \varphi_k, \\ x_d(0) = x_{дн}, x_d(t_k) = x_{дк}. \end{array} \right. \quad (2)$$

Решение задачи поставленной задачи найдем, разложив функции в ряд Маклорена, ограничившись второй степенью переменной  $t$  для  $p(t)$  и  $x_d(t)$  и первой степенью  $t$  для  $\varphi(t)$ . Вычисления приводят к следующему конечным формулам для определения переменных параметров математической модели:

$$p(t) \approx p(0) + tp'(0) + \frac{t^2}{2} \cdot$$

$$\left( -C_r a_y p'(0) - \frac{\pi^2 C_r d_c^4 b_1^2 \sin^2 \beta}{16(J_{6p} + J_c)} p(0) + \frac{\pi d_c^2 b_1 C_r \sin \beta}{4(J_{6p} + J_c)} \left[ G_{6p} L + G_c l_H + \frac{G_{6p} C_{ст} (L - b_1)^4}{3EJ} \right] \cos(\varphi(0)) - \frac{\pi \mu C_r d_{дп}^2 \sqrt{2}}{8\sqrt{\rho}} \cdot \frac{p'(0)}{\sqrt{p(0)}} \right),$$

$$\varphi(t) \approx \varphi(0) + t\varphi'(0), (3)$$

$$x_d(t) \approx x_d(0) + tx_d'(0) + \frac{t^2}{2} \left( -\frac{k_d}{m_d} x_d'(0) + \frac{\pi d_{дп}^2}{4m_d} p(0) - \frac{c_{п}}{m_d} x_d(0) \right).$$

Расчёт был произведён в программе MathCad с использованием метода Рунге-Кутты для решения системы дифференцированных уравнений второго порядка. В результате получен график изменения угла подъема стрелы (рис. 5).

Анализ графика изменения угла подъема стрелы показал, что в начале угол имеет отрицательное значение при подъеме стрелы из крайнего нижнего положения до горизонтального, затем он монотонно возрастает до 26°.

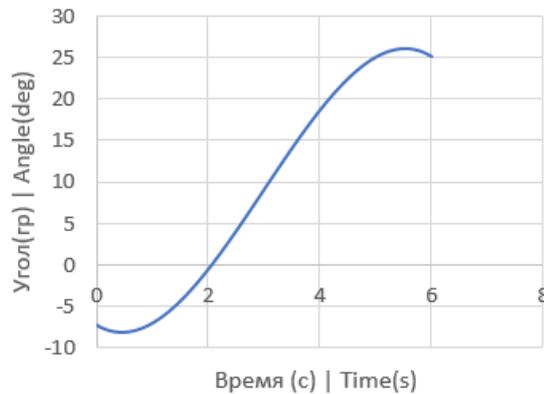


Рисунок 5. График зависимости угла подъёма стрелы  $\varphi$  от времени  $t$

В результате конечного расчёта по методу Рунге-Кутты получен график изменения давления рабочей жидкости в гидроцилиндре подъема стрелы (рис. 6).

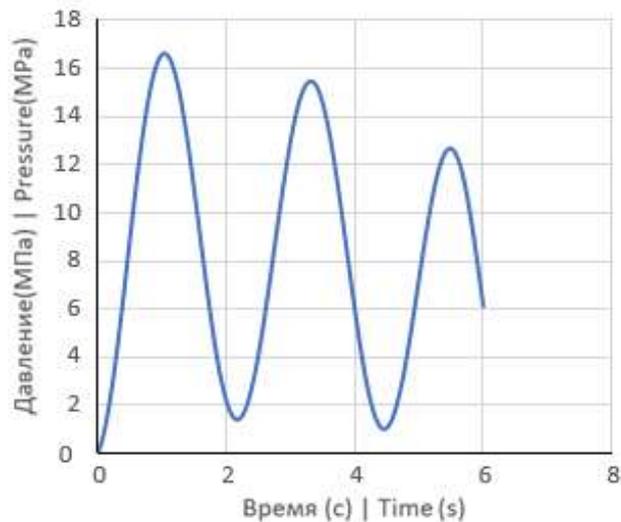


Рисунок 6. График зависимости давления в напорном трубопроводе  $p$  от времени  $t$

В результате конечного расчёта по методу Рунге-Кутты получен пример графика зависимости хода плунжера демпфера от времени, представленный на рисунке 7. За время полного хода плунжера обеспечивается перетечка между полостями гидроцилиндра объема жидкости, равного объему деформации упругих элементов гидропривода, и гасится всплеск давления при переходных режимах.

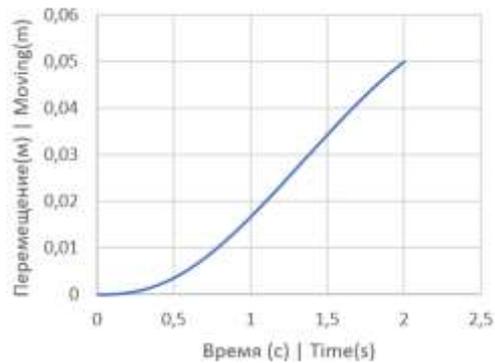


Рисунок 7. График зависимости хода плунжера демпфера  $x_d$  от времени  $t$



Рисунок 8. Экспериментальные осциллограммы давления рабочей жидкости в гидроцилиндре подъема стрелы с подключением демпфера



Рисунок 9. Экспериментальные осциллограммы давления рабочей жидкости в гидроцилиндре подъема стрелы без подключения демпфера

Проведенные экспериментальные исследования динамики гидропривода механизма подъема стрелы с подключением дополнительного демпфера и без установили снижение пиков давления при подключении демпфера с 14 МПа до 13 МПа, что способствует повышению надежности металлоконструкции стрелы и ее гидропривода. Полученные результаты представлены на осциллограммах рабочих процессов подъема груза на различную высоту с остановками стрелы в различных положениях с углами подъема через 15° (рис. 8, 9).

Таким образом, анализ литературных источников показал, что вопросы снижения динамической нагруженности и повышения надежности лесотранспортных машин пока остаются актуальными в лесном комплексе нашей страны.

Решение математической модели динамической нагруженности манипулятора позволило получить конечные формулы для определения всплесков давления рабочей жидкости при подъеме и опускании стрелы манипулятора с подключением новой конструкции демпфера. Экспериментальные исследования демонстрируют снижение пиков давления при подключении демпфера на 10 %, что способствует повышению надежности металлоконструкции стрелы и ее гидропривода.

### **Список литературы**

1. Александров В.А., Александров А.В. Моделирование технологических процессов лесных машин: учебник. – Изд. 3-е изд, перераб. – М. : Лань, 2016. – 368 с.
2. Гидроманипуляторы и лесное технологическое оборудование: монография / под ред. И.М. Бартенева. – М.: ФЛИНТА: Наука, 2011. – 408 с.
3. Гидропривод грузоподъемного механизма лесного манипулятора: патент на изобретение RU 2789167 C1. Заявка №2022119768 / Попиков П.И., Черных А.С., Богданов Д.С., Попиков С.К., Поздняков Е.В., Попикова А.В.; заявл. 19.07.2022; опублик. 30.01.2023, Бюл. №4. 9 с.

### **References**

1. Aleksandrov V.A., Aleksandrov A.V. Modeling of technological processes of forest machines: textbook. – 3rd edition, revised. – M.: Lan, 2016. - 368 p.
2. Hydromanipulators and forest technological equipment: a monograph / edited by I.M. Bartenev. – M.: FLINTA: Nauka, 2011. - 408 p.
3. Hydraulic drive of the load-lifting mechanism of the forest manipulator: patent for invention RU 2789167 C1. Application №2022119768 / Popikov P.I., Chernykh A.S., Bogdanov D.S., Popikov S.K., Pozdnyakov E.V., Popikova A.V.; avt. 19.07.2022; published 30.01.2023, Bulletin No. 4. 9 p.

АНАЛИЗ ПЕРСПЕКТИВНЫХ УСТРОЙСТВ ДЛЯ АККУМУЛИРОВАНИЯ ЭНЕРГИИ РАБОЧЕЙ ЖИДКОСТИ В ГИДРОПРИВОДАХ ТРАНСПОРТНО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ МАШИН

**Савинков Максим Александрович**

*аспирант кафедры машиностроительных технологий ФГБОУ ВО «Воронежский государственный лесотехнический университет имени Г.Ф. Морозова», г. Воронеж, РФ*

*E-mail: savinkov99max03@mail.ru*

**Посметьев Валерий Иванович**

*д. т. н., профессор, профессор кафедры машиностроительных технологий ФГБОУ ВО «Воронежский государственный лесотехнический университет имени Г.Ф. Морозова», г. Воронеж, РФ*

*E-mail: posmetyev@mail.ru*

**Никонов Вадим Олегович**

*к. т. н., доцент, доцент кафедры производства, ремонта и эксплуатации машин «ФГБОУ ВО Воронежский государственный лесотехнический университет имени Г.Ф. Морозова», г. Воронеж, РФ*

*E-mail: 8888nike8888@mail.ru*

**Храпов Игорь Олегович**

*аспирант кафедры производства, ремонта и эксплуатации машин ФГБОУ ВО «Воронежский государственный лесотехнический университет имени Г.Ф. Морозова», г. Воронеж, РФ*

*E-mail: igor.xrapov@mail.ru*

ANALYSIS OF PROMISING DEVICES FOR ACCUMULATION OF ENERGY OF WORKING FLUID IN HYDRAULIC DRIVES OF TRANSPORT AND TECHNOLOGICAL MACHINES

**Savinkov Maxim Aleksandrovich**

*postgraduate student of the department of mechanical engineering technologies, Voronezh State University of Forestry and Technologies named after G.F. Morozov, Voronezh, Russia*

*E-mail: savinkov99max03@mail.ru*

**Posmetyev Valery Ivanovich**

*doctor of engineering sciences, professor, professor of the department of mechanical engineering technologies, Voronezh State University of Forestry and Technologies named after G.F. Morozov, Voronezh, Russia*

*E-mail: posmetyev@mail.ru*

**Nikonov Vadim Olegovich**

*candidate of engineering sciences, associate professor, associate professor of the department of production, repair and operation of machines, Voronezh State University of Forestry and Technologies named after G.F. Morozov, Voronezh, Russia*

*E-mail: 8888nike8888@mail.ru*

**Khrapov Igor Olegovich**

*postgraduate student of the department of production, repair and operation of machines, Voronezh State University of Forestry and Technologies named after G.F. Morozov, Voronezh, Russia*

*E-mail: igor.xrapov@mail.ru*

**Аннотация.** Обоснована актуальность применения пневмогидравлических аккумуляторов в гидропневматических системах транспортно-технологических машин. Описаны особенности конструкции, работы и ограничения в применении традиционных пневмогидравлических аккумуляторов поршневого типа. Выполнен анализ существующих конструкций гидропневматических систем хранения и рекуперации энергии рабочей жидкости. На основании выявленных недостатков в работе таких систем авторами предложена перспективная схема пневмогидравлического аккумулирующего устройства, обеспечивающая повышение эффективности работы гидравлического технологического оборудования транспортно-технологических машин.

**Abstract.** The relevance of using pneumohydraulic accumulators in hydropneumatic systems of transport and technological machines is substantiated. The design features, operation and limitations in the use of traditional piston-type pneumohydraulic accumulators are described. The analysis of existing designs of hydropneumatic systems for storing and recuperating the energy of the working fluid is performed. Based on the identified shortcomings in the operation of such systems, the authors propose a promising scheme of a pneumohydraulic accumulating device that ensures increased efficiency of the hydraulic technological equipment of transport and technological machines.

**Ключевые слова:** рабочая жидкость, гидроцилиндр, аккумулирование энергии, рекуперация, транспортно-технологические машины, пневмогидравлический аккумулятор, гидронасосная станция.

**Keywords:** working fluid, hydraulic cylinder, energy storage, recuperation, transport and technological machines, pneumohydraulic accumulator, hydraulic pump station.

В настоящее время в мире наблюдается огромный рост и развитие возобновляемых источников энергии. Одним из перспективных направлений повышения эффективности транспортно-технологических машин является оснащение их гидронасосных станций эффективными пневмогидравлическими аккумуляторами с функцией рекуперации энергии, генерируемой гидравлическим технологическим оборудованием таких машин. Гидропневматические системы хранения энергии обычно включают в себя один или несколько пневмогидравлических аккумуляторов (ПГА). ПГА представляет собой прочный сосуд для хранения энергии рабочей жидкости. Пространство для хранения энергии разделено на закрытый сжимаемый объем, заполненный некоторым количеством нейтрального газа (азотом) и на переменный объем для заполнения его гидравлической рабочей жидкостью. Переменный объем ПГА связан с трубопроводами гидросистемы одним или несколькими клапанами. Энергия рабочей жидкости может быть сохранена в системе путем ее нагнетания в переменный объем ПГА, которое сопровождается сжатием газа внутри закрытого объема ПГА. При необходимости энергия рабочей жидкости может быть использована путем открытия клапана и расширения газа, вытесняющего рабочую жидкость. Создаваемый таким образом поток рабочей жидкости может использоваться для приведения в действие гидравлического оборудования транспортно-технологических машин [1, 2].

Количество энергии рабочей жидкости, накапливаемое в гидропневматической системе хранения энергии, может быть увеличено за счет возрастания размера ПГА или за счет повышения давления предварительной зарядки газа. Однако пространство для размещения ПГА в гидравлическом технологическом оборудовании часто ограничено. Также, давление предварительной зарядки газа в ПГА обычно должно соответствовать рабочему давлению гидравлического контура, к которому будет подключена такая система. Одной из особенностей гидропневматической системы хранения энергии, является быстрое падение давления рабочей жидкости во время разрядки ПГА. Это приводит к тому, что ПГА эффективен только в ограниченной части его рабочего диапазона, где давление рабочей жидкости является достаточно высоким. Предельное

увеличение давления предварительной зарядки газа ПГА, сопровождается снижением общей эффективности гидропневматической системы из-за возникающих потерь [3].

В этой связи анализ существующих гидропневматических систем хранения энергии и их усовершенствование, направленное на поддержание постоянного давления рабочей жидкости при ее использовании, является актуальной и своевременной задачей. Ученые и исследователи предлагают различные оригинальные устройства и системы аккумулирования энергии.

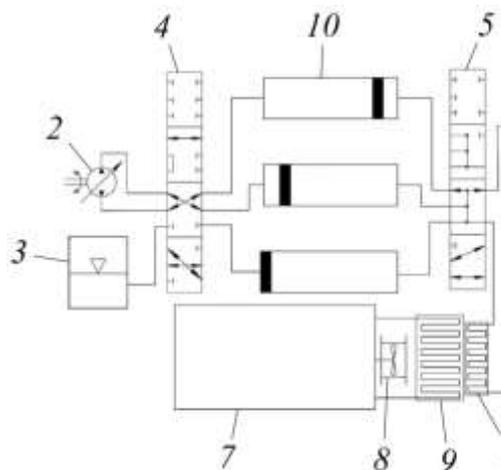


Рисунок 1. Схема накопителя энергии многоконтейнерного типа

Интересная конструкция накопителя энергии многоконтейнерного типа приведена в патенте CN 1155966723A (рис. 1). Такой накопитель энергии используется при рекуперации энергии торможения при движении в грузовом направлении под уклон карьерного самосвала, оснащенного колесами с электромоторами.

Основными составляющими элементами рассматриваемого накопителя, являются: газовой радиатор 1; гидравлический насос 2; гидробак 3; гидрораспределители 4, 5; баллон для хранения воздуха 6; двигатель 7; вентилятор охлаждения 8; радиатор охлаждения воды 9; ПГА 10. В условиях движения под уклоны, потенциальная энергия массы самосвала преобразуется из

энергии давления газа сначала в энергию рабочей жидкости, а затем в механическую энергию для приведения в действие привода транспортного средства. Применение такого накопителя обеспечивает повышение эффективности преобразования энергии давления газа в энергию рабочей жидкости. Это достигается за счет устранения проблемы замерзания, вызванной переохлаждением элементов накопителя при расширении газа [4].

Другая интересная конструкция накопителя энергии с гидравлической системой управления путем переключения ПГА высокого и низкого давления приведена в патенте CN 118088507A (рис. 2). Основными элементами такой системы, являются: ПГА низкого 1 и высокого 2 давления; гидравлические регулируемые одноходовые клапаны 3, 4; двухпозиционные четырехходовые реверсивные клапаны 5, 6; источник давления 7; гидроцилиндр 8; насос с сервоуправлением 9. Преимуществами такой системы, является отсутствие при переключении с одного ПГА на другой негативного перетекания рабочей жидкости между ними, сопровождающиеся вибрациями системы [5].

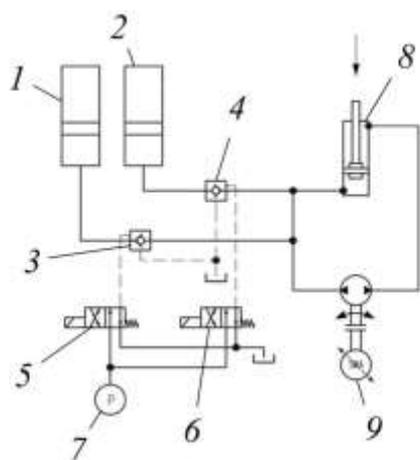


Рисунок 2. Схема накопителя энергии с гидравлической системой управления переключением ПГА высокого и низкого давления

Более простая конструкция многофункционального накопителя энергии приведена в патент CN 203412826 (рис. 3). Основными составными элементами такой конструкции, являются: ПГА 1; гидрораспределители 2; трубопроводы высокого 3 и низкого давления 4; дроссель 5; предохранительный клапан 6; обратные клапаны 7; устройство измерения давления 8. Такая конструкция накопителя энергии имеет невысокую стоимость, удобна и безопасна в эксплуатации; обеспечивает небольшой объем утечки рабочей жидкости, компактна и обладает возможностью быстрого сброса давления рабочей жидкости в гидробак [6].

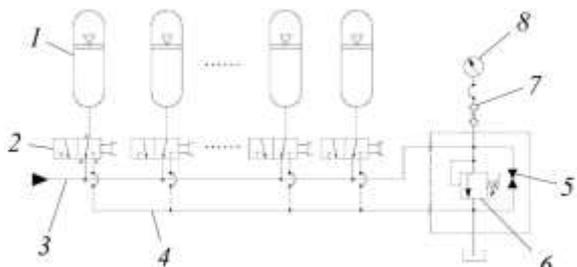


Рисунок 3. Схема многофункционального накопителя энергии

порты 8; гидрораспределители 9; датчики 10; камера с рабочей жидкостью 14; камера с азотом 15. Такая конструкция оснащена датчиками, позволяющими обнаруживать отказы при работе ПГА и автоматически отключать подачу газа между пневмолинией и камерой с газом, а также отключать

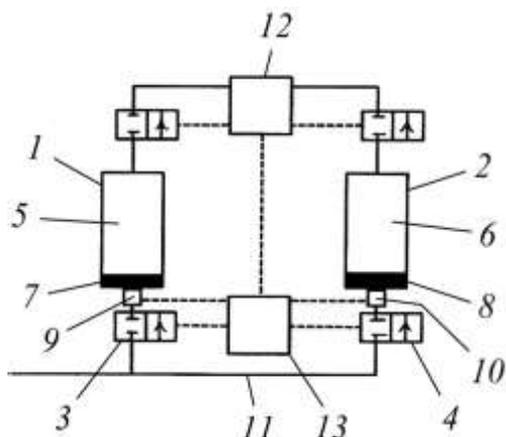


Рисунок 5. Схема пневмогидравлической системы хранения энергии

Более совершенная конструкция гидроаккумулирующего устройства описана в патенте US 4487226 (рис. 4). Ее основными элементами, являются: насос 1; трубопроводы 2, 11, 12; блок нагрузки 3; блок управления 4; баллон с газом 5; ПГА 6, 13; мембраны 7;

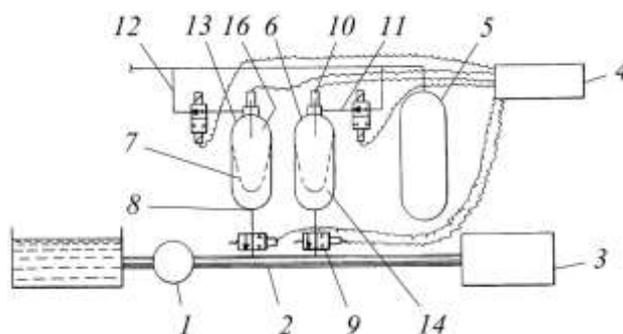


Рисунок 4. Схема гидроаккумулирующего устройства

подачу рабочей жидкости между гидролинией и камерой с рабочей жидкостью неисправного ПГА [7].

Перспективная конструкция пневмогидравлической системы хранения энергии приведена в патенте US 10247205 (рис. 5). Основными элементами, являются: ПГА 1, 2; клапаны 3, 4; сжимаемый объем 5, 6; переменное пространство 7, 8; датчики давления 9, 10; трубопровод 11; компрессор 12; клапаны компрессора 13. Предлагаемая конструкция позволяет увеличить плотность энергии рабочей жидкости. Каждый ПГА может быть предварительно заряжен на разном уровне и может быть индивидуально подключен к магистральной линии давления с использованием гидравлического либо электронного управления [8].

Более сложная система хранения и рекуперации энергии рабочей жидкости приведена в патенте US 10533582 (рис. 6). Основными составными элементами такой системы, являются: ПГА 1, 10, 13; входной 2 и выходной 3 клапаны; источник энергии 4; линия высокого давления 5; система управления 6; гидробак 7; блок управления питанием 8; выходная мощность 9; генератор 12. Система работает для преобразования переменной входной мощности в постоянную выходную мощность с использованием гидравлики, при этом переменная входная мощность используется для перекачивания гидравлической жидкости в ПГА, где она хранится под давлением. Энергия рабочей жидкости высвобождается из ПГА при управлении системой и используется гидравлическим двигателем. Внутреннее давление ПГА контролируется для поддержания постоянного давления, обеспечивающего постоянную выходную мощность двигателя [9].

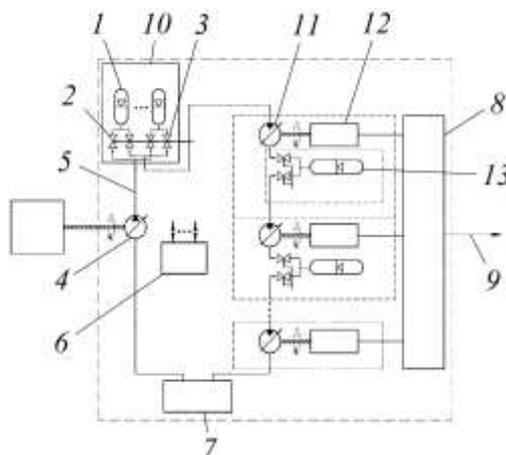


Рисунок 6. Схема системы хранения и рекуперации энергии рабочей жидкости

Оригинальная конструкция системы хранения энергии рабочей жидкости представлена в патенте CN11157767A (рис. 7). Основными элементами такой системы, являются: контроллер 1; ПГА с двумя емкостями 2; комбинированный клапан 3; масляный клапан 4; вспомогательный насос 5; ПГА 6; односторонний клапан 7; пропорциональный реверсивный клапан 8; датчик давления 9; перепускной клапан 10. Преимуществами такой системы, являются: удобство в эксплуатации; возможность поддержки стабильного давления рабочей жидкости под давлением из

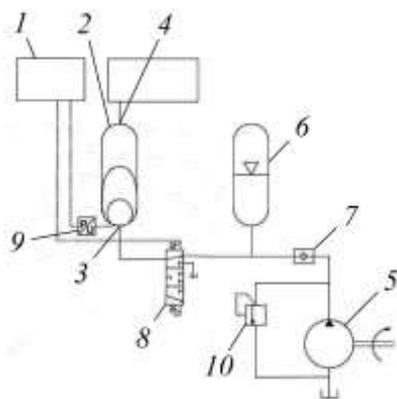


Рисунок 7. Схема конструкции системы хранения энергии рабочей жидкости

элементы, являются: полости гидроцилиндров А, Б, заполненные газом и рабочей жидкостью; аккумулятор пневматический 1; гидроцилиндры 2, 3; поршни 4, 5; датчики положения поршней 6; двухпозиционные гидрораспределители 7; клапаны обратные 8; гидронасос 9; клапан предохранительный регулируемый 10; фильтр 11; гидробак 12; трубопроводы 13.

ПГА при подаче ее в гидравлическую систему; снижение пульсаций и ударных нагрузок в системе; улучшение характеристик зарядки и разрядки ПГА; повышение удельной мощности ПГА [10].

Выполненный анализ наиболее перспективных конструктивных схем систем хранения энергии рабочей жидкости позволил установить, что все они обладают следующими недостатками: ограниченным объемом аккумулируемой рабочей жидкости; недостаточной надежностью и энергоемкостью; значительной массой и размерами; неоправданно ограниченным ресурсом гидронасоса. С целью устранения выявленных недостатков, авторами предложено пневмогидравлическое аккумулирующее устройство. Основными его

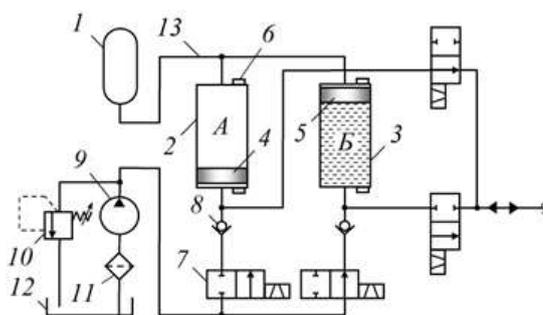


Рисунок 8. Схема пневмогидравлического аккумулирующего устройства

Пневмогидравлическое аккумулирующее устройство работает совместно с гидронасосной станцией и обеспечивает рекуперацию энергии при работе гидравлического технологического оборудования, устанавливаемого на транспортно-технологических машинах. В таком устройстве накопление и полезное последующее использование энергии рабочей жидкости осуществляется за счет двух гидроцилиндров под воздействием давления сжатого газа во внешнем газовом аккумуляторе, путем попеременного опорожнения и заполнения этих гидроцилиндров рабочей жидкостью из гидробака по мере ее расхода потребителями технологического оборудования. Применение такого пневмогидравлического аккумулирующего устройства позволяет значительно снизить количество включений гидронасоса гидронасосной станции транспортно-технологических машин и, таким образом, повысить ресурс такого дорогостоящего гидронасоса. Кроме этого, предлагаемое устройство позволяет уменьшить габариты и массу гидронасосной станции за счет существенного сокращения суммарного объема аккумулируемой рабочей жидкости.

### Список литературы

1. Посметьев, В. И. Перспективы совершенствования энергосбережения стационарных и мобильных машин способом аккумулирования / В. И. Посметьев, В. О. Никонов, В. В. Посметьев // Воронежский научно-технический Вестник. – 2018. – Т. 4, № 4(26). – С. 25-31.
2. Никонов, В. О. Анализ состояния и оценка целесообразности использования сжатого воздуха как накопителя энергии в рекуперативных системах транспортных машин / В. О. Никонов, В. И. Посметьев // Воронежский научно-технический Вестник. – 2017. – Т. 3, № 3(21). – С. 30-48.
3. Патент № 2695165 С1 Российская Федерация, МПК F15B 1/02, F15B 21/14, F15B 11/072. Устройство для аккумулирования сжатого воздуха : № 2018102618 : заявл. 23.01.2018 : опубл. 22.07.2019 / В. И. Посметьев, В. О. Никонов, В. В. Посметьев ; заявитель Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования "Воронежский государственный лесотехнический университет имени Г. Ф. Морозова".
4. Patent for invention CN 115596723, IPC F01P 3/00. Coupling type heat dissipation system suitable for multi-container type circulating energy storage device / Inv. Gao Lulu, Ma Fei, Wang Dongyue, Jin Chun, Wang Shite, Qiu Linbin. – CN 202211284156A ; declare 20.10.2022 ; publ. 13.01.2023.
5. Patent for invention CN 118088507A, IPC B66F 13/00. Switching hydraulic control system for high-pressure energy accumulator and low-pressure energy accumulator / Appl. Cisd Eng Co Ltd ; Inv. Sun Tianjian, Li Jun, Hu Jun, Bai Feng, Chen Deguo, Wei Hang. – CN 202410312681A ; declare 19.03.2024 ; publ. 28.05.2024.
6. Patent for invention CN 203412826U, IPC F15B 1/04. Multi-functional energy accumulator unit / Appl. Tangshan Bohai Metallurg Eguipment Co Ltd ; Inv. Zhang Xi, Wang Jingmiao, Zhang Chengwu, Peng Yufeng, Huo Junhong, Zhao Min, Li Xue, Zhang Han. – CN 201320338625U ; declare 13.06.2013 ; publ. 29.01.2014.

7. Patent for invention US 4487226, IPC F15B 1/08. Failure sensing hydraulic accumulator and system / Appl. Vsi Corp ; Inv. Chun Hugh H. – № US 40756482A ; declare 12.08.1982 ; publ. 11.12.1984.
8. Patent for invention US 10247205B2, IPC B60K 6/12. Accumulator racks / Appl. Dana Italia Spa ; Inv. Serrao Lorenzo, Ornella Giulio, Cosol Ettore. – EP 2015052211W ; declare 04.02.2014 ; publ. 02.04.2019.
9. Patent for invention US 10533582, IPC F15B1/04. Hydraulic based efficient energy storage and regeneration system / Appl. Energy Spring Ltd. ; Inv. Bauer Abraham, Weiss Yona, Fruehling Yoram. – US 201213641277A ; declare 20.12.2012 ; publ. 14.01.2020.
10. Patent for invention CN 111577676A, IPC F15B 1/021. Dial-leather-bag constant-pressure energy storage system / Appl, Univ Taiyuan Science Tech ; Inv. Qin Ze, Wang Aihong, Bao Dong Jie, Ma Haoqin, Zuo Yang, Wang Kai, Hua Jianhui. – CN 202010461920A ; declare 27.05.2020 ; publ. 25.08.2020.

### References

1. Posmetyev, V. I. Prospects for improving the energy saving of stationary and mobile machines by accumulation method / V. I. Posmetyev, V. O. Nikonov, V. V. Posmetyev // Voronezh Scientific and Technical Bulletin. - 2018. - Vol. 4, № 4(26). - P. 25-31.
2. Nikonov, V. O. Analysis of the state and assessment of the feasibility of using compressed air as an energy storage device in regenerative systems of transport machines / V. O. Nikonov, V. I. Posmetyev // Voronezh Scientific and Technical Journal. - 2017. - Vol. 3, № 3(21). - P. 30-48.
3. Patent No. 2695165 C1 Russian Federation, MPK F15B 1/02, F15B 21/14, F15B 11/072. Device for compressed air accumulation : No. 2018102618 : applied for. 23.01.2018 : published 22.07.2019 / V. I. Posmetyev, V. O. Nikonov, V. V. Posmetyev ; applicant Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education “Voronezh State Forest Engineering University named after G. F. Morozov”.
4. Patent for invention CN 115596723, IPC F01P 3/00. Coupling type heat dissipation system suitable for multi-container type circulating energy storage device / Inv. Gao Lulu, Ma Fei, Wang Dongyue, Jin Chun, Wang Shite, Qiu Linbin. – CN 202211284156A ; declare 20.10.2022 ; publ. 13.01.2023.
5. Patent for invention CN 118088507A, IPC B66F 13/00. Switching hydraulic control system for high-pressure energy accumulator and low-pressure energy accumulator / Appl. Cisd Eng Co Ltd ; Inv. Sun Tianjian, Li Jun, Hu Jun, Bai Feng, Chen Deguo, Wei Hang. – CN 202410312681A ; declare 19.03.2024 ; publ. 28.05.2024.
6. Patent for invention CN 203412826U, IPC F15B 1/04. Multi-functional energy accumulator unit / Appl. Tangshan Bohai Metallurg Equipment Co Ltd ; Inv. Zhang Xi, Wang Jingmiao, Zhang Chengwu, Peng Yufeng, Huo Junhong, Zhao Min, Li Xue, Zhang Han. – CN 201320338625U ; declare 13.06.2013 ; publ. 29.01.2014.
7. Patent for invention US 4487226, IPC F15B 1/08. Failure sensing hydraulic accumulator and system / Appl. Vsi Corp ; Inv. Chun Hugh H. – № US 40756482A ; declare 12.08.1982 ; publ. 11.12.1984.
8. Patent for invention US 10247205B2, IPC B60K 6/12. Accumulator racks / Appl. Dana Italia Spa ; Inv. Serrao Lorenzo, Ornella Giulio, Cosol Ettore. – EP 2015052211W ; declare 04.02.2014 ; publ. 02.04.2019.
9. Patent for invention US 10533582, IPC F15B1/04. Hydraulic based efficient energy storage and regeneration system / Appl. Energy Spring Ltd. ; Inv. Bauer Abraham, Weiss Yona, Fruehling Yoram. – US 201213641277A ; declare 20.12.2012 ; publ. 14.01.2020.
10. Patent for invention CN 111577676A, IPC F15B 1/021. Dial-leather-bag constant-pressure energy storage system / Appl, Univ Taiyuan Science Tech ; Inv. Qin Ze, Wang Aihong, Bao Dong Jie, Ma Haoqin, Zuo Yang, Wang Kai, Hua Jianhui. – CN 202010461920A ; declare 27.05.2020 ; publ. 25.08.2020.

ВЛИЯНИЕ МОДИФИКАЦИИ ДРЕВЕСИНЫ НА ВПИТЫВАНИЕ ВЛАГИ  
В ДРЕВЕСИНЕ**Хворых Александр Михайлович***аспирант первого курса ФГБОУ ВО «Воронежский государственный лесотехнический университет имени Г.Ф. Морозова», г. Воронеж, РФ**E-mail: sasha.khvorykh@yandex.ru*

## INFLUENCE OF WOOD MODIFICATION ON MOISTURE PERCEPTION IN WOOD

**Khvorykh Alexander Mikhailovich***First-year postgraduate student, Voronezh State University of Forestry and Technologies named after G.F. Morozov, Voronezh, Russia**E-mail: sasha.khvorykh@yandex.ru*

**Аннотация.** В статье рассматривается влияние модификации древесины на понимание её взаимодействия с влагой. Анализируется воздействие влажности на механические, физические и химические свойства древесины, включая изменение прочности, жёсткости и твердости. Описаны процессы влагопереноса, структура древесины и её способность к впитыванию влаги. Рассматриваются виды влаги в древесине, такие как свободная и связанная вода. Особое внимание уделено методам модификации древесины и их влиянию на влагопоглощение. Представлены перспективы дальнейших исследований для улучшения методов модификации и оптимизации влагостойкости древесины.

**Abstract.** The article discusses the impact of wood modification on understanding its interaction with moisture. The influence of moisture on the mechanical, physical, and chemical properties of wood is analyzed, including changes in strength, stiffness, and hardness. The processes of moisture transfer, wood structure, and its absorption capacity are described. Different types of moisture in wood, such as free and bound water, are considered. Special attention is given to methods of wood modification and their effect on moisture absorption. Prospects for further research to improve modification methods and optimize wood's moisture resistance are outlined.

**Ключевые слова:** Древесина, модификация, влажность, влагоперенос, механические свойства, влагопоглощение, методы модификации.

**Keywords:** wood, modification, moisture, moisture transfer, mechanical properties, moisture absorption, modification methods.

Древесина является гигроскопическим материалом, который способен поглощать молекулы воды из окружающей среды и удерживать их внутри себя. Влага играет ключевую роль для характеристик древесины, напрямую влияя на её прочность и долговечность. В данной статье мы рассмотрим, как влага влияет на характеристики древесины и как методы модификации древесины влияют на взаимодействие древесины с окружающей средой [1].

Влага влияет на древесину за счёт её микроструктуры, за это отвечают такие элементы, как целлюлоза, гемицеллюлоза и лигнин. Одно из основных влияний влаги на древесину, это набухание древесины при высоком уровне влажности окружающей среды и усыхание при низкой влажности или высоких температурах, которые могут быть в

процессе сушки. В сухом состоянии стенки древесины почти непористые, но с проникновением молекул воды возникают временные нанопоры, которые вызывают набухание своим расширением. Также схлопывание нанопор вызывает уменьшение геометрических размеров древесины. Стоит также отметить, что равновесное состояние влаги в древесине зависит не только от влажности в данный момент времени, но и от влажности с которой сталкивался образец до испытаний. Это явление также называют гистерезисом сорбации. Основной вклад в диффузию влаги внутри древесины вносит перемещение водяного пара, так как диффузивность влаги в продольном направлении гораздо больше, чем в поперечном и в тангенциальном направлениях. Зачастую при рассмотрении диффузии влаги внутри древесины пренебрегают перемещение влаги в поперечном направлении, так как их объём относительно продольного перемещения очень мал, но обесценивать данный вклад полностью тоже нельзя. На рис. 1 [2] показана структура древесины на различных уровнях приближения. На макроуровне мы видим годовые кольца древесины. На микроуровне мы видим пористую микроструктуру, представляющую собой сочетание клеточных стенок, пор находящихся в них и полостей для продольной диффузии влаги. В свою очередь клеточная стенка состоит из трёх основных функциональных слоёв, а именно целлюлоза, гемицеллюлоза и лигнин. Целлюлоза является основным компонентом клеточных стенок и отвечает за физические свойства древесины. Гемицеллюлоза в структуре древесины отвечает за взаимодействие с влагой, а именно за процессы её поглощения и сохранения внутри себя. Лигнин в свою очередь обладает высокой степенью гидрофобности и помогает защищать структуру от излишков влаги.

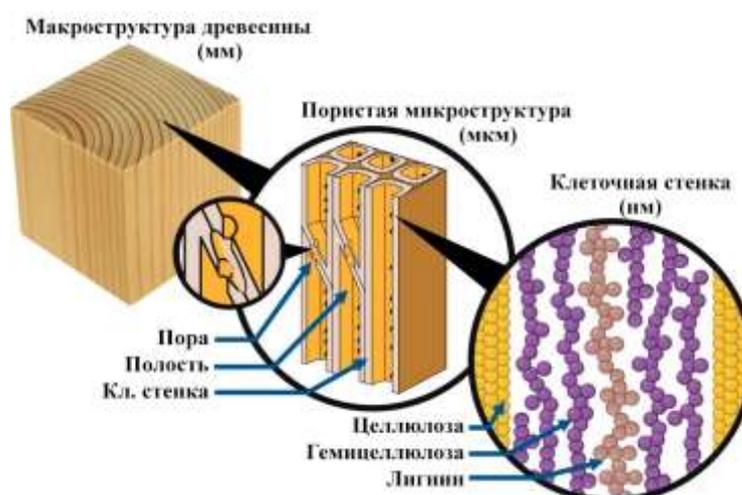


Рисунок 1. Структура древесины на разных уровнях

Рассмотрим различные типы модификации, которые могут изменить, как свойства древесины в целом, так и её химические свойства, связанные с изменениями в клеточных стенках. На рис. 2 приведены схемы изменений, которые происходят на клеточном уровне при некоторых видах модификаций. Стоит отметить, что получить тот или иной эффект зачастую можно несколькими способами, как от изменения химических элементов при химической модификации, так и совсем разными типами воздействия. На рисунке имеются следующие цветовые обозначения для элементов целлюлоза – жёлтая, гемицеллюлоза – фиолетовая, а лигнин – коричневый, а молекулы воды синим цветом. Рассмотрим данные типы модификаций более подробно.

Удаление гидроксила является распространённым типом химического воздействия на функциональные группы. Процесс представляет собой замену гидроксил на другие функциональные группы, которые могут представлять собой также гидроксилы. В следствие, этого при воздействии на древесину с помощью данного типа модификации

может происходить как уменьшение числа гидроксил, так и увеличение, что может привести как к увеличению гигроскопичности материала, так и уменьшению.

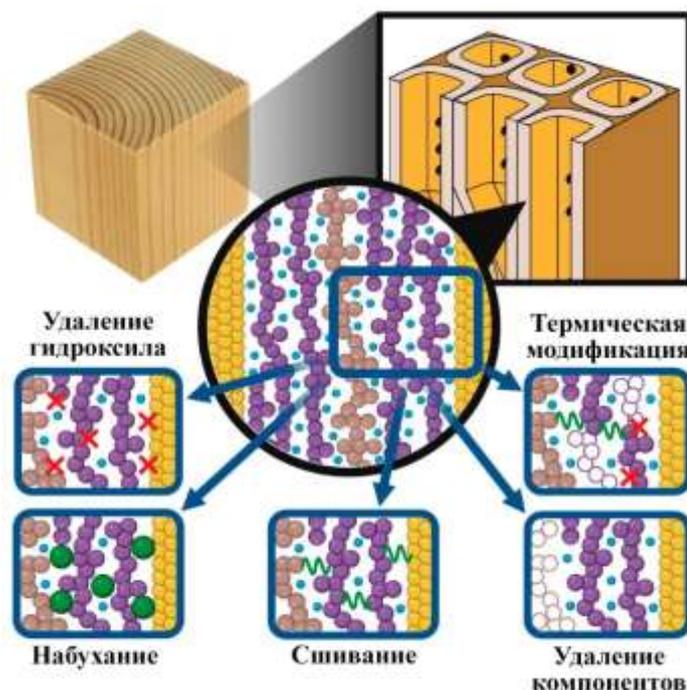


Рисунок 2. Типы модификации и их влияние на клеточном уровне

Ещё одним типом модификации, который зачастую используется при обработке древесины, является метод набухания. В данном случае в процессе модификации в продольных полостях древесины появляются новые молекулярные соединения, которые уменьшают доступное для диффузии пространство, что мешает циркуляции влаги внутри древесины, а также препятствует процессам набухания. По похожему принципу работает метод сшивания, при котором за счёт воздействия химических веществ, которые могут вступать в реакцию сразу с несколькими функциональными группами, возникают молекулярные соединения, закрывающие собой продольные полости в древесине и крепко скрывающие соседние компоненты. Это мешает как диффузии, так и набуханию закреплённых компонентов. Совсем наоборот работает технология удаления компонентов. В данном случае за счёт удаления одного из основных компонентов клеточной структуры, меняют химический состав образца, а также увеличивают доступное для диффузии пространство. Данного эффекта можно достигнуть разными способами, как с помощью термической обработки, при нагревании древесины до 160-250 °С в камере без доступа к кислороду. Также делигнификацию можно осуществить и с помощью пропитки химическими соединениями. Отдельно стоит выделить и термическую модификацию. Несмотря на кажущуюся простоту, данный метод также может приводить к достижению результатов. При нагревании в древесине происходит процесс химической деструкции и частичное удаление гемицеллюлоз из клеток древесины. Но это не единственный эффект, который может дать данный тип воздействия. В зависимости от условий, в которых будет происходить процесс, термическая обработка также может привести и к сшиванию, описанному выше. Стоит упомянуть, что модификации не обязательно должна воздействовать на образец на всех уровнях. Модификации могут затрагивать только макропустотную структуру или только частично затрагивать клеточную структуру. При полном изучении данного вопроса можно подобрать индивидуальный подход для каждого случая и определенных запросов. Модификация древесины представляет широкий спектр возможностей для манипуляций процессами сорбции и диффузии, происходящими в древесине. Примером таких манипуляций могут служить опыты по разделению процессов

сорбции и диффузии. В таком случае процесс поглощения влаги будет сведен к сорбции и диффузии влаги клеточной стенки [3].

Несмотря на то что мотивацией для создания большинства технологий по модификации древесины изначально являлась попытка стабилизировать процессы набухания, современные технологии позволяют как уменьшить коэффициент линейного расширения, так и увеличить его. Уменьшение коэффициента связано с уменьшением возможности стенок клеток поглощать влагу. Но за счёт удаления компонентов из клеточной структуры можно достигнуть и обратного эффекта, увеличив пространство внутри клеточной стенки для больших объёмов воды. Однако на сегодняшний день можно достигнуть одновременно, казалось бы, противоположных эффектов, а именно достигнуть эффекта сшивания, увеличивающего жёсткость клеточной стенки, и увеличить гидроксильную доступность. Регулируя данные параметры можно выяснить степень взаимодействия между набуханием и жёсткостью клеточных стенок.

Использование описанных выше методов модификации могут не только помочь при создании более качественных материалов на основе древесины, но и дать новые знания о взаимодействии влаги и древесины. Например, объяснить роль влаги в процессах разложения, как обычной, так и модифицированной древесины, что в будущем откроет возможные пути решения проблемы использования древесины в местах с высокой влажностью. Глубокое понимание данного вопроса даст возможность для использования модифицированной древесины определенного типа в промышленности за счёт улучшенных физических и гидрофобных свойств.

Данная статья показывает, что существует множество путей воздействия на древесину, которые при правильном использовании могут сильно расширить сферу применения модифицированной древесины.

### **Список литературы**

1. Уголев, Б. Н. Древесиноведение и лесное товароведение: Учебник. - М.: МГУЛ, 2007. - 351 с.
2. Thybring, E.E.; Fredriksson, M. Wood Modification as a Tool to Understand Moisture in Wood. *Forests* 2021, 12, 372.
3. Stamm, A.J. Bound water diffusion into wood in the fiber direction. *For. Prod. J.* 1959, 9, 27–32.
4. Brischke, C.; Alfredsen, G. Wood-water relationships and their role for wood susceptibility to fungal decay. *Appl. Microbiol. Biotechnol.* 2020, 104, 3781–3795.

### **References**

1. Ugolev, B. N. Woodworking and forest commodity science: Textbook. - Moscow: State Educational Institution of Higher Professional Education MSU L, 2007.-351 p.
2. Thybring, E.E.; Fredriksson, M. Wood Modification as a Tool to Understand Moisture in Wood. *Forests* 2021, 12, 372.
3. Stamm, A.J. Bound water diffusion into wood in the fiber direction. *For. Prod. J.* 1959, 9, 27–32.
4. Brischke, C.; Alfredsen, G. Wood-water relationships and their role for wood susceptibility to fungal decay. *Appl. Microbiol. Biotechnol.* 2020, 104, 3781–3795.

### Секция 3. Актуальные проблемы сохранения биоразнообразия в условиях климатических изменений

DOI: 10.58168/FFYS2024\_118-122

УДК 631.445.4:630.231(470.324)

#### ВЛИЯНИЕ ПОЛЕЗАЩИТНОЙ ЛЕСНОЙ ПОЛОСЫ НА ЭМИССИЮ УГЛЕКИСЛОГО ГАЗА В УСЛОВИЯХ КАМЕННОЙ СТЕПИ

**Бахтин Андрей Михайлович**

*аспирант лесного факультета ФГБОУ ВО «Воронежский государственный  
лесотехнический университет им. Г.Ф. Морозова», г. Воронеж, РФ*

*e-mail: bakhtin\_2019@inbox.ru*

#### INFLUENCE OF FOREST SHELTER BELTS ON CARBON DIOXIDE EMISSIONS IN KAMENNAYA STEPPE CONDITIONS

**Bakhtin Andrey Mikhailovich**

*Postgraduate student, Forestry faculty, Voronezh State University of Forestry and  
Technologies named after G.F. Morozov, Voronezh, Russia*

**Аннотация.** В данной работе исследовано влияние полезащитной лесной полосы на эмиссию углекислого газа на территории Государственного природного заказника Каменная степь. Исследования эмиссии углекислого газа проводились методом закрытых камер с использованием портативной системы измерения почвенного газообмена LI-870SC (CO<sub>2</sub>/H<sub>2</sub>O). Средние показатели эмиссии углерода на участке защитных лесных полос примерно в 1,4 раза выше, чем на почвах пашни. Очевидно, что защитные лесные насаждения активно участвуют в регулировании углеродного баланса экосистемы не только за счёт поглощения углекислого газа в ходе фотосинтеза, но и способствуют увеличению эмиссии CO<sub>2</sub> из черноземов.

**Abstract.** In this paper, the influence of a protective forest strip on carbon dioxide emissions in the territory of the Kamennaya Steppe State Nature Reserve is investigated. Studies of carbon dioxide emissions were carried out using the closed chamber method using a portable soil gas exchange measurement system LI-870SC (CO<sub>2</sub>/H<sub>2</sub>O). The average carbon emissions in the area of protective forest strips are about 1.4 times higher than in arable soils. It is obvious that protective forest stands are actively involved in regulating the carbon balance of the ecosystem not only by absorbing carbon dioxide during photosynthesis, but also contribute to an increase in CO<sub>2</sub> emissions from chernozems.

**Ключевые слова:** полезащитная лесная полоса, эмиссия диоксида углерода, пашня, чернозёмы.

**Keywords:** forest shelterbelt, carbon dioxide emission, arable land, chernozems.

#### ВВЕДЕНИЕ

Вследствие постоянно усиливающейся антропогенной нагрузки, климат планеты изменяется в сторону потепления. Важнейшими агентами глобального потепления климата являются парниковые газы. Сельское хозяйство является источником около 30-50 % выбросов парниковых газов, оказывая колоссальное влияние на климат планеты [3]. Большая часть черноземных почв лесостепи активно используется в целях ведения сельского хозяйства. Это связано с их высоким содержанием органического вещества,

оптимальными химическими, физическими, физико-химическими свойствами и, как следствие, высокой степенью плодородия. Однако активное использование этих почв в целях ведения сельского хозяйства, привело к увеличению минерализации гумуса и потери из них углерода [4]. Создание на землях пашни полевых защитных лесных полос является одним из наиболее эффективных приемов не только по борьбе с эрозией, но и регулирования микроклимата путем перевода агроландшафта в агролесной ландшафт, что, несомненно, отражается и на биохимических процессах, протекающих в почвах [2]. Для изучения влияния защитных лесных полос на изменчивость потоков парниковых газов в агроландшафте были начаты натурные исследования на участке агроэкосистемы карбонового полигона в Воронежской области в Каменная степь в 2024 году. Цель настоящей работы состояла в сравнительном анализе эмиссии углекислого газа из чернозёмов, долгое время используемых под пашню и чернозёмов под длительно функционирующей полевой защитной лесной полосой.

#### МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

Исследования эмиссии углекислого газа проводились ежемесячно с апреля до сентября 2024 года методом закрытых камер с использованием портативной системы измерения почвенного газообмена LI-870SC (CO<sub>2</sub>/H<sub>2</sub>O) (рис. 1) на территории Государственного природного заказника Каменная степь.



Рисунок 1 – Измерение потока углекислого газа на участке полевой защитной лесополосы

Эмиссия углекислого газа измерялась на пробных площадках на участке полевой защитной лесной полосы №43 и граничащей с ней пашней. Лесополоса была создана по инициативе Г.Ф. Морозова в 1899 году [1]. В состав древостоя входит преимущественно дуб черешчатый, а также клен остролистый и вяз обыкновенный. Травянистого яруса практически нет. Поверхность почвы покрывает мощный слой лесной подстилки. Почвы представлены черноземами и агрочерноземами миграционно-мицелиарными карбонатсодержащими среднемоющими тяжелосуглинистыми на покровных карбонатных суглинках. Пашня расположена восточнее лесополосы. Основным методом обработки являлась вспашка плугом на 20 см. В последние годы возделывались преимущественно зерновые и пропашные культуры. На момент проведения исследований поле было засеяно озимой пшеницей.

#### РЕЗУЛЬТАТЫ

В течение вегетационного сезона 2024 года были получены данные о температуре почвы, влажности и эмиссии диоксида углерода из чернозёмов в лесной полосе и на

пашне, результаты статистического анализа которых представлены на диаграммах (рис. 2).

Диаграмма А

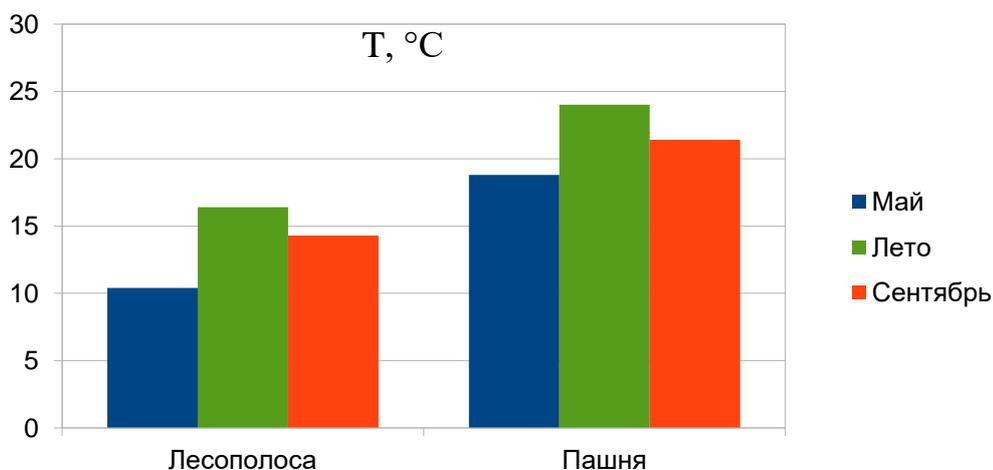


Диаграмма Б

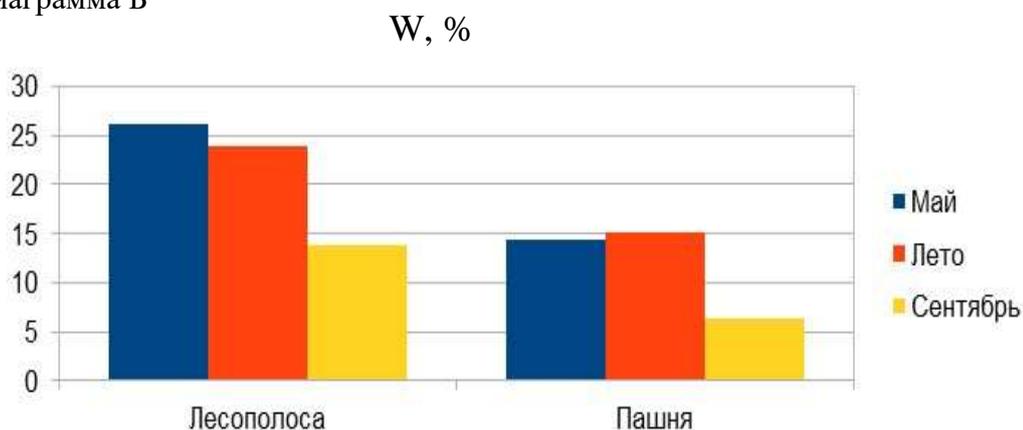


Диаграмма В

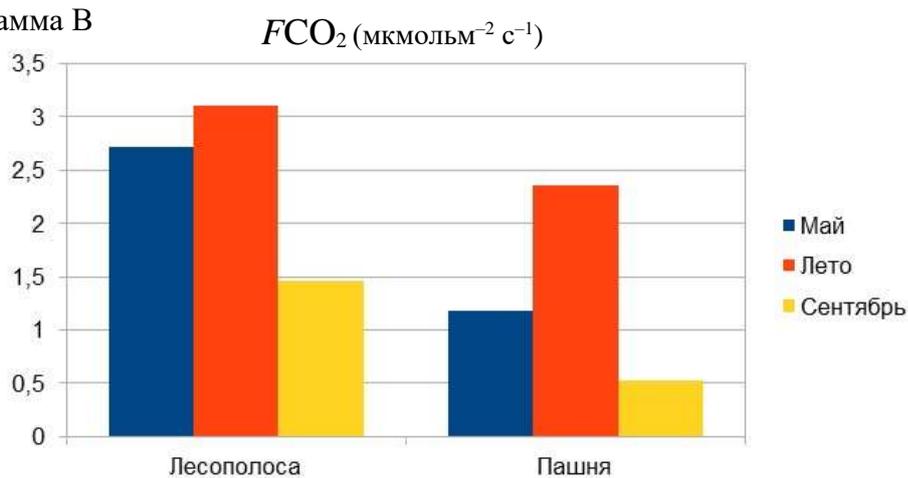


Рисунок 2. Сравнительная характеристика почв лесополосы и пашни по показателям: T – температура почвы на глубине 10 см, W – влажность почвы на глубине до 10 см,  $FCO_2$  – скорость эмиссии диоксида углерода из почвы

Как видно из диаграмм, лесная полоса оказывает прямое влияние на температуру и влажность почв. Средняя температура почвы на глубине 10 см в лесной полосе характеризуется более стабильными и менее резкими колебаниями в сравнении с почвами пашни. Так, летом средняя температура почв на участке лесной полосы составила 16,4°C, а на пашне 24,0°C. Схожая тенденция наблюдается и в запасах влаги. Так, содержание влаги летом на участке лесной полосы составило 23,9 %, в то же время как на пашне – 15,2%, что более чем в 1,5 раза меньше. Как следствие, можно сделать вывод, что лесная полоса в значительной степени влияет на среднегодовую температуру почвы, понижая ее в жаркое время года, и так же оказывает влияние на содержание влаги в почве, сохраняя и удерживая большее количество влаги, в сравнении с почвами пашни в жаркие засушливые периоды года.

Эмиссия углекислого газа из почвы так же в значительной степени отличалась на почвах исследуемой лесополосы от почв пашни.

В среднем, за пять месяцев наблюдений, чернозем под лесной полосой характеризуется скоростью потока углекислого газа  $2,43 \pm 0,54$  мкмоль  $\text{CO}_2 \text{ м}^{-2} \text{ с}^{-1}$ , варьируя от минимальных значений в сентябре – 1,46 мкмоль  $\text{CO}_2 \text{ м}^{-2} \text{ с}^{-1}$ , до максимальных величин в летний период, достигающих в отдельных измерениях 6,05 мкмоль  $\text{CO}_2 \text{ м}^{-2} \text{ с}^{-1}$ . Эмиссия углерода плавно возрастала от мая к июню (когда и достигла максимума), а затем равномерно убывала. Показатели скорости эмиссии на пашне варьировались значительно сильнее: в среднем от 0,53 в сентябре до 2,36 (с максимальным показателем в 6,25 мкмоль  $\text{CO}_2 \text{ м}^{-2} \text{ с}^{-1}$ ) в летний период года. Более резкие колебания эмиссии углекислого газа отражали схожие тенденции по запасам влаги в почвах за исследуемый период. Как видно из таблицы, эмиссия углекислого газа в большей степени зависит от показателей влажности почвы, нежели температуры. Так, разница в температурных показателях летнего периода в сравнении с сентябрем на почвах лесной полосы составила всего 2,1 °C, а влажность почвы различалась почти в два раза (23,9% летом и 13,8% в сентябре). Эмиссия углекислого газа за данный временной период изменилась более чем в два раза: с 3,10 мкмоль  $\text{CO}_2 \text{ м}^{-2} \text{ с}^{-1}$  в условиях лесной полосы до 1,46 мкмоль  $\text{CO}_2 \text{ м}^{-2} \text{ с}^{-1}$  в паше, что указывает на прямую корреляцию между влажностью почвы и эмиссией углекислого газа. Схожие корреляционные признаки мы видим и в условиях пашни.

Очевидно, что эмиссия  $\text{CO}_2$  в первую очередь связана с влажностью почвы и мало зависит от температуры почвы, при этом как на пашне ( $r = 0,787$ ,  $p < 0,0001$ ), так и в лесной полосе ( $r = 0,861$ ,  $p < 0,0001$ ) наблюдается прямая зависимость скорости эмиссии с поверхности почвы от её влажности.

#### ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Полезащитные лесные полосы способны влиять на микроклимат того участка территории, на которых они расположены. Почвы на участке полеззащитной лесной полосы, в сравнении с почвами пашни, характеризуются более благоприятными гидротермическими условиями для жизнедеятельности микроорганизмов и, как следствие, более высокой интенсивностью эмиссии  $\text{CO}_2$ . Важнейшим лимитирующим фактором в динамике эмиссии углекислого газа из почв является их влажность. Температура почвы оказала значительное влияние на эмиссию углекислого газа только в период майских заморозков, когда температурный режим был неблагоприятным для микробиологической активности. Таким образом, защитные лесные насаждения активно участвуют в регулировании углеродного баланса экосистемы не только за счёт поглощения углекислого газа в ходе фотосинтеза, но и способствуют увеличению эмиссии  $\text{CO}_2$  из черноземов.

## Список литературы

1. Кулакова Е. Н. [и др.]. Тенденции смены породного состава лесомелиоративных насаждений Каменной степи (на примере вековой лесной полосы Г.Ф. Морозова) // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета. 2023. (192). С. 69–82.
2. Amadi C. C., Van Rees K. C. J., Farrell R. E. Soil–atmosphere exchange of carbon dioxide, methane and nitrous oxide in shelterbelts compared with adjacent cropped fields // *Agriculture, Ecosystems & Environment*. 2016. (223). С. 123–134.
3. Bergh S. G. van den [и др.]. Soil aggregate stability governs field greenhouse gas fluxes in agricultural soils // *Soil Biology and Biochemistry*. 2024. (191). С. 109354.
4. Lisetskii F. N. [и др.]. Features of Soil Organic Carbon Transformations in the Southern Area of the East European Plain // *Geosciences*. 2023. № 9 (13). С. 278.

## References

1. Kulakova E. N. [et al.]. 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) // *Polythematic network electronic scientific journal of the Kuban State Agrarian University*. 2023. (192). P. 69-82.
2. Amadi C. C., Van Rees K. C. J., Farrell R. E. Soil–atmosphere exchange of carbon dioxide, methane and nitrous oxide in shelterbelts compared with adjacent cropped fields // *Agriculture, Ecosystems & Environment*. 2016. (223). P. 123–134.
3. Bergh S. G. van den [et al.]. Soil aggregate stability governs field greenhouse gas fluxes in agricultural soils // *Soil Biology and Biochemistry*. 2024. (191). P. 109354.
4. Lisetskii F. N. [et al.]. Features of Soil Organic Carbon Transformations in the Southern Area of the East European Plain // *Geosciences*. 2023. № 9 (13). P. 278.

КЛИМАТО-ПРОСТРАНСТВЕННАЯ ОРГАНИЗАЦИЯ РУССКИХ ПРАВОСЛАВНЫХ  
МОНАСТЫРЕЙ

**Варгузина Мануш Гагиковна**

*доцент кафедры древесиноведения ФГБОУ ВО «Воронежский государственный лесотехнический университет имени Г.Ф. Морозова», г. Воронеж, РФ*

*E-mail: manushik017@mail.ru*

**Бугакова Анна Дмитриевна**

*студентка 1-го курса заочного отделения группы ДДИ2-241-ОЗБ ФГБОУ ВО «Воронежский государственный лесотехнический университет имени Г.Ф. Морозова», г. Воронеж, РФ*

*E-mail: Bugakovaa00@mail.ru*

CLIMATIC AND SPATIAL ORGANIZATION OF RUSSIAN ORTHODOX MONASTERIES

**Varguzina Manush Gagikovna**

*associate Professor of the Department of Wood Science, Voronezh State University of Forestry and Technologies named after G. F. Morozov, Voronezh, Russia*

*E-mail: manushik017@mail.ru*

**Bugakova Anna Dmitrievna**

*1st year student of the correspondence department of the group DDI2-241-OSB, Voronezh State University of Forestry and Technologies named after G.F. Morozov, Voronezh, Russia*

*E-mail: Bugakovaa00@mail.ru*

**Аннотация:** В статье рассматривается климато-пространственная организация русских православных монастырей, их адаптация к природным и климатическим условиям, а также влияние этих факторов на архитектурное и пространственное планирование. Уделено внимание тому, как монастыри строились с учетом особенностей местного климата для создания комфортных условий для жизни монахов и осуществления религиозных практик. Исследование подчеркивает роль природного окружения не только в практическом, но и в духовном аспекте монастырской жизни, отражая стремление монахов к гармонии с природой.

**Abstract.** The article examines the climatic and spatial organization of Russian Orthodox monasteries, their adaptation to natural and climatic conditions, as well as the influence of these factors on architectural and spatial planning. Attention is paid to how monasteries were built taking into account the peculiarities of the local climate in order to create comfortable conditions for the life of monks and the implementation of religious practices. The study highlights the role of the natural environment not only in the practical, but also in the spiritual aspect of monastic life, reflecting the monks' desire for harmony with nature.

**Ключевые слова:** монастыри, архитектура, экология, природа, история, ландшафт, климат.

**Keywords:** monasteries, architecture, ecology, nature, history, landscape, climate.

Климато-пространственная организация русских православных монастырей представляет собой многогранное явление, отражающее взаимодействие человека с окружающей средой. Монастыри, являясь не только духовными центрами, но и важными элементами культурного и социального ландшафта, строились с учетом природных

условий и климатических особенностей, что обуславливало их пространственную структуру и архитектурное решение. Объекты Православной Церкви (особенно монастыри) являются целостными архитектурно-типологическими и функционально-территориальными комплексами со сложными церковно-богослужебными функциями, а также развитым социально-культурным назначением [1, с. 14].

История формирования русских православных монастырей начинается с принятия христианства на Руси в X веке. Одним из первых монастырей стал Киево-Печерский монастырь, основанный в XI веке, и сыгравший важную роль в укреплении православной веры на Руси. Основными покровителями монастырей стали князья, которые выделяли земли и средства для строительства монашеских обителей.

Монастыри на Руси были не только местами молитвы и уединения, но и центрами культуры и просвещения, играли огромную роль в жизни общества. Христианская культура предполагает высокую степень грамотности. Основой христианства, как известно, является Книга (Библия, Священное Писание), православная традиция к тому же имеет своим основанием святоотеческое предание, которое передается в писаниях отцов церкви. В Древней Руси монашество считалось самой образованной частью русского общества [2].

В XIV-XVI веках монастыри активно участвовали в освоении Северных и Северо-Восточных регионов Руси. Эти монастыри, известные как "Северная Фиваида", способствовали колонизации и развитию регионов, становясь культурными и хозяйственными центрами. Крупнейшие монастыри того времени – Троице-Сергиев, Кирилло-Белозерский, Иосифо-Волоколамский, Соловецкий – играли значимую роль в общественном производстве, были сильными хозяйственными организациями и оказывали организующее влияние на хозяйственно-экономическую жизнь своей округи. Превращение церквей и монастырей в земельных собственников значительно расширяло и укрепляло определяющий социально-экономический уклад общества [3. с. 4].

Значение монастырей сегодня велико и далеко выходит за рамки «удовлетворения религиозных потребностей верующих людей», поэтому монастырь как культурный феномен имеет культурологическое значение и играет важную роль в духовных, социальных, экономических и культурных областях страны [3. с. 8].

Климатические условия играли ключевую роль в планировке монастырей. В центральных и северных регионах Руси климат был суровым, с холодными зимами и коротким вегетационным периодом. Поэтому при строительстве монастырей учитывались такие факторы, как защита от ветра и использование солнечного освещения. Монастыри проектировались так, чтобы минимизировать влияние холодного климата: здания размещались компактно, а дворы были закрытыми, что позволяло создавать микроклимат, защищенный от ветров.

Ориентация зданий была важным элементом планировки. Жилые помещения и трапезные располагались так, чтобы получать максимальное количество солнечного света зимой, что помогало поддерживать комфортные условия для монахов. Хозяйственные постройки, такие как амбары и конюшни, размещались в менее солнечных зонах для предотвращения перегрева летом. В некоторых монастырях также строились подземные ходы, которые соединяли различные части комплекса и позволяли монахам перемещаться между зданиями в холодное время года, минимизируя контакт с внешними климатическими условиями.

Архитектура монастырей также отражала необходимость адаптации к климатическим условиям. В северных регионах Руси основным строительным материалом было дерево, которое обладало хорошими теплоизоляционными свойствами и было доступным ресурсом. Деревянные стены утеплялись мхом, что позволяло сохранять тепло даже в суровые зимы. В южных регионах и центральной части Руси чаще использовался камень, который, несмотря на свою теплопроводность, обеспечивал прочность и долговечность построек.

Важным элементом архитектурной адаптации была организация крыш монастырских зданий. Крыши имели крутые скаты, что предотвращало накопление снега и снижало нагрузку на конструкции зимой. Крутой угол наклона также способствовал быстрому отводу дождевой воды, что защищало здание от проникновения влаги и разрушения. В некоторых монастырях использовались многослойные крыши, которые обеспечивали дополнительную теплоизоляцию и защищали помещения от перегрева летом. На иллюстрации ниже показаны крутые крыши, деревянные стены, утепленные мхом, и отопительная печь (рис. 1). Эти элементы архитектуры помогают монахам адаптироваться к холодному климату.



Рисунок 1. Виды в разрезе здания исторического русского православного монастыря

В монастырских комплексах также строились специальные здания, которые играли роль теплоизоляционных буферов. Например, хозяйственные постройки часто размещались на периферии монастыря, создавая дополнительный защитный слой от холодного ветра и снижая теплопотери. Внутренние жилые помещения, где находились кельи монахов, были окружены другими зданиями, что обеспечивало более стабильные температурные условия. В соответствии с особенностями сложившейся застройки церковное здание может занимать центральное положение, подчиняя своей массе окружающее пространство, или замыкать своим объемом основные направления восприятия вдоль оси главных коммуникационных связей [1, с. 11]. Ниже представлен план исторического православного монастыря, показывающий защитные стены, внутренний двор и здания, ориентированные для оптимального солнечного освещения зимой. Это изображение иллюстрирует, как монастыри проектировались, чтобы минимизировать влияние холодного климата (рис. 2).

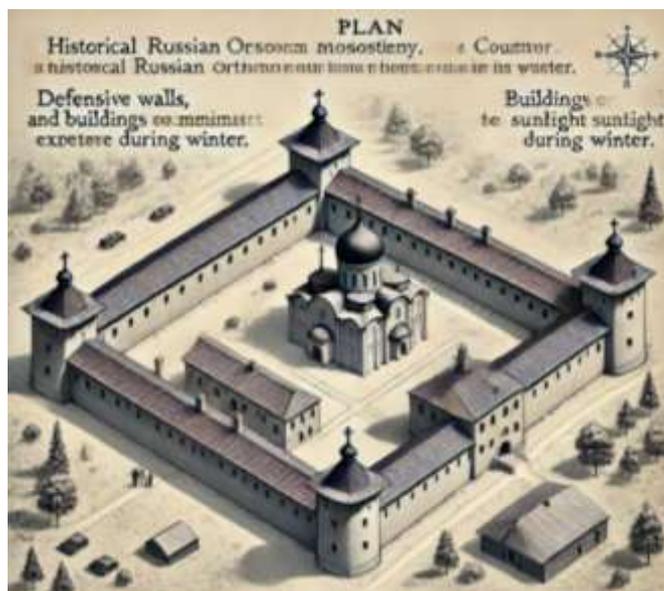


Рисунок 2. План исторического русского православного монастыря

Особое внимание уделялось строительству трапезных и церквей. Эти здания часто располагались в центре монастырского комплекса и отличались монументальными конструкциями. Церкви строились так, чтобы их центральная часть максимально освещалась солнцем, что символизировало божественный свет и в то же время помогало поддерживать тепло в холодное время года. В трапезных использовались печи и камины, которые не только обеспечивали приготовление пищи, но и отапливали залы, создавая комфортные условия для совместных трапез.

Кроме того, в монастырях активно применялись технологии сбора и хранения воды. В некоторых монастырях, особенно в тех, что находились в засушливых регионах, строились системы для сбора дождевой воды, которая аккумулировалась в специальных резервуарах и использовалась для бытовых нужд, полива огородов и приготовления пищи. Такая система водоснабжения была важной частью обеспечения автономности монастырей, особенно в условиях удаленности от крупных водоемов.

Также монастыри имели сложную систему подземных ходов и переходов, которые связывали между собой основные здания комплекса. Эти подземные коридоры обеспечивали возможность передвижения между зданиями в плохую погоду, минимизируя воздействие внешних климатических факторов. Подземные ходы также играли важную роль в обеспечении безопасности монастырей, предоставляя монахам укрытие в случае нападений.

Системы отопления в монастырях также отличались разнообразием. В северных регионах широко применялись русские печи, которые позволяли эффективно отапливать большие помещения и поддерживать тепло в течение длительного времени. Печи часто размещались так, чтобы одна конструкция могла отапливать сразу несколько комнат, что повышало эффективность использования топлива. В монастырских банях также применялись системы отопления, которые позволяли поддерживать гигиену и способствовали сохранению здоровья монахов в условиях холодного климата.

Наряду с приспособлением участка к зданиям возникает задача приспособления их к рельефу участка. Основными видами такого приспособления являются: создание разноуровневых ступенчатых фундаментов, создание разновысотного цоколя, размещение части здания на столбчатых опорах, создание эксплуатируемого цокольного этажа [4, с. 3].

Ниже представлено изображение, передающее символическое возвышение духовности, что отражает концепцию монастырей, построенных на возвышенностях и вблизи водоемов (рис. 3).

Весьма характерно для условий сложного рельефа наличие на склоновых участках непараллельно залегающих и выклинивающихся пластов грунта с различной сжимаемостью. В таких ситуациях применяются специальные правила проектирования для особых грунтовых условий, предусматривающие: увеличение опорной поверхности и ограничение ступенчатости фундаментов; специальную подготовку оснований; создание монолитных поясов жёсткости [4, с. 3].

Исследования ряда специалистов доказали возможность создания специальных типов зданий для застройки склонов практически любой ориентации и крутизны, при этом экономические и функциональные показатели могут быть не хуже, чем при застройке пологих территорий общепринятыми типами домов [4, с. 3].

Природное окружение монастырей играло важную роль как в духовной, так и в практической жизни монахов. Монастыри часто строились в живописных местах — на берегах рек, в горах или лесах, что способствовало созданию атмосферы уединения и приближения к Богу. Природные ландшафты символизировали райский сад, и монахам было важно сохранять гармонию с окружающей природой.



Рисунок 3. Исторический русский православный монастырь, построенный на холме, с церковью и кельями монахов, окруженный природой

Сады и огороды вокруг монастырей имели не только хозяйственное значение, но и символическое. Уход за садом рассматривался как форма духовного труда, в котором проявлялось стремление к упорядочению и культивированию божественного порядка. Огородничество и садоводство позволяли монахам поддерживать постоянный контакт с природой, создавая гармоничную и спокойную обстановку, способствующую молитве и медитации. Природные ресурсы, такие как вода, плодородная почва и лесные массивы, воспринимались как дары Бога, за которые монахи несли ответственность.



Рисунок 4. Русский православный монастырь, окруженный садами, лесами, прудами и огородами

Лесные массивы и водоемы вокруг монастырей были важными ресурсами. Леса обеспечивали монахов дровами для отопления и строительным материалом, а реки и озера – рыбой и водой. Многие монастыри разводили рыбу в прудах, что позволяло поддерживать самообеспечение даже в зимнее время, когда доступ к другим ресурсам был ограничен. Рыбоводство было не только важным источником продовольствия, но и частью монашеского образа жизни, так как рыба являлась основным продуктом питания во время постов. Монастыри также создавали плотины и небольшие водоемы для поддержания уровня воды и создания дополнительных ресурсов для сельского хозяйства.

Природное окружение играло ключевую роль в создании условий для уединения и духовной практики. Монастыри, окруженные лесами или находящиеся в горных районах, были изолированы от мирской суеты, что способствовало глубокому погружению в молитву и медитацию. Такая удаленность от мирских центров помогала монахам сосредоточиться на своей духовной жизни и служении Богу. Лесные массивы служили естественной преградой, обеспечивая защиту от врагов и создавая чувство безопасности.

Кроме того, природное окружение монастырей оказывало влияние на архитектурное оформление и общую планировку. Вода играла важную роль в организации пространства – многие монастыри строились на берегах рек или озер, что символизировало чистоту и обновление. Колодцы и источники внутри монастырских стен считались священными и использовались не только для бытовых нужд, но и в религиозных обрядах. Нередко монастыри основывались возле источников, которые считались чудотворными и привлекали паломников. Таким образом, природное окружение становилось частью сакрального пространства, отражая представление монахов о гармонии и порядке в Божьем мире. Далее на нижеперечисленном изображении показаны монахи, работающие в садах, создавая мирную атмосферу, символизирующую гармонию с природой (рис. 4). Элементы, такие как пруд для разведения рыбы и сад с лекарственными травами, подчеркивают самообеспечение монастыря.

Таким образом, природное окружение становилось неотъемлемой частью жизни монастыря, обеспечивая его автономность и помогая монахам жить в гармонии с окружающим миром. Оно не только поддерживало материальные нужды общины, но и способствовало духовному развитию, помогая монахам достигать состояния внутреннего покоя и уединения. Через взаимодействие с природой монахи выражали свою благодарность Богу и стремились к духовному совершенству, что делало природное окружение неотъемлемым элементом монашеской жизни.

Подводя итоги, стоит сказать, что климато-пространственная организация русских православных монастырей – это яркий пример того, как люди могут адаптироваться к природным условиям, создавая архитектурные и планировочные решения, обеспечивающие комфорт и духовное развитие. Монастыри Руси строились с учетом климатических особенностей и природных факторов, что позволило создать устойчивую и гармоничную систему, в которой духовные и материальные аспекты жизни были неразрывно связаны. Данное исследование подчеркивает важность интеграции природных факторов в проектирование и строительство, что остается актуальным и в современном мире.

### Список литературы

1. Маркарян Д. А. Ландшафты как эстетическая основа объектов православной церкви: автореферат дис. ... канд. геогр. наук. – Краснодар, 2010. С. 14.
2. Языкова И. Центры просвещения и культуры // Журнал «Искусство». – URL: <https://art.1sept.ru/article.php?ID=200901703> (дата обращения: 30. 10. 2024).
3. Сун Чуньчжу. Роль и значение православных монастырей в русской национальной культуре // Context and Reflection: Philosophy of the World and Human Being. 2021,

- Vol. 10, Is. 3A. С. 266-275. – URL: <http://www.publishing-vak.ru/file/archive-philosophy-2021-3/g2-song.pdf> (дата обращения: 30. 10. 2024).
4. Геворкян М. Г. Градостроительные особенности размещения жилых территорий в условиях сложного рельефа // Инженерные системы и сооружения, 2014, № 4-1 (17). С. 118-124.

### References

1. Markarian D. A. Landscapes as an aesthetic basis of the objects of the Orthodox Church: Abstract of the dissertation for the degree of Candidate of Geographical Sciences. Krasnodar, 2010. P. 14.
2. Yazykova I. Centers of Enlightenment and Culture: Journal “Art”: - URL: <https://art.1sept.ru/article.php?ID=200901703> (date of reference: 30.10.2024).
3. Sun Chunzhu. The Role and Importance of Orthodox Monasteries in Russian National Culture // Context and Reflection: Philosophy of the World and Human Being. 2021, Vol. 10, Is. 3A. P. 266-275. - URL: <http://www.publishing-vak.ru/file/archive-philosophy-2021-3/g2-song.pdf> (date of reference: 30. 10. 2024).
4. Gevorkyan M. G. Urban planning features of placement of residential areas in difficult terrain conditions // Engineering Systems and Structures. 2014, No. 4-1 (17). P. 118-124.

## ЛЕСОВОДСТВЕННО-ХОЗЯЙСТВЕННАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ РУБОК УХОДА НА ПРОДУКТИВНОСТЬ ЛЕСА

**Желенков Олег Геннадьевич**

*аспирант Лесного факультета ФГБОУ ВО «Воронежский государственный  
лесотехнический университет им. Г.Ф. Морозова», г. Воронеж, РФ*

*E-mail: denser.markeloff@gmail.com*

## FOREST MANAGEMENT EFFECTIVENESS OF THINNING ON FOREST PRODUCTIVITY

**Zhelentkov Oleg Gennadyevich**

*Postgraduate student of the Forestry Faculty, Voronezh State University of Forestry and  
Technologies named after G.F. Morozov, Voronezh, Russia*

*E-mail: denser.markeloff@gmail.com*

**Аннотация.** Статья посвящена исследованию лесоводственно-хозяйственной эффективности рубок ухода в лесных экосистемах и их влиянию на продуктивность леса. Анализируются различные методы и стратегии проведения рубок ухода, направленные на оптимизацию роста и развития деревьев, повышение их устойчивости к заболеваниям и улучшение качества древесины. Рассматривается воздействие рубок ухода на структуру и состав лесных насаждений, а также на биологическую продуктивность лесного покрова. В работе представлены результаты экспериментальных исследований и практических наблюдений, демонстрирующих, как правильное применение рубок ухода способствует увеличению прироста древесины и улучшению экологического состояния леса. Делается акцент на необходимости интеграции научных подходов и элементов устойчивого лесопользования для достижения максимальной экологической и экономической отдачи от лесных ресурсов. Заключение статьи подчеркивает важность разработки комплексных управленческих решений, учитывающих как лесоводственные, так и хозяйственные задачи.

**Abstract.** The article is devoted to the study of silvicultural and economic efficiency of thinning in forest ecosystems and its impact on forest productivity. Various methods and strategies of thinning aimed at optimizing the growth and development of trees, increasing their resistance to diseases and improving the quality of wood are analyzed. The impact of thinning on the structure and composition of forest stands, as well as on the biological productivity of the forest cover is considered. The paper presents the results of experimental studies and practical observations demonstrating how the proper application of thinning helps to increase wood growth and improve the ecological condition of the forest. Emphasis is placed on the need to integrate scientific approaches and elements of sustainable forest management to maximize the environmental and economic benefits of forest resources. The conclusion of the article emphasizes the importance of developing integrated management solutions that take into account both silvicultural and economic objectives.

**Ключевые слова:** рубки ухода, биоразнообразие, продуктивность, устойчивое лесопользование

**Keywords:** thinning, biodiversity, productivity, sustainable forest management

## **Введение**

Устойчивое управление лесами представляет собой комплексный подход, направленный на балансировку экономических, экологических и социальных функций лесных экосистем. Основная цель устойчивого лесопользования — это сохранение биоразнообразия, поддержание экологических процессов и обеспечение лесных ресурсов для будущих поколений. Важным инструментом в достижении этих целей являются лесохозяйственные рубки, которые могут быть использованы для управления структурой и продуктивностью лесных массивов [1-3, 7].

Лесохозяйственные рубки включают в себя различные виды вмешательств, такие как уход за молодняками, прореживание, выборочные и санитарные рубки. Эти мероприятия помогают воспроизводить лес, контролировать его здоровье и продуктивность. Например, рубки ухода способствуют удалению слабых и больных деревьев, что позволяет оставшимся растениям получать больше ресурсов и света, улучшая их рост и устойчивость.

Одним из главных аспектов устойчивого управления является планирование и проведение рубок с учетом долгосрочной перспективы. Это требует учета особенностей конкретных лесных экосистем, климатических условий и социальной значимости лесов для местных сообществ. Применение научных исследований и инновационных технологий также играет важную роль в достижении целей устойчивости.

При этом очень важно обеспечить прозрачность и участие заинтересованных сторон, включая местные сообщества и экозащитные организации, в процессе принятия решений. Это способствует повышению доверия и ответственности всех участников лесного хозяйства.

Таким образом, устойчивое управление лесами и лесохозяйственные рубки — это не только меры по сохранению и рациональному использованию лесных ресурсов, но и стратегический подход к обеспечению их стабильного состояния и многофункциональности в долгосрочной перспективе.

Для выращивания высокопродуктивных насаждений основным лесоводственным инструментом считаются рубки ухода. Основой эффективности мероприятий считается обоснованный подход к режиму проведения. На данный момент особенно актуальным считается разработка рекомендаций для проведения подобных лесоводственных мероприятий [4].

Исследования данной тематики имеют высокую научно-практическую значимость и актуальность, потому что именно рубки ухода играют одну из ключевых ролей в управлении лесными ресурсами. Интенсивность рубок ухода является важным аспектом, влияющим на устойчивость насаждений, а также на процесс формирования. Некоторые данные показывают, что при повышении интенсивности рубки ухода на 10% общая производительность также возрастает. Наибольший прирост отмечается после проведения средних и сильных по интенсивности рубок ухода. Другим важным показателем в нормативах рубок ухода является густота [5].

В статье Н.В. Беяева и Т.А. Ищук "Влияние рубок ухода разной интенсивности на общую производительность древостоев" 2 представлены результаты исследования, посвященного изучению воздействия рубок ухода различной интенсивности на динамику общей производительности как чистых хвойных, так и смешанных лесных насаждений [5].

В рамках исследования одна из пробных площадей осталась без проведения рубок ухода, и на ней осуществлялось лишь удаление сухостоя. На других же площадях рубки ухода проводились с различной степенью интенсивности, начиная от слабых (с интенсивностью 15-24%), переходя к средним (25-34%) и сильным (35%), и вплоть до очень сильных, где интенсивность вмешательства превышала 45%. Эти мероприятия осуществлялись в несколько этапов для более детального анализа.

Исследование позволило выявить различные эффекты рубок ухода в зависимости от их интенсивности, что в свою очередь дало возможность оценить изменения в структуре и продуктивности древостоев. Результаты подчеркивают важность выбора правильной интенсивности рубок ухода для достижения оптимальных показателей роста и развития леса. На опытных объектах проводилась таксация насаждений с периодичностью 5 лет. Общее значение производительности определялось на момент предыдущей величины таксации, которая равна разнице запасов при предыдущей и последней таксации с добавлением вырубленного запаса и сухостоя за крайний период. В период закладки пробных площадей общая производительность на всех пробных участках была примерно одинакова.

На пробных участках с еловым древостоем, где проводились рубки ухода, общая производительность леса возрасла в 1,5 раза. Это отметили в контексте сравнения с участками, где рубки ухода отсутствовали, но регулярно устранялся сухостой. Такая практика привела к тому, что на одном из участков береза, находившаяся в верхнем ярусе, начала затенять и подавлять еловый древостой, расположенный во втором ярусе.

На участках, где сухостой удалялся регулярно, была полностью ликвидирована осина в год закладки эксперимента, а чуть позже и береза. Это создало благоприятные условия для активного роста и развития ели, улучшая ее жизненные перспективы и продуктивность 2. Изученные данные позволяют сделать вывод, что проведение рубок ухода с низкой интенсивностью может способствовать формированию высокопродуктивного смешанного лиственно-елового древостоя.

В исследованиях, проведенных в национальном природном парке «Припышминские боры», было показано, что задержки в проведении уходов напрямую ведут к снижению прироста древесины и повышенному опаданию в более тонких диаметрах. Оптимальные условия для лесной экосистемы создаются при рубках ухода с интенсивностью от 25% до 30%, при которых наблюдаются значительные темпы прироста стволовой древесины 1. Отмечено также, что при интенсивности рубок ухода менее 25% через 15 лет возникает необходимость во втором приеме рубки из-за резкого увеличения опадания [4].

Таким образом, данное исследование подчеркивает важность регулярных и тщательно спланированных рубок ухода для поддержания продуктивности лесных массивов. Выбор правильной стратегии управления лесом может существенно повысить его биологическую продуктивность и устойчивость, обеспечивая долгосрочную перспективу эффективного лесопользования.

Рубки ухода оказывают разностороннее влияние на рост, развитие и состояние насаждений, это влияние сказывается на изменении лесной среды в целом. Помимо всего изменения касаются возрастной структуры, таксационных характеристик, живой напочвенный покров и многое другое, а эти изменения влияют на условия лесовозобновления.

Основной целью исследования является рассмотрение способов сохранения и повышения устойчивости лесных насаждений на территории УОЛ ВГЛТУ имени Г.Ф. Морозова.

Древостой выполняет ключевые роли в экосистеме: это транспортировка, распределение и накопление ресурсов. Транспортировка и распределение ресурсов обеспечивают экологически обоснованное управление лесными массивами, что подчеркивает важность рубок ухода. Накопление ресурсов, в свою очередь, позволяет оценить экономическую эффективность этих мероприятий, поскольку напрямую влияет на конечный объем и качество получаемой древесины.

Рубки ухода считаются одним из самых важных и необходимых мероприятий в лесном хозяйстве. Их основная цель — выращивание ценных и высокопродуктивных насаждений, а также создание оптимальных условий для роста и развития лесных

насаждений. Это достигается за счет ухода за молодняками, удаления больных и поврежденных деревьев, а также поддержания и регулирования состава древостоя.

Главная задача рубок ухода заключается в заботе о молодых насаждениях. Данные мероприятия помогают поддерживать здоровье леса, удаляя слабые и поврежденные деревья, и способствуют формированию сбалансированного состава древостоя. Многочисленные исследования подтвердили, что рубки ухода в молодняках приносят значительный лесоводственный эффект. В отсутствие рубок ухода на ранних этапах развития лесных насаждений мягколиственные породы нередко начинают доминировать из-за естественной конкуренции, что может снизить ценность леса.

Благодаря рубкам ухода создаются идеальные условия для роста тех деревьев, которые остаются на доращивание. Это, в свою очередь, позволяет увеличить прирост самых крупных и ценных деревьев и восстановить вырубленные запасы леса. Таким образом, рубки ухода не только способствуют поддержанию экологического баланса, но и повышают экономическую отдачу от лесопользования, обеспечивая устойчивость и продуктивность лесных массивов на долгосрочную перспективу.

К рубкам ухода относят:

1. Санитарные рубки – удаление больных, поврежденных, мертвых деревьев.
2. Тинировочные рубки – направлены на создание наиболее благоприятных условий для роста и развития насаждений
3. Пасечные рубки – направлены на создание просветов и проходов в лесных насаждениях
4. Рубки ухода в молодняке – уход за молодыми насаждениями, создание благоприятных условий для их роста и развития

Рубки ухода являются достаточно важным этапом жизненного цикла лесных насаждений, и важно проводить их в соответствии с лесохозяйственным регламентом.

Немаловажно произвести анализ влияния интенсивности рубок ухода на опад, только после всех исследований можно будет дать рекомендации по применения слабых, средних и сильных по интенсивности рубок ухода в практическом применении.

В защитных насаждениях России разрешены выборочные и постепенные рубки, рубки ухода и несплошные санитарные рубки осуществляются в форме выборочных, основной лесоводственной целью которых является оздоровление, улучшение породного состава, возрастной структуры, повышение продуктивности насаждений, а также обеспечение сохранения защитных, средообразующих, и водоохраных функций [6].

В последние годы на территории Воронежской области наблюдается ухудшение санитарного состояния лесных насаждений. Воронежская область расположена в европейской части России, климат умеренно-континентальный. Большую часть области занимают смешанный леса, в основном с лиственными породами. Главными породами являются дуб, липа, клен, береза, осина, сосна, ель и береза. Территория области отличается разнообразием лесных массивов, здесь встречаются сосновые боры, лиственные леса, лесостепи.

**Заключение.** В данной статье была исследована лесоводственно-хозяйственная эффективность рубок ухода и их влияние на продуктивность лесных экосистем. Проведенный анализ показывает, что грамотно организованные рубки ухода играют ключевую роль в поддержании и увеличении биологической продуктивности леса. Они способствуют не только улучшению структуры древостоя и повышению качества древесины, но и укреплению устойчивости лесных насаждений к неблагоприятным условиям окружающей среды и болезням.

На основе рассматриваемых данных можно сделать вывод о том, что рубки ухода являются неотъемлемым инструментом устойчивого лесопользования. При правильно заданной интенсивности они обеспечивают оптимальное распределение ресурсов в лесу, ускоряют рост ценных пород и помогают поддерживать экологическое равновесие.

Однако для достижения максимальной эффективности данных мероприятий необходимо учитывать специфику конкретных лесных массивов, особенности климатических и почвенных условий, а также целевые задачи лесного хозяйства. Будущее лесопользования должно быть тесно связано с научными исследованиями и инновациями, чтобы адаптироваться к меняющимся экологическим вызовам и обеспечить рациональное использование лесных ресурсов.

Таким образом, рубки ухода выступают важной частью комплексной стратегии управления лесами, направленной на обеспечение их стабильного роста и сохранение различных функций, как экологических, так и экономических, что в конечном итоге способствует долгосрочному улучшению лесных экосистем.

### Список литературы

1. Гарбузова, Т.Г. Система экологической биобезопасности как важный элемент реализации концепции устойчивого развития / Т. Г. Гарбузова // Экология и здоровье человека: Материалы III Всероссийской научно-практической конференции с международным участием, памяти профессора Ю.Д. Жилова, Москва, 28 февраля – 01 2022 года / отв. редактор Ю.П. Молоканова. – Москва: Московский государственный областной университет, 2022. – С. 113-115. – EDN NUINAR.
2. Гарбузова, Т.Г. Экологический маркетинг как эффективный инструмент устойчивого развития общества / Т. Г. Гарбузова // Природно-ресурсный потенциал, экология и устойчивое развитие регионов России: Сборник статей XXI Международной научно-практической конференции, Пенза, 23–24 января 2023 года. – Пенза: Пензенский государственный аграрный университет, 2023. – С. 39-42. – EDN UTREMB.
3. Гарбузова, Т.Г. Устойчивое управление лесами как действенный инструмент сохранения лесного биоразнообразия / Т. Г. Гарбузова // Леса России: политика, промышленность, наука, образование: Материалы третьей международной научно-технической конференции, Санкт-Петербург, 23–24 мая 2018 года / Под редакцией В.М. Гедьо. Том 2. – Санкт-Петербург: Санкт-Петербургский государственный лесотехнический университет им. С.М. Кирова, 2018. – С. 270-273. – EDN LXFCLR.
4. Лесоводственная эффективность рубок ухода в сосняках Национального природного парка «Припышминские боры» / В. И. Крюк [и др.] // Аграрный вестник Урала. - 2009. - № 8(62). - С. 103-105.
5. Назаренко И.Н. Экономическая эффективность лесопользования с учетом комплекса рубок ухода за лесом // Вестник Алтайской академии экономики и права. – 2019. – № 3-1. – С. 84-89.
6. Лесоводственно-экологическая оценка эффективности применения выборочных рубок в защитных лесах Ленинградской области / Якушева Т.В., Сергиенко В.Г., Иванов А.М. // Труды Санкт-Петербургского научно-исследовательского института лесного хозяйства. DOI 10.21178/2079-6080.2017.3.61 / ISSN 2079-6080.
7. Yakovenko, N. A forest management system based on sustainable development / N. Yakovenko, N. Guseynova, A. Kolotushkin // International Scientific Forestry Forum 2023: Forest Ecosystems as Global Resource of the Biosphere: Calls, Threats, Solutions (Forestry Forum 2023), Voronezh, Russian Federation, 23–25 октября 2023 года. Vol. 93. – Les Ulis, 2024. – P. 01008. – DOI 10.1051/bioconf/20249301008. – EDN QRWGHQ.

## References

1. Garbuzova, T.G. System of ecological biosafety as an important element of implementation of the concept of sustainable development / T.G. Garbuzova // Ecology and human health: Proceedings of the III All-Russian Scientific and Practical Conference with international participation, in memory of Professor Y.D. Zhilov, Moscow, February 28 - 01, 2022 / Editor-in-Chief Y.P. Molokanova. - Moscow: Moscow State Regional University, 2022. - C. 113-115. - EDN NUINAR.
2. Garbuzova, T.G. Ecological marketing as an effective tool for sustainable development of society / T.G. Garbuzova // Natural-resource potential, ecology and sustainable development of Russian regions: Collection of articles of the XXI International Scientific and Practical Conference, Penza, January 23-24, 2023. - Penza: Penza State Agrarian University, 2023. - C. 39-42. - EDN UTREMB.
3. Garbuzova, T.G. Sustainable forest management as an effective tool for the conservation of forest biodiversity / T.G. Garbuzova // Forests of Russia: policy, industry, science, education: Proceedings of the third international scientific and technical conference, St. Petersburg, May 23-24, 2018 / Edited by V.M. Gedyo. Volume 2. - St. Petersburg: St. Petersburg State Forest Engineering University named after S.M. Kirov. S.M. Kirov, 2018. - C. 270-273. - EDN LXFCLR.
4. Silvicultural efficiency of thinning in pine forests of the National Natural Park "Pripyshma Bory" / V. I. Kryuk [et al.] // Agrarny vestnik Urala. - 2009. - № 8(62). - C. 103-105.
5. Nazarenko I.N. Economic efficiency of forest management taking into account the complex of forest thinning // Bulletin of the Altai Academy of Economics and Law. - 2019. - № 3-1. - C. 84-89.
6. Forest-ecological assessment of the effectiveness of selective logging in protective forests of the Leningrad region / Yakusheva T.V., Sergienko V.G., Ivanov A.M./ Proceedings of the St. Petersburg Research Institute of Forestry. DOI 10.21178/2079-6080.2017.3.61 / ISSN 2079-6080.
7. Yakovenko, N. A forest management system based on sustainable development / N. Yakovenko, N. Guseynova, A. Kolotushkin // International Scientific Forestry Forum 2023: Forest Ecosystems as Global Resource of the Biosphere: Calls, Threats, Solutions (Forestry Forum 2023), Voronezh, Russian Federation, 23–25 октября 2023 года. Vol. 93. – Les Ulis, 2024. – P. 01008. – DOI 10.1051/bioconf/20249301008. – EDN QRWGHQ.

## К ВОПРОСУ О ВОССТАНОВЛЕНИИ ДРЕВЕСНЫХ РАСТЕНИЙ КРЫМСКОГО ПРИРОДНОГО ЗАПОВЕДНИКА ПОСЛЕ ЛЕСНЫХ ПОЖАРОВ

**Матыцина Елизавета Петровна**

*преподаватель кафедры экологии, защиты леса и лесного охотоведения ФГБОУ ВО «Воронежский государственный лесотехнический университет им. Г.Ф. Морозова», г. Воронеж, РФ*

*E-mail: epmatytsina@yandex.ru*

**Ершова Софья Олеговна**

*студент 2 курса Лесного факультета ФГБОУ ВО «Воронежский государственный лесотехнический университет им. Г.Ф. Морозова», г. Воронеж, РФ*

*E-mail: sofya.ershova.05@bk.ru*

## ON THE ISSUE OF RESTORATION OF WOODY PLANTS OF THE CRIMEAN NATURE RESERVE AFTER FOREST FIRES

**Matytsina Elizaveta Petrovna**

*Lecturer at the Department of Ecology, Forest Protection and Forest Hunting, Voronezh State University of Forestry and Technologies named after G.F. Morozov, Voronezh, Russia*

*E-mail: epmatytsina@yandex.ru*

**Ershova Sofia Olegovna**

*2nd year student of the Faculty of Forestry, Voronezh State University of Forestry and Technologies named after G.F. Morozov, Voronezh, Russia*

*E-mail: sofya.ershova.05@bk.ru*

**Аннотация.** В статье рассмотрен фитоценоз древесных растений Крымского природного заповедника на местах лесных пожаров. Для оценки динамики лесовосстановления были изучены три лесных участка, поврежденные огнем в разные годы (2012 год, 2017 год, 2023 год). Подсчитан и отражен количественный и видовой состав подроста поврежденных участков леса. Показано увеличение видового состава дендрофлоры во времени. Полученные данные актуальны и важны для дальнейшей диагностики изменений.

**Abstract.** The article considers the phytocenosis of woody plants of the Crimean Nature Reserve at the sites of forest fires. To assess the dynamics of reforestation, three forest areas damaged by fire in different years (2012, 2017, 2023) were studied. The quantitative and species composition of the undergrowth of damaged forest areas is calculated and reflected. An increase in the species composition of the dendroflora over time is shown. The data obtained are relevant and important for further diagnosis of changes.

**Ключевые слова:** лесовосстановление; лесные пожары; крымский природный заповедник; дендрофлора; сосна крымская.

**Keywords:** reforestation; forest fires; Crimean Nature Reserve; dendroflora; Crimean pine.

Заповедники Крымского полуострова созданы на территориях, отличающихся многообразием флоры и фауны региона, в настоящее время играют значительную роль в формировании генофонда растительного и животного мира [4, с. 123]. Основными лесобразующими породами заповедников на территории Крымского полуострова являются дуб скальный (лат. *Quercus petraea*), бук восточный (лат. *Fagus orientalis*), сосна

крымская (лат. *Pinus nigra* subsp. *pallasiana*) и граб обыкновенный (лат. *Carpinus betulus*). Их процентное содержание на территории полуострова: дуб – 75%, бук – 12%, граб – 7%, сосна – 4%. Другие породы занимают менее 2% площади региона.

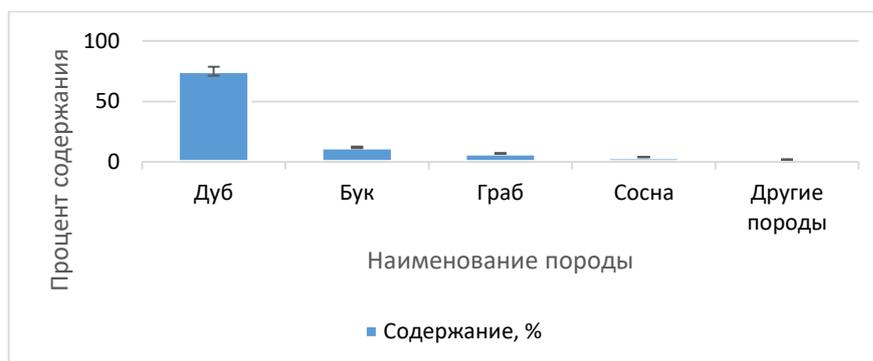


Рисунок 1. Основные лесообразующие породы Крымского полуострова

Крымский природный заповедник расположен в южной высокогорной части Республики Крым, площадь – 44 175 га.

Территория заповедника входит в состав трех климатических районов: район горных западных яйл, район лесостепной западной части предгорного Крыма, район Южнобережный.

Таблица 1 – Процентная составляющая древесных пород на облесенной территории Крымского природного заповедника

№ п/п	Наименование породы	Площадь, га	%
1	Сосна крымская	2096,5	7,28
2	Сосна обыкновенная	1486,3	5,16
3	Пихта белая	0,5	0,00
4	Дуб пушистый	26,0	0,09
5	Дуб скальный	15105,1	52,48
6	Дуб черешчатый	38,0	0,13
7	Бук восточный	7490,1	26,02
8	Граб обыкновенный	885,7	3,08
9	Ясень обыкновенный	682,6	2,37
10	Клен остролистный	38,8	0,13
11	Клен полевой	3,9	0,01
12	Клен Стевена	33,2	0,12
13	Осина	220,2	0,77
14	Ольха черная	237,0	0,82
15	Липа мелколистная	92,3	0,32
16	Граб восточный	68,0	0,24
17	Груша обыкновенная	63,5	0,22
18	Орех грецкий	19,7	0,07
19	Можжевельник вонючий	57,2	0,20
20	Можжевельник казацкий	38,8	0,13
21	Можжевельник низкорослый	80,5	0,28
22	Боярышник крымский	4,0	0,01
23	Дерен обыкновенный (Кизил)	0,6	0,002
	Всего:	28781,2	100

Самым весомым экологическим фактором, влияющим на состояние древесной растительности заповедников полуострова Крым, являются лесные пожары. Только за последние шесть лет здесь было зафиксировано 172 природных пожара. В первую очередь

это связано с тем, что в непосредственной близости расположены многочисленные населенные пункты, сети автомобильных дорог общего пользования, туристические маршруты, а также сельскохозяйственные территории [2, с. 270]. Кроме того, основными лесообразующими породами заповедников являются насаждения высокого класса пожарной опасности – сосна крымская (лат. *Pinus nigra* subsp. *Pallasiana*).

За последние 12 лет на территориях Крымского и Ялтинского горно-лесного заповедников произошла серия крупных пожаров, уничтоживших и повредивших ценные древесные породы.

Целью нашей работы является изучение динамики лесовосстановления на участках Крымского природного заповедника, пройденных пожаром 12 лет назад, 7 лет назад, 1 год назад, для получения информации о изменениях состава дендрофлоры в лесах после пожаров и дальнейшей диагностики изменений.

Задачей является выявление послепожарных изменений дендрофлоры в горных лесах Крыма.

Исследования проводились в Крымском природном заповеднике летом 2024 года. В Ялтинском лесничестве были заложены три пробных площади (50x50 метров) на участках, где пожар был в 2012 году, 2017 и 2023 годах. На выделенных участках произведен сплошной пересчет растительности и произведен анализ динамики ее численности, определены таксационные характеристики древостоев. Данные обработали математически и статистически.

Методика изучения вопроса включает в себя проведение анализа природно-климатических и лесорастительных условий, а также установления послепожарных изменений. По методике Усень, Каткова и Ульдиновича была установлена высота нагара.

Таблица 2 – Местоположение исследуемых участков

№ пробной площади	Дата	Место	Поврежденная пожаром площадь, га
1	6-14 мая 2012 года	Ялтинское лесничество, 291 квартал, 8 выдел (Крымский природный заповедник)	1,15
2	27-30 августа 2017 года	Ялтинское лесничество, 291 квартал, 12 выдел (Крымский природный заповедник)	0,34
3	27 сентября 2023 года	Ялтинское лесничество, 282 квартал, 3 выдел (Крымский природный заповедник)	0,5

Таблица 3 – Таксационная характеристика древостоев на 1 га

№ пробной площади	ТЛУ	Состав насаждений	Возраст насаждений, лет	Диаметр, см	Высота, м	Полнота
1	C <sub>1</sub>	10Скр	70	40	25	0,7
2	C <sub>1</sub>	10Скр	70	40	25	0,8
3	C <sub>1</sub>	10Скр	90	44	26	0,7



Рисунок 2. Ялтинское лесничество, 291 квартал, выдел 8 в настоящее время (пробная площадь № 1)



Рисунок 3. Ялтинское лесничество, 282 квартал, выдел 3 в настоящее время (пробная площадь № 3)

На исследуемых участках произвели учет подлеска и подроста. Результаты занесены в табл. 4, 5 и 6.

Таблица 3 – Пробная площадь № 1

Порода	Площадь повреждения, га	Количество подроста и подлеска на пробной площади, шт.
Сосна крымская (лат. <i>Pinus nigra</i> subsp. <i>pallasiana</i> )	1,15 га	897
Сосна черная (лат. <i>Pinus nigra</i> )		12
Клен трехлопастный (лат. <i>Acer monspessulanum</i> )		16
Барбарис обыкновенный (лат. <i>Berberis vulgaris</i> )		37
Кизил обыкновенный (лат. <i>Cornus mas</i> )		29

Из таблицы видно, что на участке, где пожар произошел 12 лет назад в составе фитоценоза наблюдается 5 видов древесных растений. Присутствует жизнеспособный подлесок и молодой подрост – активизируются сукцессионные процессы и начинают формироваться смешанные насаждения [3, с. 112]. Насаждения сосны, при визуальной оценке ствола и кроны, выглядят здоровыми, крона ажурная. Присутствует незначительный нагар на стволе (до 120 сантиметров от земли).

Таблица 5 – Пробная площадь № 2

Порода	Площадь повреждения, га	Количество подроста и подлеска на пробной площади, шт.
Сосна крымская (лат. <i>Pinus nigra</i> subsp. <i>pallasiana</i> )	0,34 га	255
Рябина крупноплодная (лат. <i>Sorbus domestica</i> )		9

На участке, где пожар произошел 7 лет назад в составе фитоценоза наблюдается 2 вида древесных растений. Кроме лесообразующей породы, место на участках после пожара заняла быстрорастущая рябина крупноплодная (лат. *Sorbus domestica*). Внешне сосна выглядит здоровой, присутствует нагар на стволе (до 150 сантиметров от земли).

Таблица 6 – Пробная площадь № 3

Порода	Площадь повреждения, га	Количество подроста и подлеска на пробной площади, шт.
Сосна крымская (лат. <i>Pinus nigra</i> subsp. <i>pallasiana</i> )	0,5 га	392

На участке, где пожар произошел год назад, в составе фитоценоза наблюдается только 1 вид древесных растений – сосна крымская (лат. *Pinus nigra* subsp. *pallasiana*). Подрост и подлесок отсутствует, так как был полностью уничтожен огнем. Очевидно, здесь еще не успел восстановиться гумусовый состав почвы и не успело произойти обсеменение [1, с. 66]. Нагар на стволе высотой до двух метров от уровня земли.

Таким образом выявлено, что низовой пожар в хвойных лесах Крымского природного заповедника полностью уничтожает подрост, подлесок и напочвенный покров. Верхний ярус древостоя сохраняется, несмотря на термическое повреждение стволов на высоту до 2 метров. Сосна крымская (лат. *Pinus nigra* subsp. *pallasiana*) имеет хорошую всхожесть семян, но лесная подстилка выгорает полностью и не успевает восстановиться за короткий промежуток времени. Однако, через 7 лет после пожара, на горельниках произрастают уже 2 вида древесных растений, а через 12 лет – 5 видов, в том числе присутствуют кустарники. Данные необходимы для диагностики послепожарных изменений и прогнозирования возобновления лесов.

### Список литературы

1. Балашкевич, Ю. А. Анализ послепожарного возобновления сосны крымской (*Pinus pallasiana* D. Don) в условиях Ялтинского горно-лесного природного заповедника / Ю. А. Балашкевич, И. В. Алехина, Л. П. Балухта // Использование и охрана природных ресурсов в России. – 2023. – № 1(173). – С. 27-30. – EDN KSQIRI.
2. Коба, В. П. Возобновление сосны Палласа на горельниках в горном Крыму / В. П. Коба, Т. П. Жигалова // Лесоведение. – 2016. – № 4. – С. 270-278. – EDN WKDYUP.
3. Кобечинская, В. Г. Послепожарные сукцессии сосновых лесов Крыма / В. Г. Кобечинская, Т. С. Онищенко // Ученые записки Крымского федерального

- университета имени В.И. Вернадского. Биология. Химия. – 2017. – Т. 3 (69), № 4. – С. 112-126. – EDN YLMDZB.
4. Левченко, К. В. Послепожарные сукцессии в горных лесах Крыма / К. В. Левченко // Актуальные направления научных исследований XXI века: теория и практика. – 2019. – Т. 7, № 3(46). – С. 121-127. – EDN SIKILD.

### References

1. Balashkevich, Yu. A. Analysis of post-fire regeneration of Crimean pine (*Pinus pallasiana* D. Don) in the conditions of the Yalta Mountain Forest Nature Reserve / Yu. A. Balashkevich, I. V. Alekhina, L. P. Balukhta // Use and protection of natural resources in Russia. - 2023. - № 1 (173). - P. 27-30. - EDN KSQIRI.
2. Koba, V. P. The regeneration of Pallas pine on burned areas in the mountainous Crimea / V. P. Koba, T. P. Zhigalova // Lesovedenie. - 2016. - № 4. - P. 270-278. - EDN WKDYUP.
3. Kobechinskaya, V. G. Post-fire succession of Crimean pine forests / V. G. Kobechinskaya, T. S. Onishchenko // Scientific Notes of the V.I. Vernadsky Crimean Federal University. Biology. Chemistry. - 2017. - Vol. 3 (69), № 4. - P. 112-126. - EDN YLMDZB.
4. Levchenko, K. V. Post-fire succession in mountain forests of the Crimea / K. V. Levchenko // Actual directions of scientific research of the XXI century: theory and practice. - 2019. - Vol. 7, № 3(46). - P. 121-127. - EDN SIKILD.

К ВОПРОСУ О ПЛОДОНОШЕНИИ ДУБА КРАСНОГО (ЛАТ. *QUERCUS RUBRA*)  
И ДУБА ЧЕРЕШЧАТОГО (ЛАТ. *QUERCUS ROBUR*) В УСЛОВИЯХ ЦЕНТРАЛЬНОГО  
ЧЕРНОЗЕМЬЯ

**Матыцина Елизавета Петровна**

преподаватель кафедры экологии, защиты леса и лесного охотоведения ФГБОУ ВО  
«Воронежский государственный лесотехнический университет им. Г.Ф. Морозова»,  
г. Воронеж, РФ

E-mail: [ermatytsina@yandex.ru](mailto:ermatytsina@yandex.ru)

**Балаба Вероника Сергеевна**

студент 2 курса Лесного факультета ФГБОУ ВО «Воронежский государственный  
лесотехнический университет им. Г.Ф. Морозова», г. Воронеж, РФ

E-mail: [balabaveronika6@gmail.com](mailto:balabaveronika6@gmail.com)

**Козючиц Анастасия Александровна**

студент 2 курса Лесного факультета ФГБОУ ВО «Воронежский государственный  
лесотехнический университет им. Г.Ф. Морозова», г. Воронеж, РФ

E-mail: [koziuchitas@gmail.com](mailto:koziuchitas@gmail.com)

ON THE ISSUE OF FRUITING RED OAK (*QUERCUS RUBRA*)  
AND THE PEDUNCULATE OAK (*QUERCUS ROBUR*) IN THE CONDITIONS  
OF THE CENTRAL CHERNOZEM REGION

**Matytsina Elizaveta Petrovna**

Lecturer at the Department of Ecology, Forest Protection and Forest Hunting, Voronezh  
State University of Forestry and Technologies named after G.F. Morozov, Voronezh, Russia

E-mail: [ermatytsina@yandex.ru](mailto:ermatytsina@yandex.ru)

**Balaba Veronika Sergeevna**

2nd year student of the Faculty of Forestry, Voronezh State University of Forestry and  
Technologies named after G.F. Morozov, Voronezh, Russia

E-mail: [balabaveronika6@gmail.com](mailto:balabaveronika6@gmail.com)

**Kozyuchits Anastasia Alexandrovna**

2nd year student of the Faculty of Forestry, Voronezh State University of Forestry and  
Technologies named after G.F. Morozov, Voronezh, Russia

E-mail: [koziuchitas@gmail.com](mailto:koziuchitas@gmail.com)

**Аннотация.** В статье рассмотрено плодоношение дуба красного (лат. *Quercus rubra*) и дуба черешчатого (лат. *Quercus robur*) в условиях урбосреды города Воронежа. Для качественной и количественной оценки плодоношения разных видов дубов были заложены по три пробных площади под каждым из видов. Собраны все имеющиеся желуди 2024 года плодоношения, посчитаны и рассортированы по категориям состояния. По полученным данным построены таблицы и графики. Полученные результаты исследования актуальны и важны для дальнейшего изучения ввода дуба красного (лат. *Quercus rubra*) в фитоценоз Центрального Черноземья.

**Abstract.** The article considers the fruiting of red oak (*Quercus rubra*) and petiolate oak (*Quercus robur*) in the urban environment of the city of Voronezh. For a qualitative and quantitative assessment of the fruiting of different types of oaks, three test areas were laid for each of the species. All available acorns of the 2024 fruiting year have been collected, counted

and sorted by condition categories. Tables and graphs are constructed based on the data obtained. The obtained research results are relevant and important for further study of the introduction of red oak (*Quercus rubra*) into the phytocenosis of the Central Chernozem region.

**Ключевые слова:** дуб красный, дуб черешчатый, интродуценты, плодоношение дубов, инвазионный вид, *Quercus robur*, *Quercus rubra*.

**Keywords:** red oak; petiolate oak; introduced species; fruiting of oaks; invasive species; *Quercus robur*; *Quercus rubra*.

Дубравы Центрально-Черноземного округа в основном представлены старовозрастными насаждениями, где основной лесобразующей породой является дуб черешчатый (лат. *Quercus robur*).

Благодаря своей устойчивости дуб черешчатый (лат. *Quercus robur*) способен выдерживать временные неблагоприятные условия (жару до +38 °С, засуху, заморозки до -20 °С или затопление почвы), прорасти на сухих и засоленных почвах, несмотря на предпочтение влажных и плодородных серых лесных суглинков или черноземов. Средние показатели размера желудей — 2,5 сантиметра длина, 1,5 сантиметра ширина (диаметр).

В настоящее время фиксируются его угнетение, вызванное изменением климатических условий и воздействием таких заболеваний, как мучнистая роса, вызванная грибковым заболеванием, возбудителем которого являются сумчатые грибы класса Леоциомитеты, порядок – эризифовые (лат. Erysiphales). Это заболевание является самым вредоносным для дуба из-за высокой интенсивности ее развития на листовой пластине [4, с. 114]. Желуди дуба черешчатого (лат. *Quercus robur*) активно повреждаются насекомыми-вредителями, что, в сумме, значительно снижает способность вида к естественному восстановлению.

В дубравах нашего города можно встретить более устойчивый к патологиям и климатическим изменениям интродуцент – дуб красный (лат. *Quercus rubra*). Его естественная среда обитания охватывает восточную часть Северной Америки. Преимущественно встречается в восточных и центральных штатах США, а также юге Канады [2, с. 124].

Дуб красный (лат. *Quercus rubra*) довольно неприхотлив к почвам, однако, отдает предпочтение тем, которые богаты органическими веществами и обладают хорошей дренажной способностью. Идеальными являются легкие и средние суглинки, а также глинистые почвы. Он лучше растет на нейтральных или слегка кислых почвах с глубокой влагопроницаемостью [3, с. 177].

Стандартные размеры желудей дуба красного (*Quercus rubra*) составляют около 1,5-3 сантиметра в длину и 1-2 сантиметра в ширину. Они имеют слегка овальную или шаровидную форму с заостренным кончиком и шляпкой, которая охватывает желудь не более чем на одну треть его длины.

Цель нашего исследования – определение качественной и количественной разницы между плодоношением двух видов дубов – красного и черешчатого.

Объекты дуба красного (*Quercus rubra*) расположены на территории Центрального района г. Воронежа (тропа здоровья, прилегающий участок к НИИЛГИС), объекты дубы черешчатого (*Quercus robur*) – также в Центральном районе, участок от тропы здоровья до Воронежского государственного лесотехнического университета им. Г.Ф. Морозова.

В сентябре 2024 года нами были заложены шесть пробных площадей 3x3 м<sup>2</sup> под каждым выбранным объектом. Деревья отбирались одинакового диаметра, высоты и возраста в пределах своего вида. Таким образом, было отобрано три дуба красных (*Quercus rubra*) и три дуба черешчатых (*Quercus robur*).

Результаты количественных измерений занесены в табл. 1.

Таблица 1 – Количественные показатели плодоношения объектов

№ пробной площади	Вид	Количество собранного материала, шт.
1	Дуб красный (лат. <i>Quercus rubra</i> )	75
2	Дуб красный (лат. <i>Quercus rubra</i> )	144
3	Дуб красный (лат. <i>Quercus rubra</i> )	24
4	Дуб черешчатый (лат. <i>Quercus robur</i> )	132
5	Дуб черешчатый (лат. <i>Quercus robur</i> )	153
6	Дуб черешчатый (лат. <i>Quercus robur</i> )	303

Таким образом, среднее количество желудей дуба красного (*Quercus rubra*) – 81 штука, а черешчатого (*Quercus robur*) – 196 шт.

Затем, нами был проведен качественный анализ. Желуди были разделены на поврежденные и здоровые. Результаты занесли в табл. 2.

Таблица 2 – Качественные показатели плодоношения объектов

№ образца	Вид	Число желудей в образце	Число желудей по категориям состояния, шт./%			
			Здоровые	Поврежденные насекомыми-вредителями	Недоразвитые	Больные (с гнилями)
1	Дуб красный	75	48/64,0	13/17,3	9/12,0	5/6,7
2	Дуб красный	144	102/70,8	22/15,3	12/8,3	8/5,5
3	Дуб красный	24	15/62,5	4/16,7	3/12,5	2/8,3
4	Дуб черешчатый	132	78/59,1	46/34,8	4/3,0	4/3
5	Дуб черешчатый	153	60/39,2	85/55,5	6/3,9	2/1,3
6	Дуб черешчатый	303	153/50,5	129/42,6	14/4,6	7/2,3

Для понимания средних показателей плодоношения видов усреднили данные и добавили их в табл. 3.

Таблица 3 – Усредненные показатели плодоношения объектов

Наименование вида	Число желудей в образце, шт.	Здоровые, %	Поврежденные насекомыми-вредителями, %	Недоразвитые, %	Больные (с гнилями), %
Дуб красный	81	65,7	16,4	10,9	6,8
Дуб черешчатый	196	49,6	44,3	3,8	2,2

Таким образом выявлено, что, в среднем, желуди дуба красного (*Quercus rubra*) чаще встречаются здоровыми. Частая причина повреждения желудей – повреждение насекомыми-вредителями, реже – гниль. Почти 11% желудей были недоразвитыми.

Желуди дуба черешчатого (*Quercus robur*) здоровыми встречаются реже (49,6%). Около половины его желудей повреждены насекомыми-вредителями, остальная доля повреждений распределяется на повреждение гнилью (не более 3%) и недоразвитое состояние желудя (не более 5%).

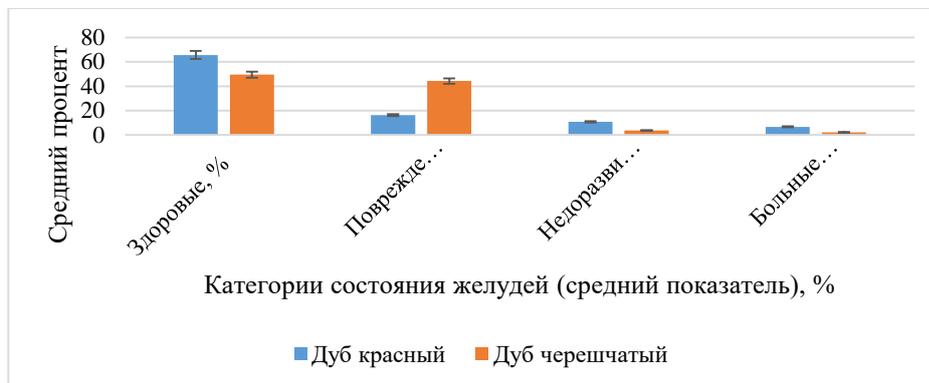


Рисунок 1. Усредненные показатели плодоношения объектов

Исходя из полученных данных, сделали вывод, что дуб красный (лат. *Quercus rubra*) дает меньшее количество желудей (81 против 196 дуба черешчатого (лат. *Quercus robur*), но его желуди меньше страдают от насекомых-вредителей, так как вид является экзотическим для нашей местности. Незначительно чаще встречаются недоразвитые желуди и желуди с гнилями.

Дуб красный (лат. *Quercus rubra*) является перспективным для выращивания [1, с. 87], но его введение в фитоценоз необходимо исследовать и контролировать, чтобы избежать возможной инвазионной волны.

### Список литературы

1. Каноненко, В. Е. Сравнительная характеристика дуба красного и дуба черешчатого на территории учебно-опытного лесхоза ВГЛТУ им. Г.Ф. Морозова / В. Е. Каноненко // Аллея науки. – 2018. – Т. 5, № 4(20). – С. 86-89. – EDN UQQJAU.
2. Сидельников, В. А. Некоторые особенности акклиматизации дуба красного (*Q. rubra* L.) в Пригородном лесничестве г. Воронежа / В. А. Сидельников, М. Е. Сидельникова, С. И. Дегтярева // Биоразнообразии и устойчивости естественных и искусственных растительных сообществ : Материалы Всероссийской молодежной научно-практической конференции, Воронеж, 28 апреля 2022 года / отв. ред. Ю.В. Чекменева. – Воронеж, 2022. – С. 124-128. – DOI 10.34220/BSNAPC2022\_124-128. – EDN TIUINH.
3. Чернодубов, А. И. Культуры дуба красного Воронежской нагорной дубравы / А. И. Чернодубов // Актуальные направления научных исследований XXI века: теория и практика. – 2020. – Т. 8, № 1(48). – С. 176-180. – DOI 10.34220/2308-8877-2020-8-1-176-180. – EDN OEJBLK.
4. Ширнина, Л. В. Вредоносность возбудителя мучнистой росы дуба черешчатого и возможности её ограничения / Л. В. Ширнина // Проблемы лесной фитопатологии и микологии : Матер. XI междунар. конференции, Петрозаводск, 10–14 октября 2022 года. – Петрозаводск: Карельский научный центр Российской академии наук, 2022. – С. 114-115. – EDN CIBSQS.

### References

1. Kanonenko, V. E. Comparative characterization of red oak and petiole oak on the territory of the educational and experimental forestry of G.F. Morozov VGLTU / V. E. Kanonenko // Alley of Science. - 2018. - Vol. 5, № 4(20). - P. 86-89. - EDN UQQJAU.

2. Sidelnikov, V. A. Some features of acclimatization of red oak (*Q. rubra* L.) in the Prigorodnoye lesnichestvo of Voronezh / V. A. Sidelnikov, M. E. Sidelnikova, S. I. Degtyareva // Biodiversity and sustainability of natural and artificial plant communities : Proceedings of the All-Russian Youth Scientific and Practical Conference, Voronezh, April 28, 2022 / Editor-in-Chief Y. V. Chekmeneva. - Voronezh, 2022. - P. 124-128. - DOI 10.34220/BSNAPC2022\_124-128. - EDN TIUIHV.

3. Chernodubov, A. I. Cultures of red oak of Voronezh highland oak forest / A. I. Chernodubov // Actual directions of scientific research of the XXI century: theory and practice. - 2020. - Vol. 8, № 1(48). - P. 176-180. - DOI 10.34220/2308-8877-2020-8-1-176-180. - EDN OEJBLK.

4. Shirnina, L. V. Harmfulness of the causal agent of powdery mildew of oak cherry and possibilities of its limitation / L. V. Shirnina // Problems of forest phytopathology and mycology : Proceedings of the XI International Conference, Petrozavodsk, October 10-14, 2022. - Petrozavodsk: Karelian Research Center of the Russian Academy of Sciences, 2022. - P. 114-115. - EDN CIBSQS.

## СОВРЕМЕННАЯ ОЦЕНКА СОСТОЯНИЯ ДРЕВОСТОЯ ПОЛЕЗАЩИТНОЙ ЛЕСНОЙ ПОЛОСЫ В УСЛОВИЯХ АГРОЛЕСОЛАНДШАФТА «КАМЕННОЙ СТЕПИ»

**Никитенко Виктория Викторовна**

*аспирант 1 года обучения ФГБОУ ВО «Воронежский государственный лесотехнический университет имени Г.Ф. Морозова», г. Воронеж, РФ*

*E-mail: chuhlebovav73@mail.ru*

## MODERN ASSESSMENT OF TREE STAND STATE OF THE FOREST SHELTERBELT IN THE CONDITIONS OF AGROFOREST LANDSCAPE “KAMENNAYA STEPPE”

**Nikitenko Viktoria Viktorovna**

*1st year postgraduate student, Voronezh State University of Forestry and Technologies named after G. F. Morozov, Voronezh, Russia*

**Аннотация.** Для проведения оценки состояния лесной полосы использовались материалы таксационных описаний прошлых десятилетий, а также ретроспективный анализ состояния лесной полосы и таксационные описания древесных пород 2023 года. Спустя 124 года с момента создания лесной полосы, ее породный состав не один раз подвергался изменениям, вызванными разного рода причинами. Было выявлено, что дуб черешчатый, являясь долговечной породой и занимая лидирующие позиции по таксационным показателям (диаметр на высоте груди и высота) среди других исследуемых видов в насаждении, имея II и III категорию состояния, еще длительное время будет доминировать в составе лесной полосы.

**Abstract.** Materials of taxation descriptions of the past decades, as well as retrospective analysis of the forest belt condition and taxation descriptions of tree species in 2023 were used for the assessment of the forest belt condition. 124 years after the establishment of the forest belt, its species composition has been subjected to changes caused by various reasons more than once. It was revealed that the oak, being a long-lived species and occupying leading positions by taxation indicators (diameter at breast height and height) among other studied species in the plantation, having II and III category of condition, will dominate in the composition of the forest belt for a long time.

**Ключевые слова:** полезащитная лесная полоса, таксационные показатели, состав древостоя, Каменная степь.

**Keywords:** field protective forest strip, taxation indices, stand composition, Stone steppe.

### Введение

Проведенная в 1892 году В.В. Докучаевым экспедиция в «Каменной степи» и закладка множества экспериментов доказали положительное влияние полезащитных лесных полос на гидротермический режим местности, что привело к снижению частоты и интенсивности песчаных бурь, а также повышению плодородия почвы и роста урожая агрокультур.

При создании долговечных полезащитных лесных полос, эффективно выполняющих свои функции [5], необходим основательный подход к выбору их породного состава, а также типа и структуры будущего насаждения, стоит тщательно изучить лесорастительные условия, влияние климатических факторов, в том числе направление суховейных ветров [6].

Цель настоящей работы заключалась в проведении современной оценки состояния древостоя полезащитной лесной полосы №43 в условиях уникального агролесоландшафта «Каменной степи».

#### **Объекты и методы исследования**

В качестве объекта исследования была выбрана защитная лесная полоса №43 на территории Федерального Заказника «Каменная степь», созданная в конце XIX века во главе с Георгием Федоровичем Морозовым при проведении лесокультурных мероприятий для составления оценки влияния кустарниковых пород в составе лесной полосы на рост и развитие дуба черешчатого.

Для создания данной защитной лесной полосы была использована схема смешанного древесно-кустарникового типа, представленного ясенем пушистым, кленом татарским, дубом черешчатым, бересклетом бородавчатым, лещиной обыкновенной, вязом приземистым, сосной обыкновенной (3ДЗВ2Со2Яп) [3].

Для проведения современной оценки состояния полезащитной лесной полосы №43 на территории Федерального заказника «Каменная степь» были использованы материалы таксационных описаний прошлых десятилетий [1,3] и ретроспективный анализ состояния лесной полосы, выполненный группой исследователей в 2023 году [6], в ходе которого учеными также была заложена постоянная пробная площадь ( $S = 1$  га), и был определен породный состав насаждения, на основе сплошного перечета деревьев. Кроме того, были получены таксационные характеристики древостоя (табл. 1).

Таблица 1 – Таксационные показатели древостоя защитной лесной полосы № 43 на территории Федерального заказника «Каменная степь»

<b>Состав насаждения</b>	<b>D, см</b>	<b>H, м</b>	<b>Запас, м<sup>3</sup> /га</b>	<b>Возраст, лет</b>
5Д4Ко1В	24,7	18,8	355,0	124

#### **Результаты и их обсуждение**

Согласно проанализированным таксационным описаниям [1, 3, 6], состав защитной лесной полосы № 43 спустя 124 года от момента ее закладки значительно видоизменился и представлен в настоящее время – дубом черешчатым, кленом остролистным, вязом (5Д4Ко1В). Сосна обыкновенная выпала из лесополосы по неустановленной причине и в 7-ми летнем насаждении уже не наблюдалась [3], а ясень пушистый был сильно поражен ясеновой изумрудной узкотелой златкой [2], первые проявления которой были зафиксированы в 2016 году по Воронежской области, в следствие чего потерял свою жизнеспособность.

На основе таксационных показателей древостоя таких, как средний диаметр и высота, собранных в 2023 году, были построены графики (рис. 1).

Согласно графику А) на рис. 1, большая часть деревьев лесной полосы № 43 имеет диаметр от 13,5 до 31,6 см, а высоту (рис. 1 Б) – в интервале от 14,5 до 22,1 м.

По итогам проведенной оценки состояния защитной лесной полосы по таксационным показателям были также составлены графики для каждой древесной породы, в соответствии с которыми (рис. 2), средние показатели высоты для дуба черешчатого составляют 28,4 м. Так наибольшее число деревьев данного вида на постоянной пробной площади (ППП) имеют высоту (H) в диапазоне от 27,2 до 29,7 м, при этом несколько представителей достигают по высоте максимальных (31,8 м) и минимальных (23,9 м) значений. В составе защитной лесной полосы №43 на ППП дуб черешчатый сохранился в количестве 63 шт.

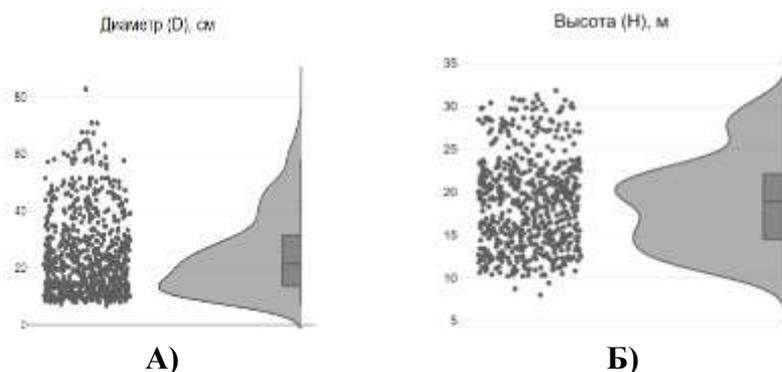


Рисунок 1. Распределение деревьев, входящих в состав ЗЛП № 43, по диаметру на уровне груди А) и высоте Б)

Вяз на постоянной пробной площади (ППП) в защитной лесной полосе имеет наименьшую долю (55 шт.), по сравнению с другими основными породами. Но при этом занимает второе место по средним показателям высоты (22,1 м), так наибольшее количество деревьев данного вида имеют высоту в интервале от 22,1 до 25,2 м.

При этом максимум составляет – 30,9 м, а минимум – 10,8 м.

Для большинства экземпляров клена остролистного, который является преобладающей породой на данной ППП (451 дерево), показатели высоты варьируют от 13,8 до 20,6 м, при этом максимальные и минимальные значения составляют 27,1 и 8,7 м, соответственно.

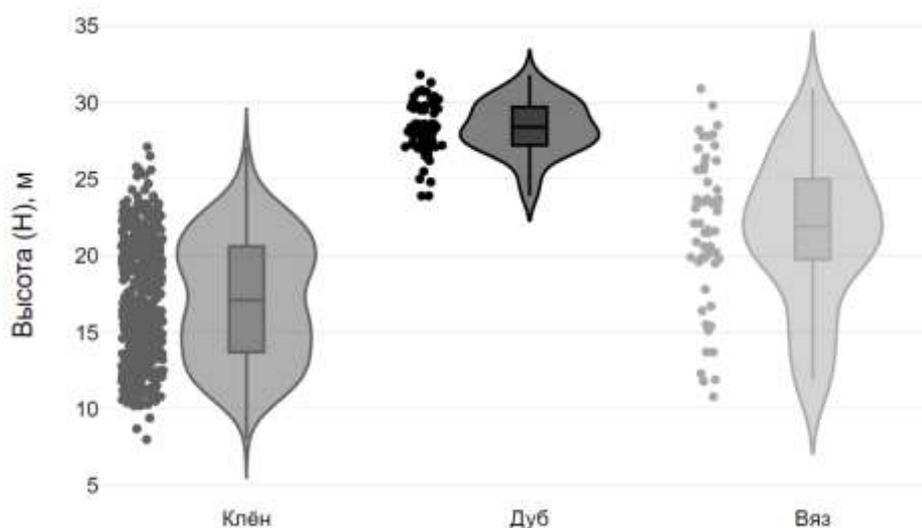


Рисунок 2. Распределение деревьев, входящих в состав ЗЛП № 43, по высоте в соответствии с их породой

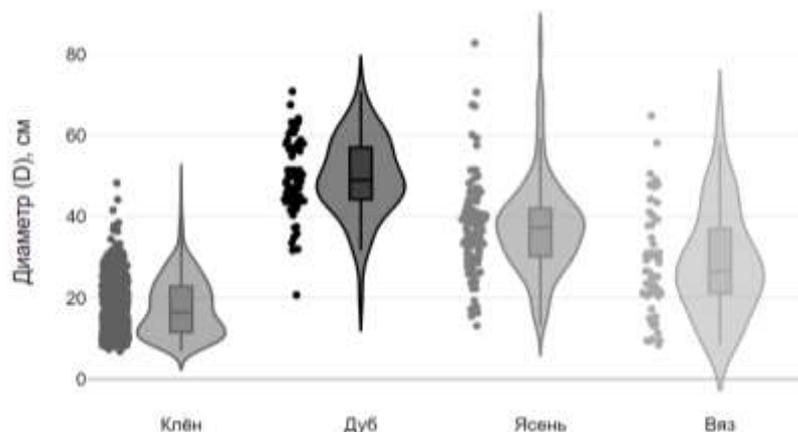


Рисунок 3. Распределение деревьев, входящих в состав ЗЛП № 43, по диаметру на высоте груди в соответствии с их породой

Согласно рис. 3, по средним показателям диаметра на высоте груди также лидирует дуб черешчатый (50,1 см). Наибольшее количество экземпляров имеют диаметр в интервале от 44,55 до 57,35 м. При этом максимальный показатель диаметра составляет 80,9 см.

Для большинства представителей ясеня пушистого на ППП характерен диаметр в интервале от 30,2 до 42,0 см, при этом средний показатель составил 37,4 см. Некоторыми деревьями данного вида был достигнут максимальный показатель диаметра на ППП – 82,8 см.

Также промежуточное место по диаметру между исследуемыми породами занимает вяз (26,5 см). Так, наибольшее число представителей данного вида имеют диаметр в диапазоне от 21,1 до 36,3 см. Максимальный показатель диаметра составляет 64,9 см, что на 16 см меньше, по сравнению с дубом черешчатым.

Большая доля экземпляров клена остролистного имеет показатели диаметра на уровне груди от 11,4 до 22,8 см, при этом максимальные и минимальные значения составляют 44,2 и 6,8 см, соответственно, что значительно меньше, по сравнению с другими исследуемыми породами защитной лесной полосы № 43.

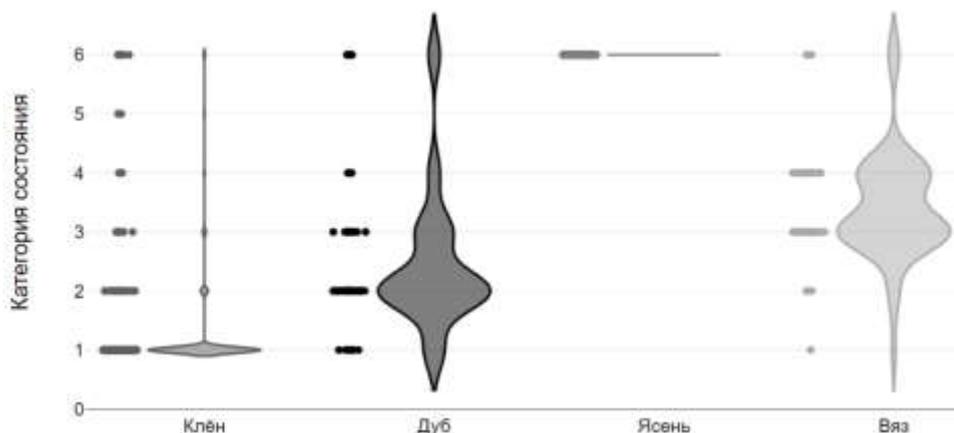


Рисунок 4. Распределение деревьев, входящих в состав ЗЛП № 43, по категории состояния в соответствии с их породой

Согласно рис. 4, большая часть экземпляров клена остролистного относится к I категории состояния, и лишь некоторые экземпляры относятся ко II, III, IV, что позволяет охарактеризовать деревья данной породы как здоровые, без признаков ослабления.

Что касается дуба черешчатого, то, в основном, его представители имеют категорию состояния II, некоторые – III, что свидетельствует об ослабленности данной породы, снижению ее устойчивости против воздействия абиотических и биотических факторов.

В соответствии с графиком на рисунке 4, весомая доля вяза на ППП относится к III-IV категории состояния, деревья данного вида на исследуемой территории являются сильно ослабленными и угнетенными, обладают низкой устойчивостью и претерпевают негативное воздействие окружающей среды, некоторые из них начали отмирать и утратили жизнеспособность.

Все экземпляры ясеня пушистого относятся к сухостою прошлых лет и имеют VI категорию состояния в связи с массовым поражением вредителя.

### **Заключение**

Использование в схемах закладки лесной полосы дуба черешчатого, который занимает одно из первых мест по продолжительности жизни среди древесных видов, отразилось на ее высокой долговечности. Насаждение, созданное под руководством Г.Ф. Морозова в 1899 году, существует уже более 120 лет, в связи с чем его породный состав и таксационные характеристики не один раз подвергались видоизменениям.

Вяз, имея III и IV категорию состояния, сильно деградирует и теряет устойчивость к факторам среды, после чего усыхает. Ясень пушистый, который существовал длительный период времени, попал под сильное воздействие вредителя [2] и выпал из состава насаждения в последние годы. Клен остролистный хоть и был отнесен к I категории состояния, отстает от представителей других видов, так как имеет меньший возраст (около 70 лет). Это связано с его самопроизвольным появлением в лесной полосе за счет распространения из соседних защитных лесных насаждений.

### **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. Володченко, А. Н. Новые данные о юго-восточной границе инвазионного ареала *Agrius 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.
3. Винокурова И.К. и др. Лесные полосы Каменной степи. Воронеж, 1967. 382 с.
4. Павловский Е.С. и др. Защитное лесоразведение в СССР. М.: Агропромиздат, 1986. 263 с.
5. Калашников А.Ф. Организация перспективы защитного лесоразведения – Москва: Лесн. пром-сть, 1969. С. 3-22.
6. Кулакова Е.Н. и др. Тенденции смены породного состава лесомелиоративных насаждений Каменной степи (на примере вековой лесной полосы Г.Ф. Морозова) // Научный журнал КубГАУ, № 192(08), 2023. 14 с.

### **References**

1. Akhtyamov, A.G. Development of scientific and technical bases for increasing the biological and forestry factors of agroforestry and reclamation complexes of the Central Chernozem zone: research report of V.V. Dokuchaev Research Institute of Central Black Earth Zone. V. V. Dokuchaev / A.G. Akhtyamov. - Kamennaya Steppe, 2005. 101 p.
2. Volodchenko, A. N. New data on the southeastern border of the invasive range of *Agrius planipennis* (Coleoptera: Buprestidae) in the European part of Russia / A. N. Volodchenko

- // Russian Journal of Biological Invasions. - 2022. - Vol. 15, № 3. - P. 69- 78. - DOI 10.35885/1996-1499-15-3-69-78.
3. Vinokurova I.K. et al. Forest strips of the Kamennaya steppe. Voronezh, 1967. 382 p.
  4. Pavlovsky E.S. et al. Protective afforestation in the USSR. M.: Agropromizdat, 1986. 263 p.
  5. Kalashnikov A.F. Organization of protective afforestation prospects. Moscow: Publishing house "Forest Industry", 1969. P. 3-22.
  6. Kulakova E.N. et al. 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) // Scientific Journal, KubSAU, No. 192(08), 2023. 14 p.

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ КОЛИЧЕСТВЕННЫХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ  
ПОПУЛЯЦИОННЫХ СТРАТЕГИЙ ДРЕВЕСНЫХ РАСТЕНИЙ ДУБРАВ  
НА РАЗНЫХ СТАДИЯХ СУКЦЕССИИ

*Парахневич Андрей Игоревич*

*аспирант Лесного факультета ФГБОУ ВО «Воронежский государственный  
лесотехнический университет им. Г.Ф. Морозова», г. Воронеж, РФ*

*E-mail: dotgod17@yandex.ru*

THE COMPARATIVE ANALYSIS OF QUANTITATIVE INDICATORS OF POPULATION  
STRATEGIES OF FOREST STAND OF OAK FORESTS AT DIFFERENT STAGES  
OF SUCCESSION

*Parakhnevich Andrey Igorevich*

*Postgraduate student of the Faculty of Forestry, Voronezh State University of Forestry and  
Technologies named after G.F. Morozov, Voronezh, Russia*

**Аннотация.** Целью данной работы является сравнительный анализ сукцессионного состояния экосистем Воронежской нагорной дубравы и урочища Морозова гора заповедника «Галичья гора». Количественные показатели популяционных стратегий видов древесного яруса определялись с помощью метода балловой оценки. Несмотря на то, что исследуемые сообщества схожи по составу доминирующих пород, ключевым фактором оказалось соотношение видов, которое и определило преобладающую стратегию. Установлено, что значения популяционных стратегий характеризуются широкой амплитудой значений, особенно по стратегии стресс-толерантности. При относительно высоких значениях конкурентоспособности на всех исследованных пробных площадках понижение балла стресс-толерантности компенсируется повышением показателей реактивности. Несмотря на внешнюю «инертность» и «стабильность» состава дубрав, в этих типах растительных сообществ могут складываться условия для постепенной смены эдификаторов. Так, деградация популяции дуба, на большей части территории Воронежской нагорной дубравы, приводит к формированию условий для реализации признаков конкурентности у популяций клена и липы. Порослевая дубрава заповедника «Галичья гора» восстанавливается после пожара и на пострадавших участках создаются условия для реализации стратегии реактивности.

**Abstract.** The aim of this work is a comparative analysis of the successional stage of the ecosystems of the Voronezh upland oak grove and Morozova Gora Locality of the «Galichya Gora» Nature Reserve. Quantitative indicators of population strategies of tree layer species was determined using the point assessment method. Despite the fact that the studied communities have similar dominants, the key factor was the ratio of species, which determined the prevailing strategy. It was found that the values of population strategies are characterized by wide amplitude of values, especially for the stress tolerance strategy. With relatively high values of competitiveness in all the studied sample plots, a decrease in the stress tolerance score is compensated by an increase in reactivity indicators. Despite the external «inertness» and «stability» of the oak grove composition, conditions for a gradual change of edificators can develop in these types of plant communities. Thus, the degradation of the oak population on the greater part of the territory of the Voronezh mountain oak grove leads to the formation of conditions for the implementation of competitiveness traits in *Acer platanoides* and *Tilia cordata* populations. The coppice oak forest of the Galichya Gora Reserve is being restored after

the fire and conditions for the implementation of the reactivity strategy have been created on the affected areas.

**Ключевые слова:** популяционные стратегии; дубрава; восстановление; сукцессия.

**Keywords:** population strategies; oak forest; recovery; succession.

В настоящее время, возрастание антропогенной нагрузки на лесные экосистемы вызывает активизацию деградационных процессов. Дубравы, расположенные на территории Центрального Черноземья, не являются исключением, и испытывают отрицательное воздействие, обусловленное хозяйственной деятельностью человека [2, 5]. Поэтому, изучение их современного состояния является актуальным.

Объектами исследований послужили участки Воронежской нагорной дубравы в различных по рекреационной нагрузке ландшафтах – окрестности села Чертовицы, хутор Ветряк и спортивно-оздоровительный комплекс «Олимпик». Кроме того, проводились исследования в дубраве урочища Морозова гора в заповеднике «Галичья гора».

Исследования проводились путем заложения пробных площадок (20x20 м) в трех разных участках Воронежской нагорной дубравы и на территории урочища Морозова гора заповедника «Галичья гора», где проходила постпирогенная сукцессия. На пробных площадках проводились геоботанические описания, учитывался видовой состав, и составлялись соответствующие формулы древостоя. Также, были рассчитаны количественные показатели популяционных стратегий представителей древесного яруса.

Площадка №1 расположена в наименее антропогенно-трансформированной части Воронежской нагорной дубравы в окрестностях с. Чертовицы. Древостой представлен дубом черешчатый с участием ясеня, в кустарниковом ярусе – боярышник.

Растительный покров площадок №2-4 Воронежской нагорной дубравы представляет собой результат систематических рубок, проводившихся в данной части лесного массива на протяжении нескольких столетий. Несмотря на повсеместное присутствие порослевого дуба (изредка встречаются особи семенного происхождения), доминирующее положение постепенно занимают клен остролистный и липа сердцевидная.

Площадки №5-7 находятся в дубраве урочища Морозова гора заповедника «Галичья гора». В 2010 году в результате пожара лес выгорел на 68,5% [4]. В настоящее время древостой представлен, преимущественно, порослью дуба.

При идентификации видовой принадлежности растений использовался определитель флоры средней полосы европейской части России П.Ф. Маевского [3].

Формулы древостоя применялись для расчета балловой оценки стратегий конкурентоспособности, толерантности и реактивности древесного яруса пробных площадок.

Под руководством О.В. Смирновой разработана балловая оценка выраженности популяционной стратегии у различных видов растений. Она формируется при помощи количественной оценки частных дифференциальных свойств, приведению их к нормированным значениям (от 0 до 1), далее показатели суммируются [1]. Итоговый балл той или иной стратегии вида является его интегральной характеристикой (табл. 1).

Исходя из теоретических расчетов, в стабильных по структуре растительного покрова дубравах должны преобладать стратегии конкурентности и, отчасти, реактивности, т.к. эти свойства оцениваются у дуба достаточно высокими показателями. Стратегия толерантности под воздействием доминантов должна быть в подавленном состоянии [6].

Таблица 1 – Суммарный балл конкурентоспособности, толерантности и реактивности по совокупности частных свойств [1]

Виды	Суммарный балл		
	конкурентоспособности (С)	толерантности (S)	реактивности (R)
Дуб черешчатый	10,05	0,94	4,08
Ясень обыкновенный	5,61	4,03	4,42
Клен остролистный	3,48	3,82	3,42
Липа сердцевидная	3,24	3,83	4,08
Береза повислая	2,89	0,45	8,23
Осина	2,69	0,65	9,57
Клен татарский	1,03	2,98	2,52

Согласно полученным результатам, на территории Воронежской нагорной дубравы основными компонентами древесного яруса являются дуб черешчатый, клен остролистный, липа сердцевидная. Кроме того, на пробных площадках встречаются особи ясеня обыкновенного и осины.

В дубраве урочища Морозова гора доминантом древесного яруса является дуб черешчатый порослевого происхождения. Содоминанты представлены березой повислой, кленом остролистным и кленом татарским. Такой характер видового состава древостоя говорит о достаточной степени нарушенности сообщества.

Результаты расчета стратегий представлены в табл. 2.

Таблица 2 – Показатели популяционных стратегий

№ п/п	Формула древостоя	Популяционные стратегии		
		С	S	R
Воронежская нагорная дубрава				
1.	9Д 1Я	96,06	12,49	41,14
2.	3Д 5Л 2Кло	53,31	29,61	39,48
3.	3Д 3Кло 3Л 1Я	55,92	29,80	39,16
4.	4Д 1Кло 1Л 3О	54,99	13,36	52,53
Заповедник «Галичья гора» ур. Морозова гора				
5.	5Д 4Б 1Клт	62,84	9,48	55,84
6.	6Д 3Кло 1Клт	71,77	20,08	37,26
7.	4Д 6Б	57,54	6,46	65,70

Условные обозначения: Д – дуб черешчатый (*Quercus robur* L.)  
 Кло – клен остролистный (*Acer platanoides* L.)  
 Клт – клен татарский (*Acer tataricum* L.)  
 Л – липасердцевидная (*Tilia cordata* Mill.)  
 Я – ясень обыкновенный (*Fraxinus excelsior* L.)  
 Б – березаповислая (*Betula pendula* Roth.)  
 О – осина или тополь дрожащий (*Populus tremula*)

Наибольшие баллы конкурентоспособности установлены для площадки №1 (96,06). На остальных площадках они ниже, находятся в пределах 53,31- 55,92 и коррелируют с участием дуба в древостоях.

Высокие значения по параметру реактивности имеет площадка №4, что связано с наличием осины. Стратегия популяций осины реактивная, на данном участке (окр. х. Ветряк, близость к трассе М4) падает стресс-толерантный тип стратегии, конкуренция со стороны эдификатора (дуба) значительно снижается, что дает возможность реализовать

рудеральный тип стратегии. Еще большие значения реактивности характерны для участков №5 и №7 дубравы урочища Морозова гора (55,84 и 65,7 соответственно). Однако в этом типе леса основной вклад в реализацию стратегии вносит береза. Популяция березы повислой распространена фрагментарно, обычно встречается по окраинам дубравы, и после пожара относительно быстро восстановила численность. На территории этих же площадок стратегия толерантности оказалась выражена очень слабо, несмотря на значительное присутствие дуба. В целом, на площадках 5 и 7 популяционные стратегии древостоя соответствуют нарушенным местообитаниям.

Несмотря на относительно небольшую площадь и действие пирогенного фактора, наиболее сбалансированные значения стратегий характерны для площадки №6 урочища Морозова гора заповедника «Галичья гора» – 71,77 (С), 20,08 (S), 37,26 (R). Данная пробная площадка находится в центральной, одной из наименее поврежденных частей дубравы. Здесь вследствие пожара произошло некоторое изреживание древостоя, и местность приобрела вид парковой дубравы. В данный момент в центральной части дубравы наблюдается как порослевое, так и семенное возобновление дуба черешчатого, содоминантом является клен остролистный, что подтверждается высокими показателями по параметрам конкурентоспособности и стресс-толерантности.

Близкие к оптимальным значениям стратегий получены и на площадках № 2-3 Воронежской нагорной дубравы. Высокие баллы толерантности, характерные для данных площадок, обусловлены замещением конкурентоспособного дуба более стресс-толерантными липами и кленами.

Таким образом, на основе полученных данных проведена оценка современного состояния дубравы на различных участках. Рассчитанные значения позволяют не только оценить преобладающий тип стратегии в том или ином сообществе, но и сделать выводы о текущей и будущей динамике древесного яруса лесных экосистем.

### Список литературы

1. Восточноевропейские леса: история в голоцене и современность. В 2 кн. Кн. 1 / отв. ред. О.В. Смирнова // Центр экологии и продуктивности лесов. М.: Наука, 2004. 479 с.
2. Кирик А.И. Оценка устойчивости лесных сообществ на территории Воронежской нагорной дубравы (г. Воронеж) // Московский экономический журнал, 2023. № 8.
3. Маевский П.Ф. Флора средней полосы европейской части России: учебное пособие для биол. фак. ун-тов, пед. и с.-х. вузов. 11-е изд., испр. и доп. Москва: Тов-во науч. изд. КМК, 2014. 635 с.
4. Нестеров Ю.А., Прохорова О.В., Ушаков М.В. Геоинформационные подходы к изучению многолетней динамики природы ООПТ (на примере заповедника Галичья гора) // Геоинформационное картографирование России: Матер. III всерос. науч.-практ. конференции, г. Воронеж, 15-18 сентября 2011. – Воронеж, 2011. С. 75-82.
5. Харченко Н.А., Михно В.Б., Харченко Н.Н. Деградация дубрав Центрального Черноземья. Воронеж, 2010. 604 с.
6. Kirik A.I., Parakhnevich T.M., Popova V.T. State assessment of dominant tree layers of oak forests based on quantitative analysis of population strategies // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. Ser. International Forestry Forum «Forest Ecosystems as Global Resource of the Biosphere: Calls, Threats, Solutions», 2020. С. 012040.

### References

1. East European Forests: History in the Holocene and Modernity. In 2 books, Book 1 / ed. by O.V. Smirnova // Center for Forest Ecology and Productivity. Moscow: Nauka, 2004. 479 p.

2. Kirik A.I. Assessment of forest community stability on the territory of Voronezh highland oak forest (Voronezh) // Moscow Economic Journal, 2023. № 8.
3. Maevsky P.F. Flora of the middle zone of the European part of Russia: textbook for biology departments of universities, pedagogical and agricultural universities; 11th ed., revised and supplemented. Moscow: KMC, 2014. 635 p.
4. Nesterov Yu.A., Prokhorova O.V., Ushakov M.V. Geoinformation approaches to the study of multi-year dynamics of the nature of protected areas (on the example of the Galichya Gora Reserve) // Geoinformation mapping of Russia: Proceedings of the III All-Russian Scientific and Practical Conference Voronezh, September 15-18, 2011. - Voronezh, 2011. P. 75-82.
5. Kharchenko N.A., Mikhno V.B., Kharchenko N.N. Degradation of oak forests of the Central Black Earth Region. Voronezh, 2010. 604 p.
6. Kirik A.I., Parakhnevich T.M., Popova V.T. State assessment of dominant tree layers of oak forests based on quantitative analysis of population strategies // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. Series International Forestry Forum «Forest Ecosystems as Global Resource of the Biosphere: Calls, Threats, Solutions», 2020. P. 012040.

АНАЛИЗ СРЕДНЕМЕСЯЧНЫХ КЛИМАТИЧЕСКИХ ДАННЫХ  
В ЮЖНОЙ ЧАСТИ СРЕДНЕГО ПРЕДКАВКАЗЬЯ

**Похваленко Вячеслав Андреевич**

аспирант по направлению подготовки 04.01.06, ФГБОУ ВО «Воронежский государственный лесотехнический университет им. Г.Ф. Морозова», г. Воронеж, РФ

E-mail: slavapohvalenko@yandex.ru

**Харченко Николай Николаевич**

д. б. н., проф., заведующий кафедрой экологии, защиты леса и лесного охотоведения ФГБОУ ВО «Воронежский государственный лесотехнический университет им. Г.Ф. Морозова», г. Воронеж, РФ

E-mail: forest.vrn@gmail.com

**Трегубов Олег Викторович**

к. с-х. н., доц., заведующий отделом биоразнообразия, рационального лесопользования и лесовыращивания ФГБУ «Всероссийский научно-исследовательский институт лесной генетики, селекции и биотехнологии», г. Воронеж, РФ

E-mail: o.v.tregubov@gmail.ru

ANALYSIS OF AVERAGE MONTHLY CLIMATIC DATA IN THE SOUTHERN PART  
OF THE MIDDLE CISCAUCASIA

**Pokhvalenko Vyacheslav Andreevich**

Postgraduate student in the field of training 04.01.06, Voronezh State University of Forestry and Technologies named after G.F. Morozov, Voronezh, Russia

E-mail: slavapohvalenko@yandex.ru

**Kharchenko Nikolay Nikolaevich**

Doctor of Biological Sciences, Professor, Head of the Department of Ecology of Forest Protection and Forest Hunting, Voronezh State University of Forestry and Technologies named after G.F. Morozov, Voronezh, Russia

E-mail: forest.vrn@gmail.com

**Tregubov Oleg Viktorovich**

Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor., Head of the Department of Biodiversity, Rational Forest Management and Forest Cultivation, All-Russian Research Institute of Forest Genetics, Breeding and Biotechnology, Voronezh, Russia

E-mail: o.v.tregubov@gmail.ru

**Аннотация.** В статье содержится исследование температурного режима и количества осадков, влияющих на состояние лесных культур, по аналитическим данным на территории, расположенной в южной части Среднего Предкавказья.

**Abstract.** The article contains a study of the temperature regime and the amount of precipitation affecting the state of forest cultures, according to analytical data on the territory located in the southern part of the Middle Ciscaucasia.

**Ключевые слова:** лесные культуры; средняя температура; среднemesячные осадки.

**Keywords:** forest cultures; mean temperature; average monthly precipitation.

Актуальной проблемой является изучение приживаемости высаженного посадочного материала с учетом изменения климатических факторов.

Это позволяет оценить и правильно понимать выполнение посадочных работ и работ по уходу, а также предложить методические и агротехнические подходы к формированию посадочного материала.

Целью работы было – исследовать температурный режим и количество осадков, влияющих на состояние насаждений.

Объект исследований – климатические данные по филиалам: ФГБУ «Северо-Кавказское УГМС», метеостанция № 37123 и ФГБУ «Северо-Кавказское УГМС» – Карачаево-Черкесский центр по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды, метеостанция № 37047. В 2022 году проведены полевые исследования лесных культур в Ессентукском лесничестве, Ессентукского участкового лесничества, кв. 40, выд. 3 и Кисловодском лесничестве, Кисловодского участкового лесничества, кв. 24, выд. 4.

Исследуемые участки находятся на территории, расположенной в южной части Среднего Предкавказья, переходящей в северный макросклон Большого Кавказа. Она входит в Крымско-Кавказскую горную страну, область Большого Кавказа, Северо-Кавказскую провинцию [2]. Геологической основой являются кайнозойские структуры [1]. При исследовании данных участков было проведено исследование температурного режима и количества осадков, влияющих на состояние лесных культур.

На рис. 1 показаны среднемесячная температура и количество осадков в районе исследований.

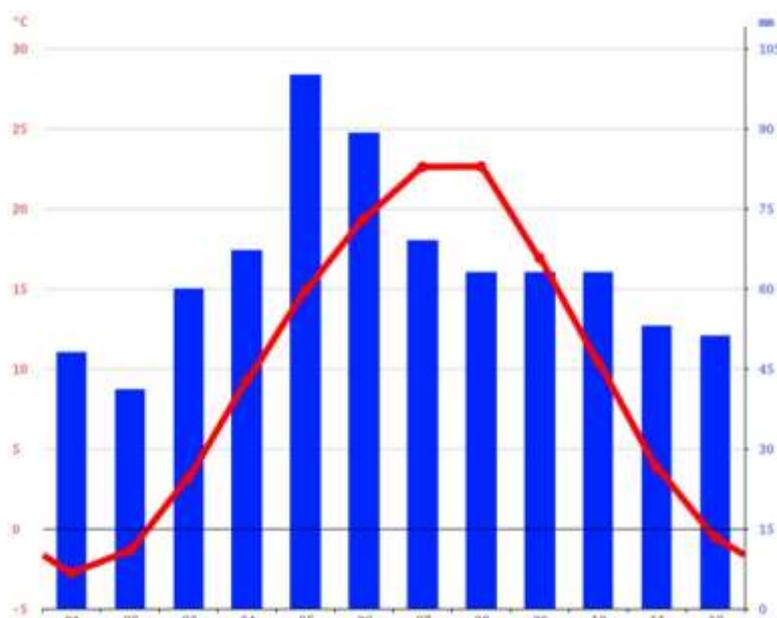


Рисунок 1. Среднемесячная температура и количество осадков в районе исследований

Усредненные помесечные данные количества осадков показывают, что минимальное количество осадков в районе исследований выпадает в зимне-осенний период (январь, февраль, ноябрь и декабрь). Это приводит к дефициту запаса влаги в почве и недостатку дождевой влаги в период высадки саженцев, что выражается в низкой приживаемости и сохранности растений.

Усредненные данные среднемесячного хода температуры атмосферного воздуха показывают, что самая высокая температура приходится на июль и август. В январе, феврале и декабре среднемесячная температура отрицательная.

### Список литературы

1. Геологическая карта, масштаб 1:15000000. Атлас СССР. – URL: [https://landscapeedu.ru/images/maps/fgr/ussr\\_atlas\\_geology.jpg](https://landscapeedu.ru/images/maps/fgr/ussr_atlas_geology.jpg) (дата обращения: 08.10.2022).

2. Карта физико-географического районирования СССР, 1986, масштаб 1 : 80.000.000. - URL: [https://www.landscapeedu.ru/images/maps/fgr/other\\_f-g\\_rayonirovanie.jpg/](https://www.landscapeedu.ru/images/maps/fgr/other_f-g_rayonirovanie.jpg/) (дата обращения: 08.10.2022).
3. Трегубов О.В., Лактионов А.П., Мизин Ю.А., Комарова О.В., Пилипенко В.Н., Похваленко В.А. Опыт создания лесных культур с закрытой коревой системой в степной и лесостепной зонах юга Российской Федерации // Астраханский вестник экологического образования. 2022, № 5 (70). С. 203-211 DOI 10.36698/2304-5957-2022-5-203-211.
4. Трегубов О.В., Лактионов А.П., Мизин Ю.А., Комарова О.В., Похваленко В.А. Опыт создания лесных культур с закрытой коревой системой в зарубежных странах // Астраханский вестник экологического образования. 2022, № 5 (70). С. 179-189. DOI 10.36698/2304-5957-2022-4-179-189.
5. Трегубов О.В., Лактионов А.П., Мизин Ю.А., Цепляев А.Н., Корнеев А.Б., Похваленко В.А., Вариводина И.Н., Трегубова А.О. Приживаемость и сохранность лесных культур сосны обыкновенной, высаженной с закрытой корневой системой в условиях лесостепной зоны европейской части Российской Федерации // Астраханский вестник экологического образования. 2023, № 3 (75). С. 152-161. DOI 10.36698/2304-5957-2023-3-152-161.

### References

1. Geological map, scale 1:15000000. Atlas of the USSR. URL: [https://landscapeedu.ru/images/maps/fgr/ussr\\_atlas\\_geology.jpg](https://landscapeedu.ru/images/maps/fgr/ussr_atlas_geology.jpg) (date of reference: 08.10.2022).
2. Map of physiographic zoning of the USSR, 1986, scale 1 : 80,000,000. URL: [https://www.landscapeedu.ru/images/maps/fgr/other\\_f-g\\_rayonirovanie.jpg/](https://www.landscapeedu.ru/images/maps/fgr/other_f-g_rayonirovanie.jpg/) (date of reference: 08.10.2022).
3. Tregubov O.V., Laktionov A.P., Mizin Y.A., Komarova O.V., Pilipenko V.N., Pokhvalenko V.A. Experience of creating forest crops with closed bark system in the steppe and forest-steppe zones of the south of the Russian Federation // Astrakhanskiy vestnik of ecological education. 2022, № 5 (70). P. 203-211. DOI 10.36698/2304-5957-2022-5-203-211.
4. Tregubov O.V., Laktionov A.P., Mizin Y.A., Komarova O.V., Pokhvalenko V.A. Experience of creating forest crops with closed bark system in foreign countries. // Astrakhanskiy vestnik of ecological education. 2022, № 5 (70). P. 179-189. DOI 10.36698/2304-5957-2022-4-179-189.
5. Tregubov O.V., Laktionov A.P., Mizin Y.A., Tseplyaev A.N., Korneev A.B., Pokhvalenko V.A., Varivodina I.N., Tregubova A.O. Adoptability and safety of forest cultures of common pine planted with a closed root system in the conditions of the forest-steppe zone of the European part of the Russian Federation // Astrakhanskiy vestnik of ecological education. 2023, № 3 (75). P. 152-161. DOI 10.36698/2304-5957-2023-3-152-161.

ОСОБЕННОСТИ ВИДОВОГО СОСТАВА ДРЕВЕСНО-КУСТАРНИКОВЫХ  
ИНТРОДУЦЕНТОВ В СТАРИННЫХ УСАДЕБНЫХ ПАРКАХ ВОРОНЕЖСКОЙ  
ОБЛАСТИ

*Рудницких Алина Амирановна*

*аспирант ФГБОУ ВО «Воронежский государственный лесотехнический  
университет имени Г.Ф. Морозова», г. Воронеж, РФ*

*E-mail: alinaru1990@mail.ru*

PECULIARITIES OF SPECIES COMPOSITION OF TREE AND SHRUB INTRODUCERS  
IN OLD MANOR PARKS OF THE VORONEZH REGION

*Rudnitskikh Alina Amiranovna*

*Post-graduate student, Voronezh State University of Forestry and Technologies named  
after G.F. Morozov, Voronezh, Russia*

*E-mail: alinaru1990@mail.ru*

**Аннотация.** Усадебные парки столетиями были своего рода опытными станциями для ботанических экспериментов. Именно там предпринимались активные попытки адаптации видов, несвойственных для местных ареалов обитания. Постепенно это привело к тому, что виды-интродуценты стали едва ли не доминирующими в отдельных из них. А в настоящее время часть успешно интродуцированных растений получила широкое распространение и за пределами парков. В связи с этим изучение видового состава интродуцентов имеет все возрастающую актуальность. Цель исследования заключалась в выявлении особенностей видового состава древесно-кустарниковых интродуцентов в старинных усадебных парках Воронежской области. Задачи исследования: 1) описать видовую структуру интродуцентов в районе исследования 2) проанализировать особенности видовой структуры интродуцентов в сравнении с индигенофитами. В основу работы положены результаты собственных наблюдений в пределах 59 усадебных комплексов Воронежской области. Инвентаризация флоры показала, что доля видов-интродуцентов преобладает в структуре древесно-кустарниковых насаждений (58,7%). При этом видовой состав индигенофитов представлен преимущественно евразийским (59,4%) и европейским элементами (31,3%), тогда как среди интродуцентов преобладают американский (39,5%) и азиатский (20,9%) элементы. Хорошая способность к адаптации привела к тому, что часть интродуцированных видов могут считаться инвазивными. Они представляют угрозу для местной флоры, так как эти интродуценты вытесняют виды индигенофиты. Своевременное выявление очагов снижения биологического разнообразия вследствие доминирования отдельных инвазивных видов – первый шаг для решения этой проблемы.

**Abstract.** For centuries manor parks have been a kind of experimental stations for botanical experiments. It was there that active attempts were made to adapt species that were not typical for local habitats. Gradually, this has led to the fact that the introduced species have become almost dominant in some of them. And nowadays, some of the successfully introduced plants have become widespread outside the parks. In this connection, the study of the species composition of introduced plants is of increasing relevance. The aim of the study was to identify the peculiarities of the species composition of wood-shrub introducers in old manor parks of the Voronezh region. Objectives of the study: 1) to describe the species structure of introduced species in the study area 2) to analyze the peculiarities of the species structure of introduced

species in comparison with indigenophytes. The work is based on the results of own observations within 59 estate complexes of Voronezh region. The flora inventory showed that the share of introduced species prevails in the structure of tree and shrub plantations (58.7%). At the same time, the species composition of indigenophytes is represented mainly by Eurasian (59.4%) and European elements (31.3%), while American (39.5%) and Asian (20.9%) elements prevail among the introduced species.

**Ключевые слова:** старинные парки, усадебные комплексы, интродуценты, древесно-кустарниковая растительность, видовой состав

**Keywords:** ancient parks, manor complexes, introducers, tree and shrub vegetation, species composition

В современном мире, где темпы урбанизации и экономического роста часто идут вразрез с сохранением природного и культурного наследия, понятие устойчивого развития приобретает особое значение. Среди множества объектов культурного наследия, требующих бережного отношения, особое место занимают старинные усадьбы [8, 11] – уникальные памятники архитектуры и истории, которые выступают не только символами прошлого, но и потенциалом для будущего. Эти исторические комплексы, впитавшие в себя дух эпох и веков, становятся значимыми участниками в развитии культурного и экологического туризма [1, 2].

Однако, вовлечение старинных усадеб в туристическую сферу требует особого внимания и ответственности. Как сохранить аутентичность и при этом вдохнуть новую жизнь в эти объекты? Как сделать их частью живого общества, не уничтожая историческую ценность? Эти вопросы становятся центральными в дискуссии о взаимовыгодной интеграции культурного наследия в современную экономику через принципы устойчивого развития. Настоящая статья призвана исследовать, каким образом старинные усадьбы могут стать частью данной концепции, сохраняя свое историческое значение и способствуя развитию местных сообществ.

В ряде работ [9-13] изложена важная информация о ботанической и культурной истории региона Центрального Черноземья, обращено внимание на различные аспекты растительности и культурного наследия.

Работа Машкина С. И. "Дендрофлора Центрального Черноземья" (1971) является фундаментальным трудом по изучению древесной флоры Центрального Черноземья. Машкин дает подробное описание различных видов деревьев и кустарников, распространенных в этом регионе. Этот труд полезен для ботаников и экологов, интересующихся биоразнообразием и динамикой экосистем Центрального Черноземья.

Во второй книге (Машкин С. И., Голицын С. В. "Дикорастущие и разводимые кустарники воронежской области" (1952)) сосредоточено внимание на описании кустарников, которые как произрастают в дикой природе, так и культивируются в Воронежской области. Работа включает в себя данные о биологических особенностях, агротехнике и потенциале использования кустарников. Это исследование важно для агротехников и садоводов, работающих в регионе.

В статье Проскуриной Н.В. [11] рассматривается как дворянские усадьбы влияли на развитие геокультурного ландшафта Воронежской области. Авторы анализируют архитектурные, культурные и ландшафтные аспекты, показывая их значимость в формировании культурного пространства региона. Этот труд будет особенно полезен для историков культуры и архитекторов.

В работе Толмачева А.И. [12] проводится анализ количественных характеристик флоры Земли, обсуждая глобальные флористические закономерности. Работа выделяется межрегиональным и межконтинентальным подходом к изучению флористических структур, что делает её ценной для биогеографов и экологов.

Топорина В.А., Голубева Е.И. [13] фокусируют внимание на русских дворянских усадьбах, рассматривая их как объекты природного и культурного наследия. Авторы

исследуют архитектурные и природные элементы, формирующие уникальность этих усадеб. Книга будет полезна для культурологов, историков и специалистов по охране наследия.

Старинные усадебные парки Воронежской области, как и многие парки провинции, характеризуются сочетанием различных садово-парковых стилей. Примечательно, что в оформлении парков использовались не только аборигенные виды, но и интродуценты, многие из которых сохранили свою декоративность даже спустя сотни лет, благодаря уходу. При этом видовой состав интродуцентов менялся по мере развития торговых и транспортных путей, часть видов приживалась лучше, часть хуже [3,4]. Это обуславливало изменение облика садово-парковых комплексов, а также прилегающих территорий за счет распространения успешно адаптировавшихся интродуцированных видов.

В настоящее время видовой состав древесно-кустарниковых интродуцентов в пределах старинных усадебных парков области довольно разнообразен. При этом отмечается широкое распространение отдельных видов за пределы парков. В связи с этим актуальный анализ видového состава интродуцентов является интересной и важной задачей.

Если сравнивать соотношение интродуцентов и индигенофитов в пределах усадебных парков Воронежской области, можно отметить, что первые преобладают в видовом составе. Их доля составляет 58,7%, или 44 вида из 75. Такой интерес к видам из других регионов для оформления парков был обусловлен как их практическими качествами (высокая скорость роста, возможность укрепления почв и грунтов корневой системой), так и их декоративными особенностями [4].

Среди интродуцированных видов подавляющее большинство появилось после начала XVIII века (97,67%) [1]. Лишь один вид был интродуцирован еще до конца XVII века – *Salix fragilis* L.

Тенденции адвентивизации и синатропизации флоры, отмечаемые в пределах области особенно остро в последние десятилетия, порождают проблему сохранения биоразнообразия [3]. Поэтому задачи изучения видového состава старинных усадебных парков и его мониторинг являются актуальными.

Собственные исследования древесно-кустарниковой растительности в пределах усадебных парков Воронежской области, проведенные в 2015-2020 гг. позволили выявить особенности видového состава интродуцентов. В частности, большинство из них относится к отделу *Magnoliophyta* (34 вида). Доля видов, относящихся к отделу *Pinophyta* практически в 3 раза ниже (10 видов). В целом преобладание растений из отдела *Magnoliophyta* характерно также и для индигенофитов, тогда как растений из отдела *Pinophyta* среди них еще меньше (всего один вид).

Среди древесно-кустарниковых интродуцентов преобладающее большинство видов относится к двум семействам: *Pinaceae* и *Rosaceae*. Шесть семейств включают в себя всего по одному виду в пределах усадебных парков Воронежской области (среди них *Salicaceae*, *Caprifoliaceae*, *Juglandaceae*, *Parthenocissus*, *Hydrangeaceae*, *Hippocastanaceae*). Семейства *Moraceae* и *Cupressaceae* содержат 2 вида, *Oleaceae* и *Ulmaceae* – 3 вида, *Aceraceae* и *Fabaceae* – 4 вида. В целом это позволяет говорить о низком систематическом разнообразии древесно-кустарниковых интродуцентов на рассматриваемых территориях.

Если рассматривать географическую структуру видов, можно отметить, что среди интродуцентов преобладают американский и азиатский элементы (39,5% и 20,9% соответственно). Тогда как среди индигенофитов преобладающими являются евразийская и европейская группа растений (59,4% и 31,3% соответственно). Евразийский и европейский элементы встречаются среди интродуцентов, однако их доля значительно ниже. Также как среди индигенофитов присутствует азиатский элемент, но он не является доминирующим. Примечательно, что среди индигенофитов отсутствуют американские виды. То есть нарушение равновесия в пользу новых видов, не характерных для рассматриваемой территории, может привести к неблагоприятным последствиям.

Среди интродуцентов наибольшая частота приходится на такие виды, как *Acer negundo* L., *Fraxinus pennsylvanica* Marshall, *Parthenocissus quinquefolia* (L.) Planch., *Robinia pseudoacacia* L. При этом каждый из них можно отнести к инвазионным элементам в пределах района исследования. То есть эти виды успешно натурализовались и расселяются за пределы парков, захватывая привычные местообитания аборигенных видов. Кроме них высокую способность к распространению обладают такие виды, как *Salix fragilis* L., *Ulmus pumila* L., *Amorpha fruticosa* L., *Caragana arborescens* Lam., *Fraxinus americana* L.

Хорошие способности к адаптации приводят зачастую к неконтролируемому распространению видов-захватчиков по территории области. При этом они вытесняют естественную флору, приводят на отдельных участках к снижению биологического разнообразия и к трансформации растительных сообществ. Кроме того, эти процессы происходят на фоне синатропизации флоры, то есть параллельно с изменениями естественных местообитаний растений под воздействием человека.

Таким образом, видовой состав древесно-кустарниковой растительности старинных усадебных парков Воронежской области не остается неизменным. Он продолжает формироваться под воздействием комплекса природных и антропогенных факторов. Среди первых преобладающими являются естественная способность видов к акклиматизации и натурализации, а также особенности произрастания, обусловленные расположением области на границе лесостепной и степной зон. Среди антропогенных факторов можно отметить рекреационную нагрузку, особенности ухода за древесно-кустарниковой растительностью, трансформацию окружающей среды в процессе хозяйственной деятельности.

В настоящее время доля интродуцентов среди древесно-кустарниковых растений старинных усадебных парков довольно высока и составляет 58,7%. Среди них преобладающими являются американский и азиатский элементы, тогда как среди аборигенных растений преобладают евразийский и европейский элементы. В видовой структуре интродуцентов доминируют *Acer negundo* L., *Fraxinus pennsylvanica* Marshall, *Parthenocissus quinquefolia* (L.) Planch., *Robinia pseudoacacia* L. Каждый из этих видов обладает высокой способностью к адаптации в условиях области. Это приводит к их успешному и быстрому расселению как внутри парков, так и за их пределы. В перспективе это может привести к снижению биологического разнообразия растительных сообществ, а также к угнетению аборигенных видов. Поэтому мониторинг флоры парков необходим и в дальнейшем.

### Список литературы

1. Яковенко, Н. В. Стратегическая конкурентоспособность региона: теоретические аспекты исследования / Н. В. Яковенко, И. В. Комов, О. В. Диденко // Наука Красноярья. – 2017. – Т. 6, № 1-3. – С. 93-96. – EDN YUQVMV.
2. Яковенко, Н. В. Модель развития агротуризма - "Малое семейное хозяйство" / Н. В. Яковенко, Ю. М. Шилов // Экономика. Управление. Право. – 2010. – № 5. – С. 35-37. – EDN ONLUGP.
3. Адвентивная флора Воронежской области: исторический, биогеографический, экологический аспекты / А. Я. Григорьевская [и др.]; науч. ред. А. А. Тишков. – Воронеж: Изд-во ВГУ, 2004. – 319с.
4. Гарбузова, Т. Г. Устойчивое управление лесами как действенный инструмент сохранения лесного биоразнообразия / Т. Г. Гарбузова // Леса России: политика, промышленность, наука, образование: Материалы третьей международной научно-технической конференции, Санкт-Петербург, 23–24 мая 2018 года / под ред. В.М. Гедьо. Т. 2. – Санкт-Петербург: Санкт-Петербургский государственный лесотехнический университет им. С.М. Кирова, 2018. – С. 270-273.

5. Гарбузова, Т. Г. Экологический маркетинг как эффективный инструмент устойчивого развития общества / Т. Г. Гарбузова // Природно-ресурсный потенциал, экология и устойчивое развитие регионов России: Сборник статей XXI Международной научно-практической конференции, Пенза, 23–24 января 2023 года. – Пенза: Пензенский государственный аграрный университет, 2023. – С. 39-42.
6. Жердев, Н. В. Научные основы рекреационного природопользования Воронежской области / В. Н. Жердев, Т. В. Зязина. – Воронеж: Воронеж. гос. пед. ун-т, 2003. – 164 с.
7. Исаченко Т. Е. Дворянские усадьбы и ландшафт: три века взаимодействия / Т. Е. Исаченко // Вестник СПбГУ. Сер. 7, 2003. Вып. 4 (№ 31). С. 88–101.
8. Кригер Л. В. Усадьбы Воронежской области / Л. В. Кригер. – Воронеж: Центр духовного возрождения Черноземного края, 2011. – 368 с.
9. Машкин С. И. Дендрофлора Центрального Черноземья / С. И. Машкин. – Воронеж: Изд-во Воронеж, гос. ун-та, 1971. – Т. I. – 343 с.
10. Машкин С. И. Дикорастущие и разводимые кустарники воронежской области / С. И. Машкин, С. В. Голицын. – Воронеж: Воронежское областное книгоиздательство, 1952. – 290 с.
11. Проскурина Н.В. Роль дворянских усадеб в формировании геокультурного пространства Воронежской области / Н.В. Проскурина, М.Н. Ушакова // Вестник ВГУ. Сер. География. Геоэкология. – 2008. – № 1. – С. 98-100.
12. Толмачев А. И. О некоторых количественных соотношениях во флорах Земного шара / А. И. Толмачев // Вестник Ленинградского государственного университета. – 1970. – № 15, вып. 3. – С. 62-74.
13. Топорина, В. А. Русская провинциальная дворянская усадьба как природное и культурное наследие / В. А. Топорина, Е. И. Голубева. – Москва: КРАСАНД, 2015. – 256 с.

## References

1. Yakovenko, N. V. Strategic competitiveness of the region: theoretical aspects of the study / N. V. Yakovenko, I. V. Komov, O. V. Didenko // Nauka Krasnoyarya. - 2017. - Vol. 6, № 1-3. - P. 93-96. - EDN YUQVMV.
2. Yakovenko, N. V. Model of agritourism development - “Small family farm” / N. V. Yakovenko, Y. M. Shilov // Economics. Management. Law. - 2010. - № 5. - P. 35-37. - EDN ONLUGP.
3. Adventive flora of the Voronezh region: historical, biogeographical, ecological aspects / A. Y. Grigorievskaya [et al.]; ed. by A. A. Tishkov. - Voronezh: VGU Publishing House, 2004. – 319 p.
4. Garbuzova, T. G. Sustainable forest management as an effective tool for the conservation of forest biodiversity / T. G. Garbuzova // Forests of Russia: policy, industry, science, education: Proceedings of the Third International Scientific and Technical Conference, St. Petersburg, May 23-24, 2018 / Edited by V. M. Gedyo. Volume 2. - St. Petersburg: St. Petersburg State Forest Engineering University named after S.M. Kirov. S.M. Kirov, 2018. - P. 270-273.
6. Garbuzova, T. G. Environmental marketing as an effective tool for sustainable development of society / T. G. Garbuzova // Natural-resource potential, ecology and sustainable development of Russian regions: Collection of articles of the XXI International Scientific and Practical Conference, Penza, January 23-24, 2023. - Penza: Penza State Agrarian University, 2023. - P. 39-42.
7. Zherdev, N.V. Scientific bases of the recreational nature management of the Voronezh region / V.N. Zherdev, T.V. Zyazina. - Voronezh: Voronezh State Pedagogical University, 2003. - 164 p.

8. Isachenko, T.E. Noble estates and landscape: three centuries of interaction / T.E. Isachenko // Vestnik of St. Petersburg State University. Ser. 7, 2003. Vyp. 4 (№ 31). P. 88-101.
9. Krieger, L.V. Manors of the Voronezh region / L.V. Krieger - Voronezh: Center for the spiritual revival of the Black Earth Region, 2011. - 368 p.
10. Mashkin S. I. Dendroflora of the Central Black Earth Region / S. I. Mashkin // - Voronezh: Voronezh State University, 1971. - Vol. I. - 343 p.
11. Mashkin S. I. Wild and cultivated shrubs of the Voronezh region / S. I. Mashkin, S. V. Golitsyn. - Voronezh: Voronezh regional book publishing house, 1952. - 290 p.
12. Proskurina, N.V. The role of noble estates in the formation of geocultural space of the Voronezh region / N.V. Proskurina, M.N. Ushakova // Vestnik Voronezh. State University. Ser. Geography. Geoecology. 2008. № 1. P. 98-100.
13. Tolmachev, A. I. About some quantitative relations in the floras of the Earth globe / A. I. Tolmachev // Bulletin of the Leningrad State University. - 1970. - No. 15, vol. 3. - P. 62-74.
14. Toporina, V.A. Russian provincial noble manor as a natural and cultural heritage / V.A. Toporina, Golubeva E.I. - Moscow: KRASAND, 2015. - 256 p.

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ТАКСАЦИОННЫХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ДРЕВОСТОЯ  
ПРИГОРОДНЫХ ЛЕСОВ Г. ВОРОНЕЖ

*Сафонова Анастасия Александровна*  
*аспирант 1 курса ФГБОУ ВО «Воронежский государственный лесотехнический*  
*университет им. Г.Ф. Морозова», г. Воронеж, РФ*  
*E-mail: anastasi.safonova18@gmail.com*

A COMPARATIVE ANALYSIS OF BIO-METRICAL INDICATORS OF THE GROWTH  
OF THE SUBURBAN FORESTS OF THE CITY OF VORONEZH

*Safonova Anastasia Alexandrovna*  
*1st year postgraduate student, Voronezh State University of Forestry and Technologies*  
*named after G. F. Morozov, Voronezh, Russia*  
*E-mail: anastasi.safonova18@gmail.com*

**Аннотация.** В данной статье представлены результаты анализа основных таксационных показателей древостоев и категории состояния дубравы и соснового бора Пригородного лесничества города Воронеж. Полученные данные могут быть использованы для дальнейших исследований по оценке антропогенного и техногенного влияния на лесоводственно-биологические свойства древесных растений.

**Abstract.** This paper presents the results of analyzing the correlation dependence of the main biometric indicators of the stand and the category of condition of oak and pine forests of the Prigorodnoye lesnichestvo of the city of Voronezh. The obtained data can be used for further studies on the assessment of anthropogenic and technogenic influence on forest-biological properties of woody plants.

**Ключевые слова:** древостой, категория состояния, высота, диаметр, бор, дубрава, корреляционный анализ.

**Keywords:** stand, state category, height, diameter, boron, oak forest, correlation analysis.

**Введение**

Воронеж – один из крупнейших городов Российской Федерации с численностью населения около 1 046 425 человек [3]. На сегодняшний день для обеспечения повседневных потребностей и поддержания экономической активности города функционирует разветвленная сеть промышленных предприятий и значительное число автотранспортных средств, что создает существенную техногенную нагрузку на окружающую среду. Так, каждый третий житель Воронежа владеет легковым автомобилем, что способствует увеличению уровня загрязнения атмосферы [2]. Помимо обеспечения материального комфорта, важными факторами благоприятных условий жизни в городе являются низкий уровень шума, комфортный температурный режим и чистота атмосферного воздуха, свободного от примесей, канцерогенов и тяжелых металлов.

В связи с вышеперечисленными положениями пригородные леса Воронежа играют важную роль в снижении техногенной и антропогенной нагрузки, выполняя функцию природного «фильтра» [1]. В связи с этим особую значимость приобретает анализ и мониторинг таксационных характеристик древесных насаждений и условий их

произрастания для оценки состояния и продуктивности данных биогеоценозов, что обуславливает актуальность исследования.

Цель исследования – сравнительный анализ таксационных показателей древостоя пригородных лесов города Воронеж для оценки их состояния и выявления роли в снижении техногенной нагрузки на окружающую среду.

### Материалы и методы

В качестве объектов исследования были выбраны пробные площади, заложенные в Левобережной части Пригородного лесничества, представленной бором и в Правобережной части, представленной дубравой. Так постоянная пробная площадь № 3 (ППП №3) была заложена в квартале 60, выделе 2 Левобережного участкового лесничества Пригородного лесничества Воронежской области в сосновом насаждении естественного происхождения с примесью березы, дуба, вяза и яблони. Средний возраст насаждения насчитывает 110 лет. Размер ППП составляет 1 га (100×100 м).

Постоянная пробная площадь № 6 была заложена в квартале 47, выделе 3 Правобережного участкового лесничества, Пригородного лесничества Воронежской области. Насаждение лиственное, смешанное, естественного происхождения произрастающее в условиях судубравы свежей дубовой (С<sub>2</sub>D). Размер ППП составляет 1 га (100×100 м).

Таксационные показатели деревьев определялись с применением лесотаксационных инструментов: диаметр ствола на высоте 1,3 м (D) с помощью мерной вилки MantaxBlue, а высота дерева измерялась при помощи лазерного дальномера-высотомера и угломера. Санитарное состояние деревьев оценивалось с использованием шкалы категорий санитарного состояния, где выделяются следующие категории санитарного состояние деревьев (КС): здоровые; ослабленные; сильно ослабленные; усыхающие; свежий сухостой; старый сухостой. Для анализа полученных данных был использован программный пакет Statistica.

### Результаты и обсуждение

Так на ППП№3 было проанализировано 367 единиц деревьев. Результаты распределения диаметров, высот и категорий состояния по породам графически отображены на рис. 1, 2 и 4 соответственно.

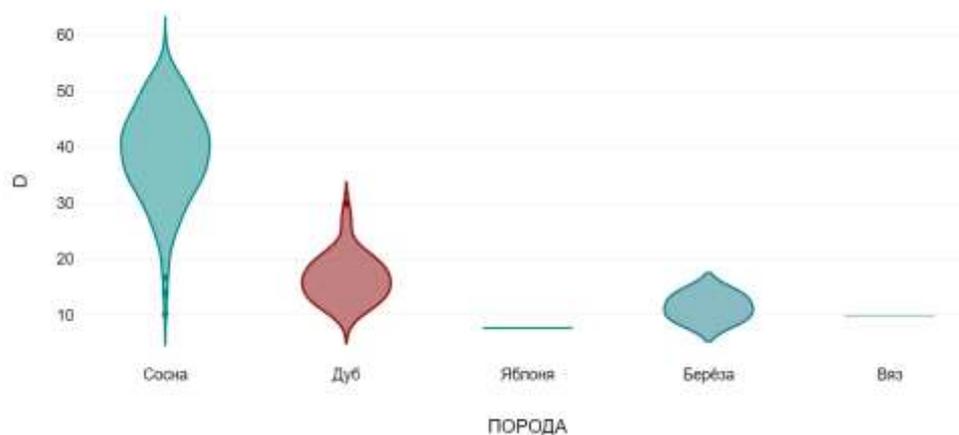


Рисунок 1. Распределение диаметров по породам на ППП№3

График типа Violin Plot показывает, что диаметр ствола деревьев сосны варьирует от 10 до 60 см, что свидетельствует о наличии как зрелых, так и молодых деревьев. При этом верхняя граница нормального диапазона данных равняется 57,7 см, а нижняя – находится на отметке 17,8 см. Значения, которые не входят в данный диапазон стоит

относить к экстремальным и исключить из последующих исследований. Средний диаметр по породе равняется 39,9 см, что указывает на преимущественную зрелость пород.

На втором месте по величине диаметра ствола в насаждении после сосны располагается дуб. Диаметр ствола дуба изменяется в пределах от 8,8 до 29,9 см, нижняя граница нормального диапазона данных совпадает с отметкой минимального диаметра. Верхняя граница находится на отметке в 27,7 см, что также свидетельствует среднем возрасте породы, но с меньшими диаметрами по сравнению с сосной. Среднее значение диаметра по породе равно 16,25 см.

Берёза представлена деревьями диаметром от 8,7 до 14,2 см, где средний диаметр составил 11,35 см. Можно сделать вывод о преобладании молодых и средневозрастных деревьев для данной породы. Яблоня и вяз показаны в виде единичных деревьев с небольшими диаметрами, что указывает на их незначительное присутствие в данном бору.

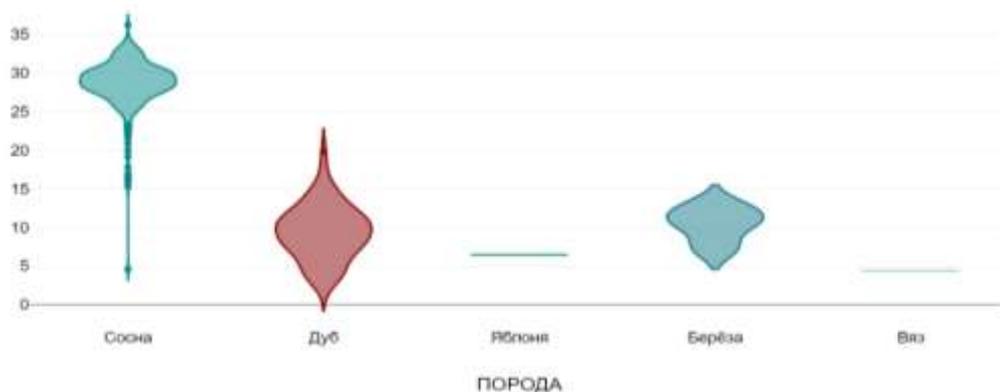


Рисунок 2. Распределение высот по породам на ППП №3

Также данный тип графика способен отразить распределение высот по породам. Самый большой диапазон высот наблюдается у представителей сосны: минимальное значение достигает 4,6 м, максимальное - 36,2 м со средним значением равным 28,9 м. Границы нормального диапазона данных расположились от 23,9 м до 34 м. Приведённые данные указывают на высокую вариативность и адаптивность этого вида к различным условиям среды. Это может говорить о наличии различий в возрастных группах или в экологических условиях, в которых произрастают сосны.

Дуб отличается меньшей амплитудой значений и большей однородностью высот. Так минимальная отметка зафиксирована на значении 2,2 м, а максимальная - на значении 19,8 м. Средней высотой для данной породы является значение 9,6 м. Нормальный диапазон данных находится в пределах от 2,2 м до 17,6 м. Можно сделать вывод о том, что дуб находится в некомфортных лесорастительных условиях.

Минимальная высота берёзы равняется 7,3 м, а максимальная – 12,8 м, что также является диапазоном достоверных данных без экстремальных значений в распределении. Средняя высота дерева равняется 10,8 м, что указывает на умеренную однородность высот. В сравнении с сосной и дубом, берёза демонстрирует более узкий диапазон высот, что может свидетельствовать о специфических условиях произрастания и ограниченной вариативности среди данной породы.

Данный график представляет собой диаграмму рассеяния с линией тренда и демонстрирует сильную положительную зависимость между высотой и диаметром деревьев с уровнем корреляции равным 0,84 единицы. Это указывает на высокую степень взаимосвязи между этими двумя переменными — по мере увеличения диаметра дерева его высота также возрастает. Высокий коэффициент корреляции подтверждает, что диаметр ствола можно использовать в качестве надежного индикатора для оценки высоты дерева, особенно для крупных и зрелых особей.

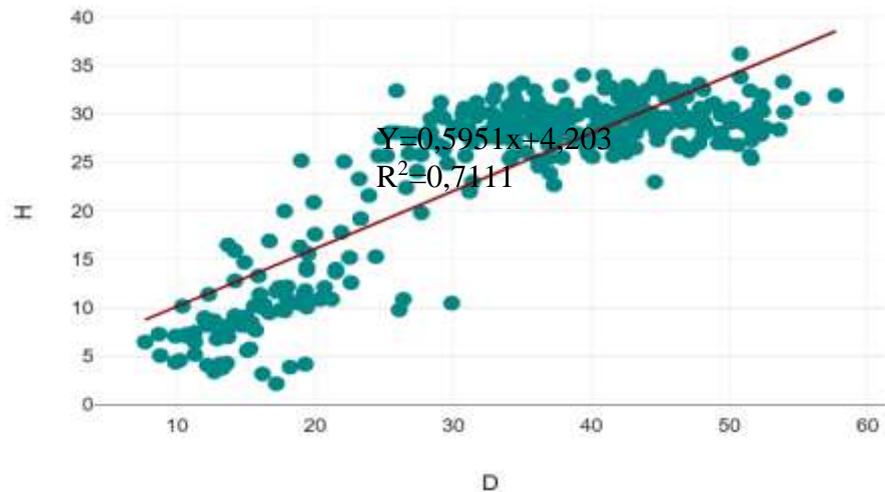


Рисунок 3. Регрессионный анализ диаметра и высоты древостоя ППП№3

На предоставленном графике типа Raincloud Plot отражены данные по категории состояния древостоя пробной площади Левобережного лесничества. Можно сделать вывод о том, что биогеохимические условия для сосны являются наиболее оптимальными, о чём свидетельствует преобладание I и II категории состояния.

Категории состояния дуба значительно хуже в сравнении с сосной: большинство деревьев относятся к категории усыхающих, а также значительная часть является старым сухостоем. Большинство из представителей берёзы ослаблены, усыхают и переходят в категорию сухостоя. Таким образом, можно наметить позитивную тенденцию в развитии пород сосны и негативную – для лиственных пород (дуба и берёзы).

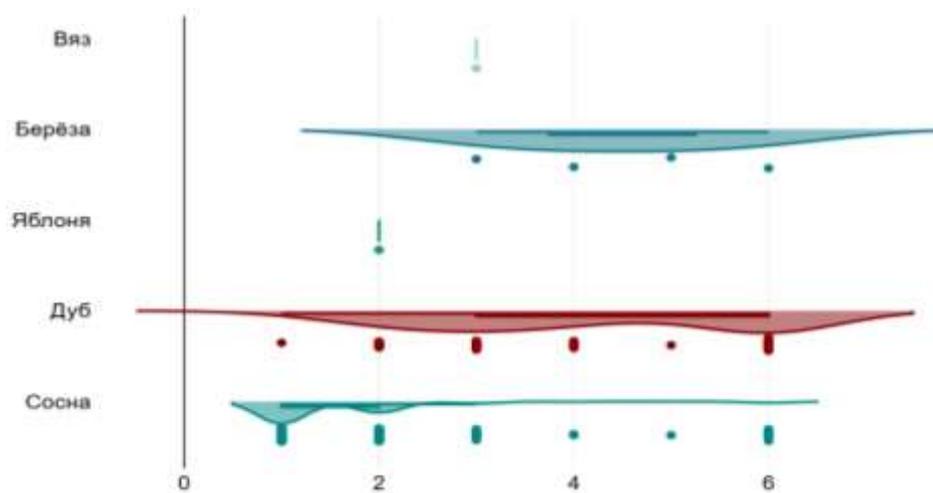


Рисунок 4. Распределение категорий состояния по породам на ППП №3

На ППП №6 было проанализировано 570 деревьев. Результаты распределения диаметров, высот и категорий состояния по породам графически отображены на рисунках 5, 6 и 7 соответственно.

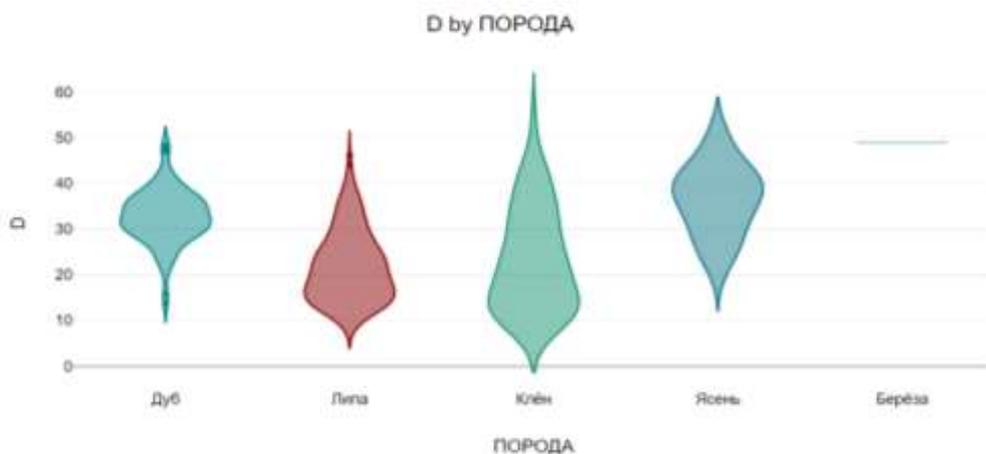


Рисунок 5. Распределение диаметра древостоя по породам на ППП №6

Данный график отражает распределение диаметров древостоя по породам. Так для дуба характерна большая однородность со значениями от 13,8 см до 48,2 см со средним значением в 32,2 см. Диапазон достоверных данных находится в пределах от 21,2 до 42,3 см. Липа демонстрирует большую вариативность. Минимальный диаметр пород равен 9,2 см, а максимум 46,1 см. Средним диаметром по породе является показатель в 20,7 см. Достоверные данные находятся в диапазоне от 9,2 до 41,7 см. Всё это говорит о разнообразии возрастных классов липы. Древостой клёна на данной пробной площади является доминирующим, что доказывает большой диапазон от 7,8 до 54,9 см, который и является достоверным. Средняя величина диаметра составила 21,6 см. Ясень на данной пробной площади имеет больший диаметр древостоя, что говорит о его большей зрелости. Минимальные значения стартуют от 19,5 см и достигают 51,5 см. Берёза на данной пробной площади находится в единственном экземпляре.

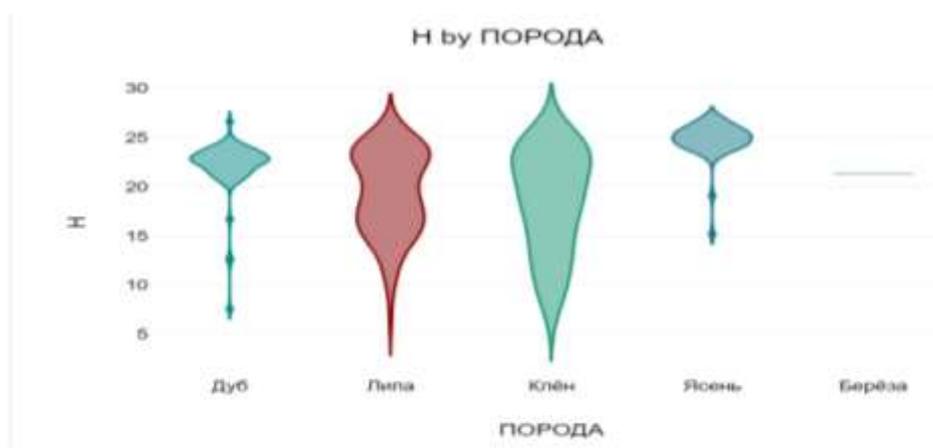


Рисунок 6. Распределение высот древостоя по породам на ППП №6

Данный график отображает распределение высот по породам в правобережном лесничестве. Для древостоя дуба характерны единичные низкорослые деревья, большая часть приходится высоты в диапазоне от 21,7 до 24,6 м, средняя высота древостоя равняется 22,6 м. На фоне параметров дуба крайне контрастно выглядят показатели липы с более равномерным распределением пород по высотам от 5,8 м до 26,5 м со средним значением равным 19,5 м. Самыми масштабными и равномерно распределёнными показателями обладает древостой клёна. Минимальная высота равняется 6,5 м, а максимальная – 26,3 м. Средний диаметр составил 19,4 м. Для ясеня характерны высоты в

диапазоне от 15,2 м до 27,1 со средним диаметром, составляющим 25 м, что может свидетельствовать о значительном возрасте данного древостоя.

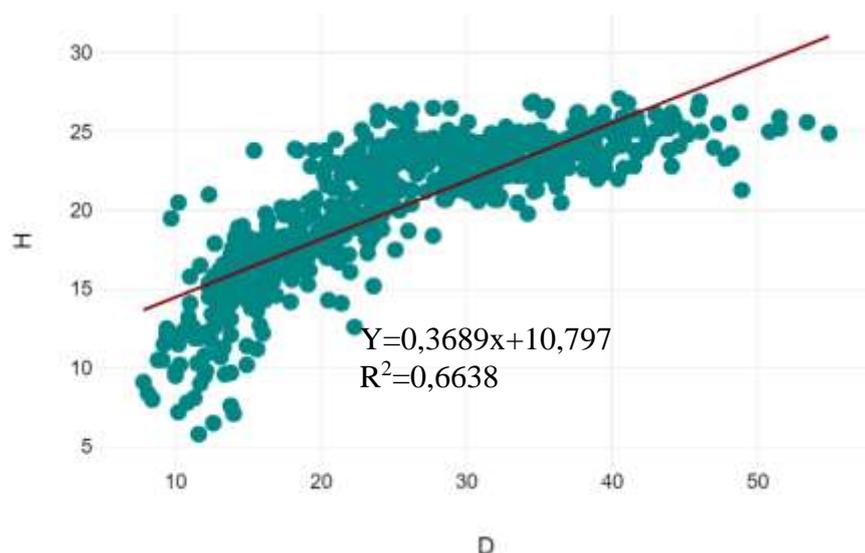


Рисунок 7. Регрессионный анализ диаметра и высоты древостоя ППП№6

Данный график представляет собой диаграмму рассеяния с линией тренда итакже демонстрирует высокую положительную зависимость между высотой и диаметром деревьев с уровнем корреляции равным 0,81 единиц.

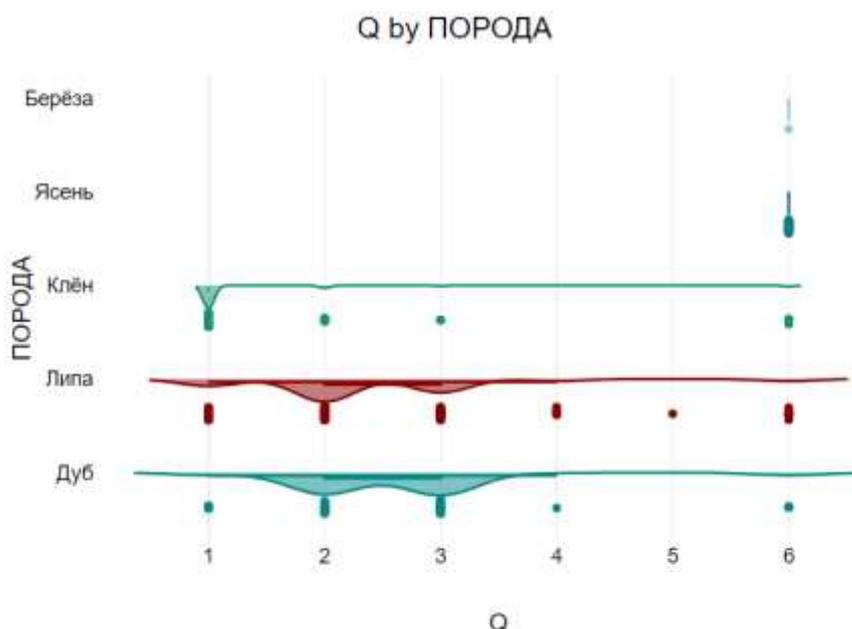


Рисунок 8. Распределение пород древостоя по категориям состояния ППП №6.

На рис. 8 отображён график распределения пород по категориям состояния, отражает следующую тенденцию: древостой клёна преимущественно относится к первой категории и является абсолютно здоровым, как следствие он может вытеснить главную породу – дуб, который в большинстве своём ослаблен или сильно ослаблен. Второй породой по качеству древостоя является липа, которая преимущественно относится ко второй категории, однако имеет и как абсолютно здоровые экземпляры, так и единичные деревья, ставшие сухостоем. Ясень же полностью «выпал» из состава древостоя.

### **Заключение**

Таким образом, исследование показало, что состояние и таксационные параметры деревьев тесно связаны с условиями среды и антропогенными факторами. В сосновом бору наблюдается доминирование сосны с большим диапазоном диаметров и высот, что свидетельствует о хороших условиях для её роста. В дубраве, напротив, дуб характеризуется невысокими показателями, значительное количество деревьев находится в состоянии усыхания. Липа и клён продемонстрировали большую вариативность, причём клён обладает наилучшими показателями среди лиственных пород, что может указывать на потенциальное вытеснение им дуба в данных условиях. Результаты исследования подчёркивают значимость пригородных лесов Воронежа как природного барьера, снижающего техногенную нагрузку на окружающую среду.

### **Список литературы**

1. Зелепукин, Д. С. История формирования и динамика флоры дубрав городского округа город Воронеж / Д. С. Зелепукин // Вестник Воронежского государственного университета. Серия: География. Геоэкология. – 2011. – № 2. – С. 196-200. – EDN ONSRVV.
2. Костылева, Л. Н. Загрязнение воздушной среды от автотранспорта в городе Воронеже / Л. Н. Костылева, Т. Н. Задорожная // Национальная Ассоциация Ученых. – 2015. – № 4-7(9). – С. 113-117. – EDN YKVYLJ.
3. Численность населения Российской Федерации по муниципальным образованиям // Федеральная служба государственной статистики. – URL: <https://rosstat.gov.ru/compendium/document/13282> (дата обращения: 25.10.2024).

### **References**

1. Zelepukin, D. S. History of formation and dynamics of flora of oak trees of the urban district of Voronezh / D. S. Zelepukin // Vestnik of Voronezh State University. Series: Geography. Geoecology. - 2011. - № 2. - P. 196-200. - EDN ONSRVV.
2. Kostyleva, L. N. Air pollution from motor vehicles in the city of Voronezh / L. N. Kostyleva, T. N. Zadorozhnaya // National Association of Scientists. - 2015. - № 4-7(9). - P. 113-117. - EDN YKVYLJ.
3. Population of the Russian Federation by municipalities // Federal State Statistics Service: URL: <https://rosstat.gov.ru/compendium/document/13282> (date of address: 25.10.2024).

СУКЦЕССИЯ ЛЕСНЫХ ЭКОСИСТЕМ ВОРОНЕЖСКОЙ ОБЛАСТИ:  
АНАЛИЗ И КАЧЕСТВЕННАЯ ОЦЕНКА ПРОЦЕССОВ**Сидельников Виктор Александрович***аспирант ФГБОУ ВО «Воронежский государственный лесотехнический университет имени Г.Ф. Морозова», г. Воронеж, РФ*SUCCESSION OF FOREST ECOSYSTEMS OF THE VORONEZH REGION:  
ANALYSIS AND QUALITATIVE ASSESSMENT OF PROCESSES**Sidelnikov Viktor Aleksandrovich***Postgraduate student, Voronezh State University of Forestry and Technologies named after G.F. Morozov, Voronezh, Russia*

**Аннотация.** Статья посвящена исследованию процессов сукцессии в лесных экосистемах Воронежской области, с акцентом на динамику изменений в составе древесных пород. Особое внимание уделено гибели ясеня (*Fraxinus excelsior*) под воздействием ясеневого златки (*Agrilus planipennis*), замедлению произрастания дуба (*Quercus robur*) из-за биологических особенностей вида, а также быстрому распространению клёна (*Acer spp.*), захватывающего освобожденные территории. Проведен анализ текущих тенденций, определены причины наблюдаемых изменений и их возможные последствия для лесных экосистем региона. Полученные результаты могут быть использованы для разработки мер по управлению сукцессией и сохранению биоразнообразия лесов.

**Abstract.** This article is dedicated to the study of succession processes in the forest ecosystems of the Voronezh region, focusing on the dynamics of changes in tree species composition. Special attention is given to the decline of ash (*Fraxinus excelsior*) due to the impact of the emerald ash borer (*Agrilus planipennis*), the slowed growth of oak (*Quercus robur*) due to the species' biological characteristics, and the rapid spread of maple (*Acer spp.*), which is taking over the newly available territories. The current trends are analyzed, the causes of the observed changes are identified, and their potential consequences for the region's forest ecosystems are discussed. The results obtained can be used to develop measures for managing succession and preserving forest biodiversity.

**Ключевые слова:** Сукцессия, лесные экосистемы, Воронежская область, ясень, дуб, клён, динамика, ясенева златка.

**Keywords:** Succession, forest ecosystems, Voronezh region, ash, oak, maple, dynamics, emerald ash borer.

**Введение**

Процессы сукцессии, или последовательного изменения растительных сообществ, играют ключевую роль в динамике лесных экосистем. В условиях изменяющегося климата и усиленного антропогенного воздействия наблюдается значительное изменение структуры и состава лесов, что приводит к замене одних древесных пород другими [1,2]. Эти изменения могут иметь как положительные, так и отрицательные последствия для экосистем,

В последние годы в лесах Воронежской области отмечены тревожные тенденции, связанные с массовой гибелью ясеня (*Fraxinus excelsior*) под воздействием ясеневого

златки (*Agrilus planipennis*) [3], насекомого-вредителя, который привел к значительным потерям лесных массивов по всей территории России. Одновременно с этим наблюдается замедление роста дуба (*Quercus robur*), который традиционно считается одной из основных пород региона. С другой стороны, клён (*Acer spp.*) демонстрирует способность к быстрому распространению, активно занимая освободившиеся территории и вытесняя другие виды.

**Цель исследования** – анализ текущих процессов сукцессии в лесных экосистемах Воронежской области, выявление причин и динамики изменения древесных пород, а также оценка возможных последствий этих изменений для региональной экологии и экономики. Результаты данного исследования могут быть использованы для разработки стратегий управления лесными экосистемами, направленных на поддержание их устойчивости и сохранение биоразнообразия.

#### **Материал и методы исследования**

Для исследования сукцессии лесных экосистем Воронежской области, был применён комплексный подход, включающий полевые исследования, дистанционное зондирование, анализ данных лесоинвентаризации и статистическую обработку полученных результатов.

#### **Результаты исследования и их обсуждение**

Сукцессия в лесных экосистемах. Общие положения. Сукцессия может быть, как первичной, так и вторичной. Первичная сукцессия начинается на ранее неплодородных землях, таких как новообразованные почвы после вулканической деятельности или отступивших ледников, где отсутствует растительность. Вторичная сукцессия происходит на территориях, ранее населённых растительными сообществами, но нарушенных из-за естественных или антропогенных факторов, например, после вырубке леса или пожара.

В контексте Воронежской области и многих других регионов Центральной России, ключевым процессом является вторичная сукцессия, вызванная как естественными, так и антропогенными факторами. Лесные экосистемы здесь подвержены значительным изменениям в связи с активной хозяйственной деятельностью, изменениями климата и внедрением инвазивных видов.

#### **Гибель ясеня под воздействием ясеневой златки**

За последние десятилетия массовая гибель ясеня (*Fraxinus excelsior*) стала одной из самых обсуждаемых проблем в лесной экологии [4,5]. Основным виновником этой проблемы является ясеневая златка (*Agrilus planipennis*), инвазивный вид насекомого, который был завезен в Россию из Восточной Азии. Впервые зарегистрированная в Московской области в начале 2000-х годов, златка быстро распространилась по Центральной России, нанося значительный ущерб популяциям ясеня.

Исследования показывают, что поражение ясеневой златкой приводит к почти полной гибели деревьев в течение нескольких лет после заражения [9,11]. Это связано с тем, что личинки насекомого питаются камбием и флоэмой деревьев, что приводит к нарушению транспортировки воды и питательных веществ, а затем к гибели растения. В результате гибель ясеня вызывает изменения в структуре лесных экосистем, создавая условия для сукцессии и смены доминирующих видов.

#### **Замедление роста дуба: Биологические и экологические факторы**

Дуб (*Quercus robur*) традиционно рассматривается как одна из основных пород лесов Воронежской области, обладающая высокой экологической и экономической значимостью. Однако в последние годы наблюдается замедление его роста и снижение конкурентоспособности по отношению к другим видам.

В литературе приводятся несколько причин этого явления. Во-первых, это может быть связано с изменениями в почвенных условиях, вызванными как естественными процессами (например, изменением уровня грунтовых вод), так и антропогенными факторами (например, вырубке лесов). Во-вторых, конкуренция со стороны других древесных пород, таких как клён, также может играть важную роль, особенно на ранних

стадиях роста дуба. В-третьих, климатические изменения, включая более частые засухи и повышение температуры, могут негативно сказываться на росте дуба.

Одной из причин замедления роста является конкуренция с клёном, который быстро распространяется на участках с гибелью ясеня и занимает освободившиеся ниши. Кроме того, изменения в почвенно-гидрологическом режиме, вызванные климатическими изменениями, также могут негативно сказываться на росте дуба.

Анализ данных лесоинвентаризации и полевые исследования показали, что темпы прироста дуба значительно снизились за последние два десятилетия. Средний годовой прирост по высоте и диаметру дуба уменьшился на 15-20% по сравнению с данными конца 20-го века.

Хотя дуб продолжает произрастать на многих участках, его регенерация замедлена, особенно в местах с высокой плотностью клёна. Это создаёт угрозу для сохранения дубрав в долгосрочной перспективе.

Вопросы о причинах замедления роста дуба и его будущей роли в лесных экосистемах Воронежской области требуют дальнейшего изучения и анализа.

### **Агрессивное распространение клёна**

Клён (*Acer spp.*) является одной из древесных пород, которая демонстрирует высокую способность к быстрому захвату территории и замещению других видов в условиях сукцессии [7]. Исследования показывают, что клён обладает рядом преимуществ, которые делают его конкурентоспособным в условиях изменяющихся лесных экосистем. Эти преимущества включают высокую скорость роста, способность к регенерации, устойчивость к заболеваниям и вредителям, а также способность адаптироваться к широкому спектру почвенных и климатических условий.

В условиях Воронежской области клён активно заполняет пустующие ниши, оставшиеся после гибели ясеня и снижения численности дуба. Это приводит к изменению структуры лесных сообществ, снижению биоразнообразия и изменению экосистемных процессов, таких как круговорот питательных веществ и гидрологический режим. В литературе также подчеркивается, что клён может оказывать негативное влияние на лесохозяйственную деятельность, снижая качество древесины и усложняя управление лесами.

Данные дистанционного зондирования показывают, что с 2010 по 2023 годы площадь, занятая клёном, увеличилась в два раза. Клён активно распространяется на участках с повреждённым ясенем, а также на открытых пространствах, оставшихся после рубок и других нарушений.

Быстрое распространение клёна приводит к изменению структуры лесных сообществ, снижению видового разнообразия и вытеснению других древесных пород, таких как дуб. Клён также оказывает влияние на почвенные процессы, изменяя химический состав листового опада и ускоряя минерализацию почвы, что может негативно сказываться на регенерации дуба и других ценных пород.

В условиях агрессивного распространения клёна возникает необходимость разработки стратегий управления, направленных на сдерживание его роста и поддержание биоразнообразия лесов. Это может включать активные меры по контролю численности клёна и поддержку возобновления дуба.

### **Сукцессия и климатические изменения**

Климатические изменения являются важным фактором, влияющим на процессы сукцессии в лесах [10]. В последние годы в Центральной России, включая Воронежскую область, наблюдаются значительные изменения в погодных условиях, включая повышение среднегодовой температуры, увеличение числа аномально жарких дней и изменение режима осадков. Эти изменения могут ускорять сукцессионные процессы, способствуя как гибели определённых видов, так и быстрому распространению других.

В литературе приводятся данные о том, что изменение климата может усиливать негативное воздействие на деревья, уже ослабленные болезнями и вредителями.

Например, повышение температуры способствует увеличению популяции ясеневой златки и ускоряет её распространение, что усугубляет проблему гибели ясеня [6,8].

Человеческая деятельность, включая вырубку лесов, сельское хозяйство и урбанизацию, также оказывает значительное влияние на процессы сукцессии. Антропогенные факторы могут, как ускорять, так и замедлять сукцессионные процессы, создавая условия для возникновения новых экосистем или разрушая существующие [12]. В литературе подчеркивается важность комплексного подхода к управлению лесами, который учитывает взаимодействие между естественными и антропогенными факторами сукцессии.

### **Заключение**

Процессы сукцессии в лесных экосистемах Воронежской области находятся под влиянием множества факторов, включая биологические, экологические и антропогенные. Гибель ясеня, замедление роста дуба и агрессивное распространение клёна являются яркими примерами таких изменений, которые требуют дальнейшего изучения и разработки стратегий управления. Полученные знания могут быть использованы для более эффективного управления лесными экосистемами, направленного на сохранение биоразнообразия и устойчивости лесов в условиях изменяющегося климата и антропогенного давления.

### **Список литературы**

1. Поляков, С.А. Экологические проблемы лесов Воронежской области. – Воронеж: Издательство ВГУ, 2017.
2. Эко портал «Вся Экология»
3. Вредители и болезни древесных растений России : матер. Междунар. конференции. – Санкт-Петербург, 2013.
4. Захаров, Л.В. Методы восстановления лесов после повреждения ясеневой златкой. – Москва: Природа, 2018.
5. Информация о лесах: ясеневая изумрудная узкотелая златка. – URL: <https://www.oregon.gov/odf/forestbenefits/Documents/fact-sheet-emerald-ash-borer-russian.pdf>.
6. Корнеев, А.В. Вредители лесов и биологическая защита. – Москва: Наука, 2016.
7. Большая Российская Энциклопедия.
8. Сидоренко, В.М. Лесное биоразнообразие и меры защиты лесов. – Воронеж: Лесная академия, 2019.
9. Ильин, Д.А. Исследование влияния климатических изменений на распространение ясеневой златки. – Москва: Агроиздат, 2018.
10. Лесные экосистемы в условиях изменения климата: биологическая продуктивность, мониторинг и адаптационные технологии : Материалы международной конференции с элементами научной школы для молодежи. Йошкар-Ола, 2010.
11. Руденко, А.В. Состояние и защита ясеневых насаждений Воронежской области. Москва: Экология, 2017.
12. Жуков, Н.М. Экология лесных экосистем и антропогенные воздействия. Москва: Лесная промышленность, 2015.

### **References**

1. Polyakov, S.A. Ecological problems of forests of the Voronezh region. Voronezh: VSU Publishing House, 2017.
2. Eco portal “Whole Ecology”.
3. Pests and diseases of woody plants of Russia : Proceedings of the International conference. – Saint-Petersburg, 2013.

4. Zakharov, L.V. Methods of forest restoration after damage by ash borer. Moscow: Priroda, 2018.
5. Information about forests: ash emerald narrow-bodied ash bark beetle. – URL: <https://www.oregon.gov/odf/forestbenefits/Documents/fact-sheet-emerald-ash-borer-russian.pdf>.
6. Korneev, A.V. Pests of forests and biological protection. Moscow: Nauka, 2016.
7. Big Russian Encyclopedia.
8. Sidorenko, V.M. Forest biodiversity and forest protection measures. Voronezh: Forest Academy, 2019.
9. Ilyin, D.A. Study of the influence of climatic changes on the distribution of ash borer. Moscow: Agroizdat, 2018.
10. Forest ecosystems under climate change: biological productivity, monitoring and adaptation technologies: Proceedings of the International conference with elements of scientific school for the young. – Yoshkar-Ola, 2010.
11. Rudenko, A.V. Condition and protection of ash tree plantations of the Voronezh region. Moscow: Ecology, 2017.
12. Zhukov, N.M. Ecology of forest ecosystems and anthropogenic impacts. Moscow: Lesnaya Promyshlennost, 2015.

## ЭКОСИСТЕМНЫЕ УСЛУГИ ГОРОДСКИХ ЗЕЛЕННЫХ НАСАЖДЕНИЙ

**Старухина Екатерина Анатольевна**

*аспирант ФГБОУ ВО «Воронежский государственный лесотехнический университет имени Г.Ф. Морозова», г. Воронеж, РФ*

*E-mail: katestarukhina15@gmail.com*

## ECOSYSTEM SERVICES OF URBAN GREEN SPACES

**Starukhina Ekaterina Anatolyevna**

*postgraduate student, Voronezh State University of Forestry and Technologies named after G.F. Morozov, Voronezh, Russia*

*Email: katestarukhina15@gmail.com*

**Аннотация.** Тема экосистемных услуг городских зеленых насаждений становится всё более актуальной в условиях стремительного роста урбанизации и экологических вызовов, с которыми сталкиваются современные города. Увеличение плотности населения и расширение городских территорий создают большую нагрузку на природные ресурсы, ухудшая экологическую обстановку в городах. Городские леса, являясь важнейшей частью экологической инфраструктуры, предоставляют ряд экосистемных услуг, которые способствуют улучшению качества жизни, снижению уровня загрязнения воздуха, регуляции микроклимата, поддержанию биоразнообразия и созданию рекреационных зон для горожан.

В статье анализируются современные исследования экосистемных услуг городских лесов и их влияние на устойчивое развитие городов. Для анализа использованы количественные и качественные методы, включая ГИС-анализ для оценки распределения зелёных насаждений. Результаты показывают, что Городские леса оказывают значительное влияние на снижение температуры, фильтрацию воздуха и предоставление зон для отдыха, однако потребность в этих услугах превышает их текущее предложение. Выявлена необходимость в усилении мер по защите и увеличению площадей зелёных зон для удовлетворения растущего спроса. Устойчивое управление городскими лесами и интеграция экосистемных услуг в политику городского планирования помогут улучшить качество жизни населения и снизить негативные последствия урбанизации.

**Abstract.** The topic of ecosystem services of urban green spaces is becoming increasingly relevant in the context of the rapid growth of urbanization and environmental challenges faced by modern cities. The increase in population density and the expansion of urban areas create a great burden on natural resources, worsening the environmental situation in cities. Urban forests, being an essential part of the ecological infrastructure, provide a number of ecosystem services that contribute to improving the quality of life, reducing air pollution, regulating the microclimate, maintaining biodiversity and creating recreational areas for citizens.

The article analyzes modern research on ecosystem services of urban forests and their impact on sustainable urban development. Quantitative and qualitative methods were used for the analysis, including GIS analysis to assess the distribution of green spaces. The results show that Urban forests have a significant impact on temperature reduction, air filtration and the provision of recreation areas, but the need for these services exceeds their current supply. The need to strengthen measures to protect and increase the area of green areas to meet the growing demand has been identified. Sustainable management of urban forests and the integration of

ecosystem services into urban planning policies will help improve the quality of life of the population and reduce the negative effects of urbanization.

**Ключевые слова:** экосистемные услуги; городские леса; урбанизация.

**Keywords:** ecosystem services; urban forests; urbanization.

### **Введение**

Городские зеленые насаждения, такие как парки, скверы, аллеи и зеленые крыши, играют жизненно важную роль в обеспечении экосистемных услуг, способствующих устойчивому развитию городов. Эти услуги не только улучшают качество жизни горожан, но и обеспечивают долгосрочную экологическую и экономическую устойчивость.

Одной из ключевых экосистемных услуг является улучшение качества воздуха. Зеленые насаждения активно поглощают диоксид углерода и другие загрязнители, а также выделяют кислород, что способствует улучшению городской атмосферы. Это особенно важно для мегаполисов, где уровень загрязнения воздуха может быть критически высоким. Зеленые насаждения также играют значительную роль в управлении стоком дождевых вод. Они поглощают осадки, уменьшая нагрузку на городские дренажные системы, что помогает снизить риск наводнений. Кроме того, растительность способствует регуляции микроклимата, снижая эффекты городского теплового острова благодаря испарению влаги и созданию тени.

Не меньшее значение имеет и социальная функция зеленых насаждений. Они предоставляют жителям возможность для отдыха, физической активности и общения, что положительно влияет на физическое и психическое здоровье населения. Исследования показывают, что наличие зеленых зон способствует снижению уровня стресса и улучшению настроения.

С точки зрения экономической устойчивости, зеленые зоны повышают привлекательность городской среды, что может стимулировать приток инвестиций и развитие туризма. Они также способствуют повышению стоимости недвижимости в прилегающих районах.

Для интеграции этих экосистемных услуг в стратегию устойчивого развития городов необходимо учитывать ряд факторов, включая правильное планирование и управление зелеными пространствами, а также вовлечение местных сообществ в процесс принятия решений. Поддержка биоразнообразия и адаптация к изменяющимся климатическим условиям являются важными аспектами, которые следует учитывать при разработке политики в этой области.

Экосистемные услуги представляют собой прямую или косвенную пользу, которую природа предоставляет человеку. Согласно классификации Millennium Ecosystem Assessment, экосистемные услуги подразделяются на четыре категории: регулирующие, поддерживающие, культурные и снабжающие [1]. Городские леса, как часть зеленой инфраструктуры, играют ключевую роль в поддержании экосистемных процессов, включая снижение уровня загрязнений, регулирование температуры и создание мест для отдыха, что способствует улучшению физического и психического благополучия горожан [2, 3].

Городские леса — это не только лесопарковые зоны, но и группы деревьев, кустарников и других растений, присутствующих в городской среде, включая парки, сады, аллеи и даже отдельные деревья вдоль улиц [4]. Эти зеленые пространства критически важны для устойчивого развития городов, поскольку их наличие тесно связано с повышением качества жизни горожан, особенно в условиях роста урбанизации и усиления климатических изменений [5].

С учетом климатических изменений и необходимости создания комфортной городской среды роль экосистемных услуг становится всё более актуальной. Возрастающий уровень загрязнения воздуха и воды, повышение температуры и потребность в улучшении городской экологии подчеркивают важность переоценки

значения природы в городской планировке как способа смягчить негативные последствия урбанизации [6]. Таким образом, экосистемные услуги городских лесов представляют собой важный аспект устойчивого развития городов, требующий более глубокого понимания и интеграции в политические решения и практики городского планирования.

Для изучения экосистемных услуг применяются различные методы, включая моделирование, картографирование зеленых зон с помощью географических информационных систем (ГИС), социальные опросы, экономическую оценку экосистемных услуг, а также анализ биоразнообразия и поддерживающих услуг [2, 3].

Моделирование и ГИС играют ключевую роль в оценке экосистемных услуг городских лесов. Эти методы позволяют детально исследовать распределение зеленых насаждений и их влияние на климат и качество воздуха.

С их помощью можно моделировать температурные изменения и зоны влияния зеленых насаждений, что особенно полезно для изучения эффекта «городского теплового острова» [6]. Кроме того, ГИС-технологии позволяют эффективно визуализировать данные, что упрощает анализ и поддержку решений.

Социальные опросы и анкеты помогают понять восприятие жителями городских зеленых зон, их потребности и предпочтения. Такие исследования показывают, что положительное восприятие экосистемных услуг способствует их устойчивому использованию и поддержанию, поскольку люди начинают больше ценить природные пространства в их окружении [3].

Экономическую оценку экосистемных услуг часто проводят с помощью таких методов, как затратный метод замещения, оценка недвижимости и контингентное оценивание. Эти методы помогают определить стоимость зеленых зон, основываясь на их способности очищать воздух, регулировать температуру и улучшать качество жизни. Например, затратный метод замещения позволяет установить, сколько бы стоили технические решения для достижения таких же эффектов.

Для оценки климатических и физических услуг городских лесов применяются мониторинг воздуха, температуры и влажности. Исследования температуры и влажности позволяют судить о том, как эффективно зелень снижает тепловой стресс, а анализ загрязнителей показывает, насколько хорошо леса фильтруют воздух [8].

Анализ биоразнообразия оценивает поддерживающие услуги, изучая видовой состав растений и обитателей. Это помогает понять, насколько эффективно леса поддерживают биологическое разнообразие и улучшают экосистемные функции.

Мультикритериальный анализ объединяет данные из различных источников, позволяя учитывать разнообразные аспекты экосистемных услуг для принятия взвешенных решений. Этот метод учитывает экономическую ценность, экологические функции и культурное значение зеленых пространств и применяется в разработке стратегий управления зелеными зонами в условиях урбанизации [7].

Несмотря на преимущества городских лесов, их поддержание и управление сталкиваются с серьезными проблемами. В крупномасштабных городах зеленые зоны часто уступают место строительным проектам, как это наблюдается в Москве и Санкт-Петербурге, где доля зелени уменьшилась за последние годы из-за разрастания застройки и недостаточного финансирования.

Также существует проблема нехватки финансирования и отсутствия стратегического управления для сохранения и развития городских лесов. Многие городские деревья стареют и погибают из-за недостаточного ухода, сокращая их способность предоставлять экосистемные услуги [8,9].

Для улучшения состояния городских лесов необходимо внедрение более эффективных методов управления и планирования. Один из ключевых шагов в этом направлении — интеграция экосистемных услуг в городское планирование. Например, проектирование новых жилых и коммерческих районов должно учитывать наличие

зеленых насаждений, способных обеспечить доступ к чистому воздуху, рекреационным зонам и другим экосистемным услугам [7].

Также перспективными направлениями являются программы по восстановлению утраченных лесных участков и внедрение элементов "зеленой инфраструктуры". Зеленая инфраструктура позволяет сочетать экосистемные услуги с традиционными инженерными решениями. Например, дождевые сады и зеленые крыши не только поглощают углекислый газ, но и помогают бороться с наводнениями, регулируя водоотведение [3].

Результаты исследований подтверждают, что экосистемные услуги зеленых насаждений критически важны для улучшения городской среды и здоровья населения. Зеленые насаждения помогают снижать эффект «теплового острова» за счет испарения и создания тени, что уменьшает колебания температуры в городской среде. Исследования показывают, что городские леса могут понижать температуру воздуха на несколько градусов, что особенно важно в условиях летней жары, наблюдаемой в мегаполисах по всему миру [10]. Кроме того, зеленые насаждения снижают концентрацию загрязняющих частиц в воздухе, что способствует улучшению качества воздуха и снижению риска респираторных заболеваний у жителей городов [5].

Зеленые зоны также оказывают положительное влияние на психическое и физическое здоровье людей, предоставляя пространство для отдыха, физической активности и социальных взаимодействий, что подтверждено рядом исследований [6,7]. Эти аспекты особенно актуальны в условиях современных вызовов, таких как урбанизация и изменение климата.

В заключение следует отметить, что экосистемные услуги городских зеленых насаждений являются неотъемлемой частью экологически устойчивого и социально справедливого развития городов. Зеленые зоны играют ключевую роль в улучшении качества жизни, поддержании биоразнообразия и адаптации к климатическим изменениям. Существующие исследования подтверждают, что включение зеленых насаждений в стратегическое городское планирование способно значительно смягчить негативные эффекты урбанизации. Однако для полноценного использования экосистемных услуг необходимо объединить передовые технологии, эффективные методы управления, вовлечь местное сообщество и применять природоподобные решения [8].

Дальнейшие исследования и внедрение инновационных подходов к управлению зелеными зонами будут важны для поддержания устойчивого уровня экосистемных услуг, что повысит адаптивность городов к будущим климатическим вызовам и укрепит их экологическую стабильность.

### Список литературы

1. Гарбузова, Т. Г. Устойчивое управление лесами как действенный инструмент сохранения лесного биоразнообразия / Т. Г. Гарбузова // Леса России: политика, промышленность, наука, образование: Матер. третьей междунар. науч.-техн. конференции, Санкт-Петербург, 23–24 мая 2018 года / под редакцией В.М. Гедьо. – Т. 2. – Санкт-Петербург: Санкт-Петербургский государственный лесотехнический университет им. С.М. Кирова, 2018. – С. 270-273. – EDN LXFCLR.
2. Гарбузова, Т. Г. Система экологической биобезопасности как важный элемент реализации концепции устойчивого развития / Т. Г. Гарбузова // Экология и здоровье человека: Матер. III Всерос. науч.-практ. конференции с международным участием, памяти профессора Ю.Д. Жилова, Москва, 28 февраля – 01 марта 2022 года / отв. ред. Ю.П. Молоканова. – Москва: Московский государственный областной университет, 2022. – С. 113-115. – EDN NUINAR.
3. Millennium Ecosystem Assessment. Ecosystems and Human Well-being: Synthesis. Washington, DC: Island Press, 2005.

4. McDonald R.I., Beatley T., Elmqvist T. The Green City and Social Equity. Nature Sustainability, 2018.
5. Pauleit, S. et al. Urban Green Infrastructure: A Review of Contributions to Sustainable Urban Development. Landscape and Urban Planning, 2019.
6. Konijnendijk van den Bosch C.C. et al. Benefits of Urban Forests and Trees in Improving Livability of Cities. Urban Forestry & Urban Greening, 2021.
7. United Nations. World Urbanization Prospects: The 2018 Revision. New York, 2019.
8. Bowler D.E., Buyung-Ali L., Knight T.M., Pullin A.S. Urban Greening to Cool Towns and Cities: A Systematic Review of the Empirical Evidence. Landscape and Urban Planning, 2010.
9. TEEB. The Economics of Ecosystems and Biodiversity: Mainstreaming.
10. Yakovenko, N. V. The Ecosystem Approach to Assessing the Quality of the Urban Environment and Managing Urban Development / N. V. Yakovenko, I. V. Komov // World Sustainability Series. – 2021. – No. 6/II. – P. 87-106. – DOI 10.1007/978-3-030-78825-4\_6.

### References

1. Garbuzova, T.G. Sustainable forest management as an effective tool for the conservation of forest biodiversity / T.G. Garbuzova // Forests of Russia: policy, industry, science, education: Proceedings of the third international scientific and technical conference, St. Petersburg, May 23-24, 2018 / Edited by V.M. Gedyo. Vol. 2. - St. Petersburg: St. Petersburg State Forest Engineering University named after S.M. Kirov. S.M. Kirov, 2018. - P. 270-273. - EDN LXFCLR.
2. Garbuzova, T.G. System of ecological biosafety as an important element of the implementation of the concept of sustainable development / T.G. Garbuzova // Ecology and human health: Proceedings of the III All-Russian scientific and practical conference with international participation, in memory of Professor Y.D. Zhilov, Moscow, February 28 – March 01, 2022 / Editor-in-Chief Y.P. Molokanova. - Moscow: Moscow State Regional University, 2022. - P. 113-115. - EDN NUINAR.
3. Millennium Ecosystem Assessment. Ecosystems and Human Well-being: Synthesis. Washington, DC: Island Press, 2005.
4. McDonald R.I., Beatley T., Elmqvist T. The Green City and Social Equity. Nature Sustainability, 2018.
5. Pauleit, S. et al. Urban Green Infrastructure: A Review of Contributions to Sustainable Urban Development. Landscape and Urban Planning, 2019.
6. Konijnendijk van den Bosch C.C. et al. Benefits of Urban Forests and Trees in Improving Livability of Cities. Urban Forestry & Urban Greening, 2021.
7. United Nations. World Urbanization Prospects: The 2018 Revision. New York, 2019.
8. Bowler D.E., Buyung-Ali L., Knight T.M., Pullin, A.S. Urban Greening to Cool Towns and Cities: A Systematic Review of the Empirical Evidence. Landscape and Urban Planning, 2010.
9. TEEB. The Economics of Ecosystems and Biodiversity: Mainstreaming.
10. Yakovenko, N. V. The Ecosystem Approach to Assessing the Quality of the Urban Environment and Managing Urban Development / N. V. Yakovenko, I. V. Komov // World Sustainability Series. – 2021. – No. 6/II. – P. 87-106. – DOI 10.1007/978-3-030-78825-4\_6.

## СПРОС И ПРЕДЛОЖЕНИЕ ЭКОСИСТЕМНЫХ УСЛУГ ГОРОДСКИХ ЛЕСОВ

**Старухина Екатерина Анатольевна**

*аспирантка лесного факультета ФГБОУ ВО «Воронежский государственный лесотехнический университет имени Г.Ф. Морозова», г. Воронеж, РФ*

*E-mail: katestarukhina15@gmail.com*

## DEMAND AND SUPPLY OF ECOSYSTEM SERVICES FOR URBAN FORESTS

**Starukhina Ekaterina Anatolyevna**

*postgraduate student, Voronezh State University of Forestry and Technologies named after G.F. Morozov, Voronezh, Russia*

*E-mail: katestarukhina15@gmail.com*

**Аннотация.** Экосистемные услуги городских лесов играют ключевую роль в поддержании устойчивости городов, улучшении качества жизни и снижении негативных последствий урбанизации. В условиях стремительного роста населения и расширения городских территорий увеличивается спрос на экосистемные услуги, такие как улучшение качества воздуха, регуляция температуры, смягчение воздействия на окружающую среду и создание рекреационных зон. Однако предложение этих услуг ограничено наличием и состоянием городских лесов, что вызывает необходимость в более глубоком анализе баланса спроса и предложения, особенно в контексте устойчивого городского планирования и развития. В статье рассматриваются современные методы оценки экосистемных услуг и дисбаланс между спросом и предложением. Также предложены меры по управлению зелеными насаждениями для улучшения их вклада в устойчивое развитие городов.

Целью исследования является выявление и анализ факторов, влияющих на спрос и предложение экосистемных услуг городских лесов.

Сравнительный анализ научных публикаций, изучение статистических данных и использование инструментов пространственного анализа для оценки зелёных насаждений в городах показал, что в большинстве крупных городов наблюдается дефицит экосистемных услуг, связанный с нехваткой лесных зон. Этот дисбаланс требует срочного вмешательства на уровне планирования и управления городскими экосистемами.

Внедрение устойчивых стратегий по сохранению и расширению городских лесов может значительно улучшить предложение экосистемных услуг и смягчить последствия урбанизации.

**Abstract.** Ecosystem services of urban forests play a key role in maintaining urban sustainability, improving the quality of life and reducing the negative effects of urbanization. With the rapid growth of the population and the expansion of urban areas, the demand for ecosystem services is increasing, such as improving air quality, temperature regulation, environmental mitigation and the creation of recreational areas. However, the supply of these services is limited by the availability and condition of urban forests, which necessitates a deeper analysis of the balance of supply and demand, especially in the context of sustainable urban planning and development.

The article discusses modern methods of assessing ecosystem services and the imbalance between supply and demand. Green space management measures are also proposed to improve

their contribution to sustainable urban development. The purpose of the study is to identify and analyze the factors influencing the supply and demand of ecosystem services in urban forests.

A comparative analysis of scientific publications, the study of statistical data and the use of spatial analysis tools to assess green spaces in cities has shown that in most large cities there is a shortage of ecosystem services associated with a shortage of forest areas. This imbalance requires urgent intervention at the level of planning and management of urban ecosystems.

The implementation of sustainable strategies for the conservation and expansion of urban forests can significantly improve the supply of ecosystem services and mitigate the effects of urbanization.

**Ключевые слова:** экосистемные услуги; спрос и предложение; городские леса; урбанизация; устойчивое развитие.

**Keywords:** ecosystem services; supply and demand; urban forests; urbanization; sustainable development.

### **Введение**

Городские зеленые насаждения, такие как парки, скверы, аллеи и зеленые крыши, играют жизненно важную роль в обеспечении экосистемных услуг, способствующих устойчивому развитию городов. Эти услуги не только улучшают качество жизни горожан, но и обеспечивают долгосрочную экологическую и экономическую устойчивость.

Одной из ключевых экосистемных услуг является улучшение качества воздуха. Зеленые насаждения активно поглощают диоксид углерода и другие загрязнители, а также выделяют кислород, что способствует улучшению городской атмосферы. Это особенно важно для мегаполисов, где уровень загрязнения воздуха может быть критически высоким.

Зеленые насаждения также играют значительную роль в управлении стоком дождевых вод. Они поглощают осадки, уменьшая нагрузку на городские дренажные системы, что помогает снизить риск наводнений. Кроме того, растительность способствует регуляции микроклимата, снижая эффекты городского теплового острова благодаря испарению влаги и созданию тени.

Не меньшее значение имеет и социальная функция зеленых насаждений. Они предоставляют жителям возможность для отдыха, физической активности и общения, что положительно влияет на физическое и психическое здоровье населения. Исследования показывают, что наличие зеленых зон способствует снижению уровня стресса и улучшению настроения.

С точки зрения экономической устойчивости, зеленые зоны повышают привлекательность городской среды, что может стимулировать приток инвестиций и развитие туризма. Они также способствуют повышению стоимости недвижимости в прилегающих районах.

Для интеграции этих экосистемных услуг в стратегию устойчивого развития городов необходимо учитывать ряд факторов, включая правильное планирование и управление зелеными пространствами, а также вовлечение местных сообществ в процесс принятия решений. Поддержка биоразнообразия и адаптация к изменяющимся климатическим условиям являются важными аспектами, которые следует учитывать при разработке политики в этой области [1, 2, 12].

Расширение городских территорий и развитие инфраструктуры нередко приводят к сокращению площади зелёных насаждений, что создаёт дисбаланс между спросом на экосистемные услуги и их предложением. Этот дисбаланс становится всё более актуальной проблемой в условиях изменения климата и увеличения экологических вызовов. Целью данной статьи является анализ спроса и предложения экосистемных услуг городских лесов и рассмотрение возможных стратегий по оптимизации управления зелёными насаждениями для улучшения их вклада в экологическое благополучие городов [3].

Экосистемные услуги городских лесов – это блага, которые городские зелёные насаждения предоставляют людям и окружающей среде. Эти услуги можно разделить на несколько категорий: регулирующие, культурные, поддерживающие и поставляющие.

Регуляционные услуги - снижение уровня шума, очистка воздуха, регулирование температуры, смягчение последствий изменения климата.

Культурные услуги - создание рекреационных зон, эстетическое и культурное значение, улучшение психического здоровья горожан.

Поддерживающие услуги - поддержание биоразнообразия, создание среды для городской флоры и фауны.

Продуктивные услуги - предоставление сырья, таких как древесина, лекарственные растения.

Основные услуги включают климатическую регуляцию, фильтрацию загрязнителей, поддержание биоразнообразия и рекреацию. Исследования Gómez-Baggethun и Barton (2013) подчеркивают, что городские леса влияют на культурные услуги, включая эстетику и психическое здоровье. Спрос на экосистемные услуги обусловлен такими факторами, как микроклимат, качество воздуха, здоровье, а также климатическая устойчивость. Зеленые насаждения смягчают "эффект теплового острова", охлаждая воздух и снижая использование кондиционеров. В городах с высоким загрязнением леса улучшают качество воздуха, поглощая вредные вещества, что снижает респираторные заболевания и стресс. В условиях плотной застройки зеленые зоны важны для отдыха и общения, повышая качество городской среды. На фоне климатических угроз расширяется спрос на устойчивые экосистемные решения: городские леса помогают адаптироваться к изменениям климата, предотвращая наводнения и снижая риск экстремальных погодных условий [4-6].

Эти факторы стимулируют рост спроса на экосистемные услуги, особенно в мегаполисах. В городах, таких как Нью-Йорк, согласно исследованиям Kremer, Hamstead и McPhearson (2016), услуги городских лесов, такие как снижение температур и создание рекреационных зон, стали важнейшими элементами городского планирования, а также снижения стресса и улучшения здоровья горожан [7].

Предложение экосистемных услуг зависит от площади городских лесов, их здоровья и управления ими. Исследования показывают, что урбанизация часто приводит к сокращению зелёных насаждений, что ограничивает предложение таких услуг, как регуляция микроклимата и очистка воздуха [8]. Однако, при правильном управлении, городские леса могут оставаться продуктивными и обеспечивать устойчивое предложение экосистемных услуг.

Сложности возникают из-за урбанизации и расширения инфраструктуры, что сокращает доступные зелёные пространства. Elmqvist et al. (2015) обсуждают вызовы, связанные с урбанизацией и управлением городскими лесами, подчёркивая необходимость интеграции экосистемных услуг в политику устойчивого развития городов [9]. Предложение экосистемных услуг часто зависит от вложений в инфраструктуру городских лесов, включая их поддержание, расширение и восстановление после деградации.

Дисбаланс между спросом на экосистемные услуги и их предложением часто наблюдается в густонаселённых городах. Справедливое распределение зелёных насаждений в городах становится всё более актуальной проблемой. Например, в бедных районах городов часто наблюдается недостаток доступа к зелёным зонам, что усиливает социальное неравенство и ухудшает качество жизни жителей этих районов [6]. Это создаёт ситуацию, когда спрос на экосистемные услуги значительно превышает их предложение.

С другой стороны, городские леса могут эффективно снижать эффект "городского теплового острова", но их эффективность зависит от площади зелёных насаждений.

Ограниченное предложение таких услуг может привести к ухудшению условий жизни в некоторых частях города, где уровень урбанизации особенно высок [8,9].

Для устранения дисбаланса между спросом и предложением экосистемных услуг городских лесов необходимо усилить меры по их сохранению и устойчивому управлению.

Dobbs, Escobedo и Zipperer (2011) предлагают использовать индикаторы для мониторинга состояния городских лесов и оценки их вклада в экосистемные услуги [10]. Также необходимо внедрять инновационные подходы в планирование и управление зелеными насаждениями, чтобы минимизировать негативные последствия урбанизации и улучшить качество предоставляемых услуг.

Перспективы развития экосистемных услуг городских лесов заключаются в активном участии городских властей и общественных организаций в сохранении и восстановлении зеленых зон. Инвестирование в расширение лесных массивов, использование экологических технологий и внедрение природоподобных решений для улучшения городской среды могут помочь справиться с растущим спросом на экосистемные услуги в условиях урбанизации [11].

### **Заключение**

Спрос и предложение экосистемных услуг городских лесов является важной темой для устойчивого городского развития. Увеличение спроса на экосистемные услуги, такие как регуляция микроклимата, очистка воздуха и создание рекреационных зон, требует более эффективного управления и планирования зеленых насаждений в городах. При правильном подходе к управлению городскими лесами можно обеспечить устойчивое предложение экосистемных услуг и улучшить качество жизни горожан, несмотря на вызовы, связанные с урбанизацией.

### **Список литературы**

1. Гарбузова, Т. Г. Устойчивое управление лесами как действенный инструмент сохранения лесного биоразнообразия / Т. Г. Гарбузова // Леса России: политика, промышленность, наука, образование: Матер. третьей междунар. науч.-техн. конференции, Санкт-Петербург, 23–24 мая 2018 года / под ред. В.М. Гедьо. Т. 2. – Санкт-Петербург, 2018. – С. 270-273. – EDN LXFCLR.
2. Гарбузова, Т. Г. Система экологической биобезопасности как важный элемент реализации концепции устойчивого развития / Т. Г. Гарбузова // Экология и здоровье человека: Матер. III Всерос. науч.-практ. конференции с междунар. участием, памяти профессора Ю.Д. Жилова, Москва, 28 февраля – 01 марта 2022 г. / отв. ред. Ю.П. Молоканова. – Москва, 2022. – С. 113-115. – EDN NUINAR.
3. Минин А. А. Устойчивое развитие Москвы и экосистемные услуги ее природных территорий // Бюллетень «На пути к устойчивому развитию России». Устойчивое развитие городов. 2014. № 69. С. 3–9.
4. Дмитриева, А. А. Экосистемные услуги городских лесов / А. А. Дмитриева, Н. В. Яковенко // Подготовка кадров в условиях перехода на инновационный путь развития лесного хозяйства: Научно-практическая конференция, Воронеж, 21–22 октября 2021 года. – Воронеж, 2021. – С. 465-469. – EDN CYNIFU.
5. Millennium Ecosystem Assessment. Ecosystems and human well-being: synthesis. Washington, D.C.: Island Press, 2005.
6. Gómez-Baggethun E., Barton D. N. Classifying and valuing ecosystem services for urban planning. *Ecological Economics*. 2013. Vol. 86, pp. 235-245.
7. Wolch J. R., Byrne J., Newell J. P. Urban green space, public health, and environmental justice: The challenge of making cities 'just green enough'. *Landscape and Urban Planning*. 2014. Vol. 125, pp. 234-244.
8. Kremer P., Hamstead Z. A., McPhearson T. The value of urban ecosystem services in New York City. *Ecosystem Services*. 2016. Vol. 22, pp. 46-57.

9. Haase, D. et al. A quantitative review of urban ecosystem services assessment: Concepts, models, and implementation. *Ambio*. 2014. Vol. 43, pp. 413-429.
10. Elmqvist, T. et al. *Urbanization, biodiversity and ecosystem services: challenges and opportunities*. New York: Springer, 2015.
11. Dobbs C., Escobedo F. J., Zipperer W. C. A framework for developing urban forest ecosystem services and goods indicators. *Landscape and Urban Planning*. 2011. Vol. 99, pp. 196-207.
12. Yakovenko, N. V. The Ecosystem Approach to Assessing the Quality of the Urban Environment and Managing Urban Development / N. V. Yakovenko, I. V. Komov // *World Sustainability Series*. – 2021. – No. 6/II. – P. 87-106. – DOI 10.1007/978-3-030-78825-4\_6.

### References

1. Garbuzova, T. G. Sustainable forest management as an effective tool for the conservation of forest biodiversity / T. G. Garbuzova // *Forests of Russia: policy, industry, science, education: Proceedings of the third international scientific and technical conference, St. Petersburg, May 23-24, 2018* / edited by V.M. Gedyo. Vol. 2. St. Petersburg: St. Petersburg State Forest Engineering University named after S.M. Kirov. S.M. Kirov, 2018. P. 270-273. - EDN LXFCLR.
2. Garbuzova, T. G. System of ecological biosafety as an important element of the implementation of the concept of sustainable development / T. G. Garbuzova // *Ecology and human health: Proceedings of the III All-Russian scientific and practical conference with international participation, in memory of Professor Y.D. Zhilov, Moscow, February 28 – March 01, 2022* / editor-in-Chief Y.P. Molokanova. Moscow: Moscow State Regional University, 2022. P. 113-115. - EDN NUIAR.
3. Minin A. A. Sustainable development of Moscow and ecosystem services of its natural territories // *Bulletin “On the Way to Sustainable Development of Russia”*. Sustainable development of cities. 2014. № 69. P. 3-9.
4. Dmitrieva, A. A. Ecosystem services of urban forests / A. A. Dmitrieva, N. V. Yakovenko // *Personnel training in the conditions of transition to the innovative way of forestry development: Scientific and practical conference, Voronezh, October 21-22, 2021*. - Voronezh, 2021. - P. 465-469. - EDN CYNIFU.
5. Millennium Ecosystem Assessment. *Ecosystems and human well-being: synthesis*. Washington, D.C.: Island Press, 2005.
6. Gómez-Baggethun E., Barton D.N. Classifying and valuing ecosystem services for urban planning. *Ecological Economics*. 2013. Vol. 86, pp. 235-245.
7. Wolch J.R., Byrne J., Newell J.P. Urban green space, public health, and environmental justice: The challenge of making cities ‘just green enough’. *Landscape and Urban Planning*. 2014. Vol. 125, pp. 234-244.
8. Kremer P., Hamstead Z.A., McPhearson T. The value of urban ecosystem services in New York City. *Ecosystem Services*. 2016. Vol. 22, pp. 46-57.
9. Haase D. et al. A quantitative review of urban ecosystem services assessment: Concepts, models, and implementation. *Ambio*. 2014. Vol. 43, pp. 413-429.
10. Elmqvist T. et al. *Urbanization, biodiversity and ecosystem services: challenges and opportunities*. New York: Springer, 2015.
11. Dobbs C., Escobedo F.J., Zipperer W.C. A framework for developing urban forest ecosystem services and goods indicators. *Landscape and Urban Planning*. 2011. Vol. 99, pp. 196-207.
12. Yakovenko N. V., Komov I. V. The Ecosystem Approach to Assessing the Quality of the Urban Environment and Managing Urban Development // *World Sustainability Series*. 2021. P. 87-106. DOI 10.1007/978-3-030-78825-4\_6.

СОСТОЯНИЕ И УСТОЙЧИВОСТЬ ДРЕВЕСНЫХ РАСТЕНИЙ В УСЛОВИЯХ  
ГОРОДСКОЙ СРЕДЫ (НА ПРИМЕРЕ БУЛЬВАРА ПО УЛ. ОРДЖОНИКИДЗЕ,  
Г. ВОРОНЕЖ)

**Тоцкая Мария Николаевна**

аспирант ФГБОУ ВО «Воронежский государственный лесотехнический  
университета им. Г.Ф. Морозова», г. Воронеж, РФ

E-mail: [mishenko.mariya@bk.ru](mailto:mishenko.mariya@bk.ru)

**Попова Анна Александровна**

профессор кафедры лесной генетики, биотехнологии и физиологии растений  
ФГБОУ ВО «Воронежский государственный лесотехнический университет им.  
Г.Ф. Морозова», г. Воронеж, РФ

E-mail: [logachevaaaa@rambler.ru](mailto:logachevaaaa@rambler.ru)

STATE AND STABILITY OF WOODY PLANTS IN URBAN ENVIRONMENTS  
(ON THE EXAMPLE OF THE BOULEVARD ALONG ORDZHONIKIDZE STREET,  
VORONEZH)

**Totskaya Maria Nikolaevna**

Postgraduate student, Voronezh State University of Forestry and Technologies named  
after G.F. Morozov, Voronezh, Russia

E-mail: [mishenko.mariya@bk.ru](mailto:mishenko.mariya@bk.ru)

**Popova Anna Aleksandrovna**

Professor, Voronezh State University of Forestry and Technologies named after  
G.F. Morozov, Voronezh, Russia

E-mail: [logachevaaaa@rambler.ru](mailto:logachevaaaa@rambler.ru)

**Аннотация.** Сохранение и улучшение состояния древесных растений в городской среде становится главной задачей для повышения комфорта и качества жизни населения. Проведены исследования состояния древесных растений на территории бульвара в центральном районе г. Воронеж, изучен видовой состав древесных насаждений, определено санитарное состояние каждого дерева и насаждения в целом. В результате исследований установлено, что насаждения находятся в ослабленном состоянии и нуждаются в комплексе мероприятий, направленных на сохранение и улучшение состояния древесных растений в условиях городской среды.

**Abstract.** Preservation and improvement of the condition of woody plants in the urban environment is becoming the main task for increasing the comfort and quality of life of the population. Research was conducted on the condition of woody plants on the territory of the boulevard in the central district of Voronezh, the species composition of woody plantings was studied, the sanitary condition of each tree and the planting as a whole was determined. As a result of the research, it was established that the plantings are in a weakened condition and need a set of measures aimed at preserving and improving the condition of woody plants in the urban environment.

**Ключевые слова:** древесные растения; городские насаждения; категория состояния.

**Keywords:** woody plants; urban plantings; condition category.

## **Введение**

Зеленые насаждения в городской среде выполняют важную роль в формировании благоприятной и комфортной экологической обстановки города. Экологически благоприятные свойства характерны в основном для древесных и кустарниковых растений. Большинство деревьев обладают фитонцидными свойствами и значительно улучшают экологическую обстановку на объектах озеленения [15]. Кроме того, древесные насаждения поглощают углекислый газ, вырабатывают кислород, выделяют влагу, регулируют микроклимат, выполняют пыле- и шумозащитные функции [1, 2, 5]. В городской среде зеленые насаждения выполняют санитарную, архитектурную, эстетическую, эмоционально-психологическую функции.

Сохранение и улучшение состояния древесных растений становится первоочередной задачей для повышения комфорта и качества среды обитания населения [9].

**Цель исследований.** Изучение состояния и устойчивость древесных растений в условиях городской среды на примере бульвара по ул. Орджоникидзе, г. Воронеж.

**Задачи исследований.** Изучить видовой состав древесных насаждений, определить санитарное состояние каждого дерева и насаждения в целом. Установить причины ослабления, усыхания, морфологические отклонения от нормального развития древостоя.

## **Методы**

Объектом исследования являются насаждения на бульваре по ул. Орджоникидзе, расположенном на ул. Орджоникидзе, 3в в Центральном районе города. Общая площадь объекта составляет 9 566,0 кв.м.

Оценка состояния деревьев проводилась на основании действующих «Санитарных правил в лесах России», где выделяют 6 категорий состояния 1 – деревья без признаков ослабления, 2 – ослабленные, 3 – сильно ослабленные, 4 – усыхающие, 5 – сухостой текущего года (усохшие в текущем году), 6 – сухостой прошлых лет [6].

Изучался следующий визуальный комплекс признаков: густота и цвет кроны, соответствие размеров и цвета листьев, прироста побегов нормальным для данных видов и данного возраста деревьев, наличие или отсутствие отклонений в строении ствола, кроны, ветвей и побегов, суховершинность, или наличие и доля сухих ветвей в кроне, целостность и состояние коры и луба

По результатам перечета определялась средняя категория состояния насаждений как средневзвешенная величина и рассчитывалась по формуле:

$$K_{\text{ср.}} = (P_1 \cdot K_1 + P_2 \cdot K_2 + P_3 \cdot K_3 + P_4 \cdot K_4 + P_5 \cdot K_5) / 100,$$

где  $K_{\text{ср.}}$  - средневзвешенная величина состояния породы,

$P_i$  - доля каждой категории состояния в процентах,

$K_i$  - индекс категории состояния дерева (1 - здоровое, 2 - ослабленное, 3 - сильно ослабленное, 4 - усыхающее, 5 - свежий и старый сухостой, ветровал, бурелом).

Средневзвешенная категория состояния для насаждения в целом рассчитывалась по формуле:

$$K_{\text{нас}} = (N_1 \cdot K_{\text{ср}1} + N_2 \cdot K_{\text{ср}2} + N_i \cdot K_{\text{ср}i}) / 10,$$

где  $K_{\text{нас}}$  – средневзвешенная величина состояния насаждения,

$N_i$  - доля породы в составе древостоя,

$K_{\text{ср}i}$  – средневзвешенная категория состояния каждой породы.

## **Результаты исследований.**

Видовой состав насаждений бульвара составляет 8 видов растений (табл. 1), всего произрастает 181 дерево.

Таблица 1 – Характеристика породного состава древесных насаждений бульвара по ул. Орджоникидзе

Вид / род	Количество, шт.	Процентное содержание, %
Береза повислая <i>Betula pendula</i>	10	5,5
Вяз приземистый <i>Ulmus pumila</i>	50	27,6
Робиния псевдоакация <i>Robinia pseudoacacia</i>	2	1,1
Клен остролистный <i>Acer platanoides</i>	68	37,6
Клен остролистный «Globosum» <i>Acer platanoides «Globosum»</i>	51	28,2
Чубушник венечный <i>Philadelphus coronarius</i>	2	0,04
Спирея Вангутта <i>Spiraea vanhouttei</i>	3	0,07
Кизильник блестящий <i>Cotoneaster lucidus</i>	4120	99,9
<b>Итого:</b>		
<b>деревья</b>	<b>181</b>	<b>100</b>
<b>кустарники</b>	<b>4125</b>	<b>100</b>

Из табл. 1 следует, что большую часть древесных растений занимают деревья вида клен остролистный (68 шт.), клен остролистный «Globosum» (51 шт.) и вяз приземистый (50 шт.), из кустарниковых растений кизильник блестящий (4120 шт.). Остальные растения занимают меньшую долю в насаждении. Категория состояния каждого вида древесных растений представлена в табл. 2.

Таблица 2 – Распределение числа деревьев по категориям состояния

Вид растения	Категория					Кср.
	1	2	3	4	5	
Береза повислая <i>Betula pendula</i> Roth	5	5	-	-	-	1,5
Вяз приземистый <i>Ulmus pumila</i>	-	30	15	5	-	2,5
Робиния псевдоакация <i>Robinia pseudoacacia</i>	-	2	-	-	-	2
Клен остролистный <i>Acer platanoides</i>	-	50	18	-	-	2,3
Клен остролистный «Globosum» <i>Acer platanoides «Globosum»</i>	-	46	4	1	-	2,1
В целом по дендрофлоре	5	133	37	6	-	2,4

Степень ослабления каждого вида древесных растений определялась по визуальным признакам, выражающимся в пораженности деревьев болезнями инфекционного и неинфекционного характера, поврежденности вредителями и другими негативными природными и антропогенными факторами среды [7].

В целом значение средневзвешенной величины оценки распределения деревьев разных категорий состояния для территории бульвара по ул. Орджоникидзе составило 2,4 (табл. 2), что соответствует состоянию исследуемого насаждения как «ослабленное» [14].

К причинам ослабления насаждений следует отнести наличие морозобойных трещин, наличие стволовых гнилей, механических повреждений ствола (обдиры коры, надрубы и надрезы, царапины, слом ветвей), наличие стволовых вредителей и болезней. Кроме того, в городской среде растения испытывают воздействие антропогенных

факторов, связанных с повышенной загазованностью, задымленностью и запыленностью воздуха, а также засоленностью почвы в результате применения хлорсодержащих реагентов в зимнее время [4, 11].

Такое ослабление насаждений в целом характерно для городских территорий [10, 16]. Среди древесных видов более ослабленным является вяз приземистый, что не соответствует его эколого-биологическим особенностям [13]. Ухудшение состояния старовозрастных деревьев вяза в групповой загущенной посадке связано с наличием патологических признаков, свидетельствующих о наличии болезней, вредителей и механических повреждений [4]. Стоит учитывать, что на состояние насаждений вяза положительное действие оказывает санитарно-омолаживающая обрезка деревьев [3, 8].

**Заключение.** В результате изучения состояния и устойчивости древесных растений в условиях городской среды на примере бульвара по ул. Орджоникидзе, г. Воронеж проведен анализ полученных данных о видовом составе древесно-кустарниковой растительности, санитарном состоянии обследованных растений и установлено, что большинство насаждений находятся в ослабленном состоянии. На основании этого необходимо проведение комплекса мероприятий, направленных на профилактические обработки и лечение деревьев против болезней и вредителей, удаление сильно ослабленных и аварийных деревьев, которые пострадали от болезней или по другим причинам, проведение санитарной обрезки, удаление поросли. Для поддержания средообразующей функции бульвара необходимо провести компенсационную посадку деревьев.

#### Список литературы

1. Алексеев, В.А. Диагностика жизненного состояния деревьев и древостоев // Лесоведение. 1989. № 4. С. 51-57.
2. Афонина, М.И. Основы городского озеленения. – М.: МГСУ, 2010. – 208 с.
3. Ковалёва С.В. Фенологическое развитие *Ulmus pumila* в пределах города // Биоразнообразие: проблемы и перспективы сохранения: Матер. междунар. конференции, посвященной 135-летию со дня рождения И.И., Спрыгина. Ч. 1. ПГПУ им. В.Г. Белинского. – Пенза, 2008 – С. 43-44.
4. Кузьмичев Е.П., Соколова Э.С., Мозолевская Е.Г. Болезни древесных растений // Болезни и вредители в лесах России: справ. Т. I. – М.: ВНИИЛМ, 2004. – 120 с.
5. Машинский В.П., Теодоронский В.С. Благоустройство и озеленение жилых районов: Рекомендации по проектированию и созданию зеленых насаждений. – М., 1999.
6. Методические рекомендации по оценке жизнеспособности деревьев и правилам их отбора и назначения к вырубке и пересадке / Е.Г. Мозолевская, Г.П. Жеребцова, Э.С. Соколова и др. М., 2003.
7. Мозолевская Е.Г. Оценка состояния Лесное хозяйство 170 и устойчивости насаждений // Технология защиты леса. Москва, 1991. С. 234-238.
8. Мухина, Л.Н. Итоги и перспективы интродукции вяза в Москве в связи с его устойчивостью к болезням и вредителям / Л.Н. Мухина, Ю.Е. Беляева // Бюллетень Главного ботанического сада. – 2004. – № 188. – С. 54–60.
9. Негроров О.П. Экологические основы оптимизации и управления городской средой. Экология города / О.П. Негроров, Д.М. Жуков, Н.В. Фирсова. – Воронеж: ВГУ, 2000. – 272 с.
10. Николаевский В.С., Васина И.В., Николаевская Н.Г. Влияние некоторых факторов городской среды на состояние древесных пород // Лесной вестник. 1998. С. 28-40.
11. Обухов А.И., Лепнева О.М. Экологические последствия применения противогололедных соединений на городских автомагистралях и меры по их

- устранению // Экологические исследования в Москве и Московской области. – М.: АН СССР, 1990. – С. 197-202.
12. Прохоренко, Н.Б. Видовое разнообразие и жизненное состояние деревьев и кустарников в насаждениях города Казани / Н.Б. Прохоренко, Г.В. Демина // Известия Самарского научного центра РАН. 2016. Т. 18, № 2. С. 177-181.
  13. Разинкова, А.К. Долголетие и жизнеспособность деревьев в городских посадках (на примере г. Воронежа) / А.К. Разинкова // Современные проблемы науки и образования. – 2014.
  14. Руководство по проектированию, организации и ведению лесопатологического мониторинга. Приложение к приказу Рослесхоза от 27.12.2007 № 523. – 73 с.
  15. Смоляр, И.М. Экологические основы архитектурного проектирования. Учебное пособие для студентов учреждений высшего профессионального образования / И.М. Смоляр, Е.М. Микулина, Н.Г. Благовидова. – М.: Академия, 2010. – 178 с.
  16. Трегубов О.В., Кочергина М.В., Фурменкова Е.С. Видовое разнообразие и состояние насаждений памятника природы областного значения "Кольцовский сквер" городского округа г. Воронеж // Актуальные направления научных исследований XXI века: теория и практика. 2015. Т. 3. № 4-2 (15-2). С. 125-128.

### References

1. Alekseev, V.A. Diagnostics of the vital state of trees and stands // Lesovedenie. 1989. № 4. P. 51-57.
2. Afonina, M.I. Fundamentals of urban landscaping. - Moscow: MGSU, 2010 - 208 p.
3. Kovalyova S.V. Phenological development of *Ulmus pumila* within the city // Biodiversity: problems and prospects of conservation: Proceedings of the international conference dedicated to the 135th anniversary of the birth of I.I., Sprygin, Part 1. PSPU named after V.G. Belinsky. - Penza, 2008 - P. 43-44.
4. Kuzmichev E.P., Sokolova E.S., Mozolevskaya E.G. Diseases of woody plants // Diseases and pests in Russian forests: reference. Vol. I. - M.: VNIILM, 2004. - 120 p.
5. Mashinsky V.P. Teodoronsky V.S. Improvement and landscaping of residential areas: Recommendations on design and creation of green areas. M., 1999.
6. Methodical Recommendations on the assessment of tree viability and rules of their selection and appointment for cutting and transplanting / E.G. Mozolevskaya, G.P. Zherebtsova, E.S. Sokolova et al. M., 2003.
7. Mozolevskaya, E.G. Assessment of the state of forestry and sustainability of plantations // Forest Protection Technology. Moscow, 1991. P. 234-238.
8. Mukhina, L.N. Results and prospects of elm introduction in Moscow in connection with its resistance to diseases and pests / L.N. Mukhina, Yu.E. Belyaeva // Bulletin of the Main Botanical Garden. - 2004. - № 188. - P. 54-60.
9. Negrobov, O.P. Ecological bases of the urban environment optimization and management. Ecology of the city / O.P. Negrobov, D.M. Zhukov, N.V. Firsova. - Voronezh: Voronezh State University, 2000. - 272 p.
10. Nikolaevsky V.C., Vasina I.V., Nikolaevskaya N.G. Influence of some factors of the urban environment on the condition of tree species // Forest Bulletin 1998. P. 28-40.
11. Obukhov A.I., Lepneva O.M. Ecological consequences of the use of anti-icing compounds on urban highways and measures to eliminate them // In: Ecological studies in Moscow and Moscow region. - M.: ANS SSR, 1990. - P. 197-202.
12. Prokhorenko, N.B. Species diversity and vital state of trees and shrubs in the plantations of the city of Kazan / N.B. Prokhorenko, G.V. Demina // Izvestia of Samara Scientific Center of the Russian Academy of Sciences. 2016. Vol. 18, № 2. P. 177-181.

13. Razinkova, A.K. Longevity and viability of trees in urban plantings (on the example of Voronezh) / A.K. Razinkova // Modern Problems of Science and Education. - 2014.
14. Guidelines for the design, organization and maintenance of forest pathology monitoring. Appendix to the order of Rosleskhoz from 27.12.2007 № 523. - 73 p.
15. Smolyar, I.M. Ecological bases of architectural design. Textbook for students of the institutions of higher professional education / I.M. Smolyar, E.M. Mikulina, N.G. Blagovidova. - Moscow: Academy, 2010. 178 p.
16. Tregubov O.V., Kochergina M.V., Furmenkova E.S. Species diversity and the state of plantings of the natural monument of regional importance "Koltsovsky square" of the urban district of Voronezh // Actual directions of scientific research of the XXI century: theory and practice. 2015. Vol. 3. № 4-2 (15-2). P. 125-128.

## ОСОБЕННОСТИ БАЙРАЧНЫХ НАСАЖДЕНИЙ В УСЛОВИЯХ ВОРОНЕЖСКОЙ ОБЛАСТИ

**Туркин Артём Федорович**

*аспирант кафедры лесных культур, селекции и лесомелиорации ФГБОУ ВО «Воронежский государственный лесотехнический университет им. Г.Ф. Морозова», г. Воронеж, РФ*

*E-mail: artemturkin13@gmail.com*

**Михин Вячеслав Иванович**

*доктор с.-х. наук, заведующий кафедрой лесных культур, селекции и лесомелиорации ФГБОУ ВО «Воронежский государственный лесотехнический университет им. Г.Ф. Морозова», г. Воронеж, РФ*

*E-mail: dr.mikhin2018@yandex.ru*

## FEATURES OF RAVINE PLANTATIONS IN THE CONDITIONS OF THE VORONEZH REGION

**Turkin Artem Fedorovich**

*Postgraduate student of the Department of Forest Crops, Selection and Forest Melioration, Voronezh State University of Forestry and Technologies named after G.F. Morozov, Voronezh, Russia*

*E-mail: artemturkin13@gmail.com*

**Mikhin Vyacheslav Ivanovich**

*Doctor of Agricultural Sciences, Head of the Department of Forest Crops, Selection and Forest Melioration, Voronezh State University of Forestry and Technologies named after G.F. Morozov, Voronezh, Russia*

*E-mail: dr.mikhin2018@yandex.ru*

**Аннотация.** В условиях Воронежской области противозерозионные лесные насаждения представлены приовражными, прибалочными и приречными лесными полосами, байрачными лесами, защитными насаждениями вокруг прудов, водоёмов и в поймах рек. К настоящему времени данная категория таких насаждений занимает площадь около 40 тыс.га. Особое место принадлежит байрачным лесам. Они представлены в основном дубом черешчатым различными спутниковыми породами. Их состояние, рост предопределяется почвенно-гидрологическими условиями и непосредственно экспозицией склонов. Такие насаждения оказывают влияние на прилегающие агроэкосистемы. В прилегающих зонах отмечается снижение температурного режима почв и приземного слоя воздуха, увеличение влажности воздушных масс, повышение нитрифицирующей активности поверхностного слоя почв.

**Abstract.** In the conditions of the Voronezh region, anti-erosion forest plantations are represented by gully, ravine and riverine forest belts, ravine forests, protective plantations around ponds, reservoirs and in river floodplains. At present, this category of such plantations occupies an area of about 40 thousand hectares. A special place belongs to ravine forests. They are represented mainly by common oak and various satellite species. Their condition and growth are predetermined by soil and hydrological conditions and directly by the exposure of the slopes. Such plantations affect adjacent agroecosystems. In adjacent zones, a decrease in the temperature

regime of soils and the surface air layer, an increase in the humidity of air masses, and an increase in the nitrifying activity of the surface soil layer are noted.

**Ключевые слова:** насаждения, породный состав, экологические условия

**Keywords:** plantations, species composition, environmental conditions

### **Введение**

Байрачные (овражные) (рис. 1) леса или насаждения – территория, покрытая древесно-кустарниковой растительностью, расположенная на оврагах, занимающая как вершины, склоны так и дно. Имеет свойство тонкой кромкой «залазить» на соседнюю полосу. В основе своей байрачные насаждения представлены лесными формациями в виде небольших массивов в лесоаграрных ландшафтах [1].

Основной целью данных насаждений является защита почв от эрозии, а также повышение продуктивности данной территории. Так, например, байрачные насаждения обусловлены высокой водопроницаемостью в пределах от двукратного до, практически, четырехкратного увеличения в сравнении с участками без защиты ландшафтов.

### **Основная часть**

В пределах Воронежской области важным вопросом является сохранение и приумножение плодородия почв, что предопределяет дальнейшие приемы ведения сельскохозяйственного производства. При осуществлении аграрной деятельности отмечаются негативные процессы, что проявляется в снижении показателей продуктивности условий в результате неблагоприятных природных явлений. Такие явления проявляются при различных видах эрозии, таких как водная и ветровая. Эрозия почв – процессы или воздействия, которые в совокупности разрушают структуру почвы, а также пагубно влияющие на подстилающие породы.

Изучая эрозионные процессы, стоит отметить, что в данной проблеме выделяются две крупные основные группы, которые классифицируются как естественно-исторические (природные) и социально-экономические (антропологические), что при современном процессе отмечается комплексное воздействие на почву данных вышеуказанных групп [2].

Так, например, природа в основе своей создает предпосылки (условия) для возникновения тех или иных процессов, а человеческая нерациональная хозяйственная деятельность, в свою очередь уже способствует проявлению данных процессов.

Цель данной работы: обобщение теоретических и практических аспектов по данной теме, при изучении влияния байрачных насаждений на различные экологические условия в прилегающих агроэкосистемах и их формирование, рост.



Рисунок 1. Пример байрачного насаждения

Ряд авторов [3,4] изучали данную проблему, для получения результатов ими было заложено 4 пробных площади (далее ПП). Так ПП № 1 и ПП № 3 заложены в насаждениях дуба, расположенного на овраге, а ПП № 2 и ПП № 4 на лугах в 500 метрах от насаждений. Из результата исследований данной работы видно, что показатели водопроницаемости в обоих исследуемых участках на байрачных насаждениях выше, чем у контрольных образцов рядом. Так, на первом участке в первый исследуемый час показатели составили 517 и 391 мм/ч или 8,6 и 6,5 мм/мин, из чего видим 30% прирост водопроницаемости. Во втором случае прирост уже составил 40%. Однако более интересными данными считаю средние показатели водопроницаемости за 4 часа. Вот как полученные данные приводятся авторами: «В насаждениях проявляются различия в водопроницаемости почвы под пологом насаждений и прилегающими участками ландшафта. В лесном сообществе водопроницаемость выше в 2,2 раза, чем в открытом участке ландшафта. Такие же результаты имели место и в формате «лес-поле» с участием подлесочных растений и насаждений, где под пологом леса нет подлеска и подроста. Различие в данных вариантах соответственно составляет 3,7 и 1,2 раза».

В работе С.В. Гуренко, В.И. Михина [4] приводятся показатели температурного режима почвы на участках с байрачными насаждениями, а также на расстоянии в 50, 100, 200, 300 и 500 м от них. Анализируя результаты температур, видим, что показатели на расстоянии 50 м практически не отличаются от контрольных в насаждении, за исключением пары показателей во временной период в два часа дня, стоит отметить, что данные часы имеют период с максимальным температурным показателем. Нагрев почвы за два часа в период с 12:00 до 14:00 составил 5 °С, поэтому именно в этот период наблюдается сниженная эффективность свойств байрачных насаждений поддерживать температурный режим. Также стоит отметить, что дальность влияния байрачных насаждений на изменение температуры почвы проявляется до 200 м и далее эти показатели снижаются и на расстоянии 500 м и более существенных различий не отмечается.

Лесные почвы на территории байрачных дубрав южной части Воронежской области обладают хорошими показателями физико-химических свойств. В них активно протекают различные почвообразовательные процессы. При этом отмечается в аккумуляционных условиях накопление обменных оснований, что в свою очередь проявляется на показателях кальция и магния в образцах почвенного профиля [5].

Полученные определенные закономерности в байрачных насаждениях в определенной мере коррелируют с показателями основных лесных массивов.

Лесные сообщества формируют особый компонент биоценоза, что важно знать при формировании насаждений и ведения в них определенных уходов [6].

### **Заключение**

1. Показатели водопроницаемости на территории байрачных насаждений существенно выше, чем на непокрытых лесных массивах мест, что говорит о изменчивости структуры почвы, созданию высокой скважности, переходящей в последующем в целые водопроводящие пути. Также немалое значение на водно-физические свойства влияет наличие лесной подстилки, с высокой густотой.

2. Байрачные насаждения имеют функцию поддержания температурного режима в более благоприятном диапазоне, что снижает испарение влаги с поверхности, а также снижает воздействие высоких температур на ярусы, находящиеся ниже. Кроме того, данная особенность проявляется и на территории радиусом до 200 метров за пределами непосредственного насаждения.

3. Почва на территории байрачных насаждений обладает аккумулятивными свойствами и накапливает кальций и магний.

Подводя итог из всего вышеизложенного, байрачные насаждения создают и поддерживают условия, которые если не в разы, но в процентном соотношении всегда будут благоприятнее по сравнению с участками ландшафта, не защищенными ими.

## Список литературы

1. Губин, А. С. Байрачные дубравы Центрального Черноземья / А. С. Губин, О. Е. Зудилин, В. В. Рязанова // Наука и Образование. – 2024. – Т. 7, № 1. – С. 17-22.
2. Гуренко, С. В. Экологические особенности байрачных лесов в условиях Воронежской области / С. В. Гуренко, В. И. Михин // Казанская наука : сборник научных статей. - Казань, 2010. - № 9. - С. 70-72.
3. Гуренко, С. В. Байрачные леса Воронежской области и их влияние на водопроницаемость почв / С. В. Гуренко, В. И. Михин // Проблемы и перспективы развития лесомелиораций и лесного хозяйства в Южном федеральном округе : матер. Междунар. науч.-практ. конференции, посвященной 90-летию высшего образования на Дону, 8-10 декабря 2010 г. / редкол.: С. С. Таран [и др.] ; НГМА. - Новочеркасск, 2010. - С. 23-26.
4. Гуренко, С. В. Защитные лесные насаждения и их влияние на прилегающие агроэкосистемы (на примере Воронежской области) / С. В. Гуренко, В. И. Михин // Вестник Воронежского государственного университета. - 2011. - № 3 (30). - С. 161-163.
5. Современные физико-химические свойства лесных почв байрачных дубрав юга Воронежской области / А. И. Кортунов, Т. А. Девятова, О. А. Аносова, Л. А. Алаева // Агротехнологии XXI века: Матер. междунар. науч.-практ. конференции, посвященной 105-летию Воронежского государственного аграрного университета, Воронеж, 25–27 апреля 2017 года. – Воронеж, 2017. – С. 117-121.
6. Морозов, Г. Ф. Учение о лесе. – 3-е издание ; под ред. В. В. Матренинского. – Л. : Госиздат, 1926. – С. 51-54.

## References

1. Gubin, A. S. Byrachnye oak forests of the Central Black Earth Region / A. S. Gubin, O. E. Zudilin, V. V. Ryazanova // Science and Education. - 2024. - Vol. 7, № 1. - P. 17-22.
2. Gurenko, S. V. Ecological peculiarities of byrachnyh forests in the conditions of Voronezh region / S. V. Gurenko, V. I. Mikhin // Kazan science : collection of scientific articles. - Kazan, 2010. - № 9. - P. 70-72.
3. Gurenko, S. V. Byrachnye forests of Voronezh region and their influence on soil permeability / S. V. Gurenko, V. I. Mikhin // Problems and prospects of forest amelioration and forestry development in the Southern Federal District : proceedings of the International Scientific and Practical Conference dedicated to the 90th anniversary of higher education in Don, December 8-10, 2010 / edited by S. S. Taran [et al.] ; NGMA. - Novocherkassk, 2010. - P. 23-26.
4. Gurenko, S.V. Protective forest plantations and their impact on adjacent agro-ecosystems (on the example of Voronezh region) / S. V. Gurenko, V. I. Mikhin // Bulletin of Voronezh State University. - 2011. - № 3 (30). - P. 161-163.
5. Modern physical and chemical properties of forest soils of byrachnyh oak trees in the south of the Voronezh region / A. I. Kortunov, T. A. Devyatova, O. A. Anosova, L. A. Alaeva // Agrotechnologies of the XXI century: Proceedings of the international scientific and practical conference dedicated to the 105th anniversary of Voronezh State Agrarian University, Voronezh, April 25-27, 2017. - Voronezh, 2017. - P. 117-121.
6. Morozov G.F. Doctrine of forests. 3rd edition. Edited by V.V. Matreninsky. - L., Gosizdat. - 1926. - P. 51-54.

#### **Секция 4. Экономические механизмы и инвестиции в реализации лесоклиматических проектов. Лесная политика, лесопользование и лесоуправление в современных условиях хозяйствования**

DOI: 10.58168/FFYS2024\_199-204

УДК 630\*23

##### **КОНЦЕПЦИЯ АНАЛИЗА РИСКОВ ПРИ РЕАЛИЗАЦИИ ЛЕСОКЛИМАТИЧЕСКИХ ПРОЕКТОВ**

***Кузнецов Денис Константинович***

*аспирант ФГБОУ ВО «Воронежский государственный лесотехнический университет им. Г.Ф. Морозова», г. Воронеж, РФ*

*E-mail: kuznetsovden1999@mail.ru*

##### **THE CONCEPT OF RISK ANALYSIS IN THE IMPLEMENTATION OF FOREST CLIMATE PROJECTS**

***Kuznetsov Denis Konstantinovich***

*Postgraduate student, Voronezh State University of Forestry and Technologies named after G.F. Morozov, Voronezh, Russia*

*E-mail: kuznetsovden1999@mail.ru*

**Аннотация.** Настоящая статья посвящена первичному описанию концепции анализа рисков при реализации лесоклиматических проектов, которая является неотъемлемой частью инвестиционного анализа проектных альтернатив для природно-климатических решений. В ходе статьи автором обобщены основные представления об управлении рисками, их влиянии на экономические результаты, процесс и интересы стейкхолдеров реализации лесоклиматических проектов; определены основные категории рисков, характерные для реализации лесоклиматических проектов; установлены основные факторы природно-климатических рисков, связанных с утратой лесных насаждений; определена необходимость индивидуального подхода к анализу рисков лесоклиматического проекта. На основе проанализированных материалов в первой итерации представлена соответствующая концепция анализа рисков, включающая ряд этапов, в том числе, идентификацию, оценку рисков, а также этап подбора мер воздействия на риск, предполагающие использование различного инструментария анализа рисков.

**Abstract.** This article is devoted to the primary description of the concept of risk analysis in the implementation of forest climate projects, which is an integral part of the investment analysis of project alternatives for nature-based solutions. In the course of the article, the author summarizes the basic concepts of risk management, their impact on economic results, the process and interests of stakeholders in the implementation of forest climate projects; identifies the main categories of risks characteristic of the implementation of forest climate projects; identifies the main factors of natural and climatic risks associated with the deforestation; determines the need for an individual approach to the risk analysis of a forest climatic project. Based on the analyzed materials, the first iteration presents the concept of risk analysis, which includes a number of stages, including identification, risk assessment, as well as the stage of selecting risk management measures involving the use of various risk analysis tools.

**Ключевые слова:** анализ рисков; лесоклиматические проекты; экономика лесного хозяйства; изменения климата в лесах; инвестиционные проекты.

**Keywords:** risk analysis; forest climate projects; forestry economics; climate change in forests; investment projects.

Актуальность настоящей работы обусловлена необходимостью учёта факторов риска при проведении инвестиционного анализа для реализации лесоклиматических проектов, позволяющих скорректировать прогнозные характеристики доходов и инвестиционных затрат на осуществление соответствующей проектной деятельности.

Несмотря на существенное количество работ, связанных с управлением рисками в различных сферах деятельности [7], в том числе, при осуществлении проектов, до настоящего времени теоретическая основа риск-менеджмента остаётся частью общей теории управления, которая в конечном виде всё ещё не сформирована [2].

Управление рисками, являющееся, по существу, набором практик и стандартизированных решений, реализуется в проектной деятельности в различных формах. Сам процесс управления рисками представляет собой совокупность процедур по идентификации, оценке рисков, а также по подбору мер воздействия на риски [1].

Идентификация рисков возможна как в рамках процессного, так и в рамках функционального подхода. Так, риски могут быть выявлены для различных стадий жизненного цикла инвестиционного проекта (предынвестиционной, инвестиционной, эксплуатационной, ликвидационно-аналитической), отдельных этапов проектной деятельности, по отношению к стейкхолдерам проекта (как для каждого стейкхолдера персонально, так и для заинтересованных групп), а также в целом для всего инвестиционного проекта.

При этом, возможна идентификация рисков инвестиционного проекта и по иным его структурным элементам.

Оценка рисков производится исходя из представлений об их характеристиках – вероятности, случайности, опасности, угрозах и др. При этом, для оценки рисков может быть избраны как одна, так и несколько характеристик рисков. Наиболее распространенный инструмент оценки рисков – соответствующая матрица, которая позволяет на основе экспертного анализа или с учётом научно обоснованных количественных оценок, определить степень влияния риска на ту или иную часть инвестиционного проекта.

Подбор мер воздействия на риск включает в себя определение конкретных стратегий и мероприятий, которые позволяют нивелировать влияние риска на инвестиционный проект. Указанный подбор возможно осуществлять благодаря различному инструментарию – матрице рисков, сценарному анализу, SWOT-анализу и т.д.

В целях выявления особенностей анализа рисков при реализации лесоклиматических проектов следует подробнее рассмотреть непосредственно такие проекты.

Лесоклиматические проекты в соответствии с проектом федерального закона «О внесении изменений в Лесной кодекс Российской Федерации» представляют собой климатические проекты, реализуемые в соответствии с Федеральным законом от 2 июля 2021 года № 296-ФЗ «Об ограничении выбросов парниковых газов» и Лесным кодексом Российской Федерации в лесах на землях различных категорий, предусматривающие осуществление мероприятий по сохранению лесов [8].

В качестве результатов реализации лесоклиматических проектов выступают углеродные единицы – эквивалент дополнительных объемов поглощения парниковых газов лесами, получаемых в ходе осуществления мероприятий по сохранению лесов, которые, в свою очередь, обеспечивают низкоуглеродное развитие лесного хозяйства страны [4].

Реализация лесоклиматических проектов требует соблюдения исполнителем такого проекта следующих этапов работ: подготовка проектной документации, валидация,

осуществление мероприятий по сохранению лесов, верификация результатов и выпуск углеродных единиц.

Среди лиц, заинтересованных в реализации лесоклиматических проектов, можно выделить компании – эмитенты парниковых газов; органы по валидации и верификации; подрядчиков, осуществляющие мероприятия по сохранению лесов на договорной основе; уполномоченные органы публичной власти; иные заинтересованные стороны.

Изложенное позволяет указать на возможности проведения анализа рисков по каждому из этапов реализации лесоклиматических проектов, по каждой группе стейкхолдеров или персонально по каждому стейкхолдеру, а также по результатам реализации лесоклиматических проектов.

Чаще всего риски инвестиционных проектов подвержены типологизации по отношению к среде их реализации – внешней или внутренней. Поскольку лесоклиматические проекты выступают, в том числе, и как инвестиционные, указанный подход следует применять и по отношению к ним.

В случае рассмотрения рисков по отношению к результатам лесоклиматических проектов необходимо отметить следующее. Основное влияние такие риски оказывают на итоговый результат лесоклиматического проекта – поглощение парниковых газов и количество выпущенных углеродных единиц.

Учитывая, что проектная документация на климатический проект включает в себя прогноз углеродного баланса в границах проекта как по базовой линии, так и в рамках проектного сценария, риски могут негативно повлиять на достижение проектируемых показателей поглощения.

Поскольку основным поглотителем парниковых газов выступают непосредственно лесные насаждения, их утрата непосредственно снижает эффективность лесоклиматического проекта. Среди основных факторов риска, влияющих на утрату лесных насаждений [6], следует выделить:

1. Природно-климатические и почвенные условия (опасные явления погоды);
2. Лесные пожары;
3. Вредители и болезни;
4. Повреждения дикими животными;
5. Неконтролируемые рубки лесных насаждений;
6. Иные факторы, в том числе, антропогенного характера.

Следует отметить, что представленные факторы риска для реализации лесоклиматических проектов, являясь причинами гибели лесов, подлежат сбору в рамках официальной отраслевой отчетности в уполномоченных органах публичной власти, что позволяет проводить статистическую оценку вероятности, последствий и иных характеристик рисков на основе многолетних данных.

Аналогичный подход используется, в целом, для оценки климатических рисков в сфере лесного хозяйства по субъектам Российской Федерации [3], что позволяет существенно повысить объективность оценки соответствующих рисков и для лесоклиматических проектов.

Наиболее типичными рисками для отдельных этапов процесса реализации лесоклиматических проектов являются, прежде всего, срочный риск, организационный риск, административный риск, институциональный риск и иные риски, которые, чаще всего, не могут быть выражены в количественных характеристиках и присутствуют в любом типе проектной деятельности, в том числе, в инвестиционных проектах.

Вместе с тем, существуют финансовые, конъюнктурные и иные риски, напрямую связанные с окупаемостью инвестиционных затрат на лесоклиматический проект. Учитывая, что такие проекты выступают как природно-климатические решения, их долгосрочный характер значительно повышает риски, связанные с извлечением дохода от проекта или нивелированием обязательств по ограничению выбросов парниковых газов.

Таким образом, все риски по реализации лесоклиматических проектов могут быть сгруппированы в три основные категории: типовые (характерные для любой проектной деятельности и не выражающиеся количественно), финансовые (определяющие окупаемость инвестиционных затрат), природно-климатические (связанные с утратой лесных насаждений как основных поглотителей парниковых газов).

При этом, категория типовых проектных рисков будет относиться к процессу реализации лесоклиматического проекта, а категории финансовых и природно-климатических рисков будут относиться к результатам его реализации. Следует также отметить, что для каждого лесного участка, лесоклиматического проекта или территории в целом необходимо оценивать уровень рисков индивидуально.

Изложенное приводит к необходимости количественной интерпретации уровня рисков реализации лесоклиматических проектов. Одним из вариантов такой интерпретации является корректировка ставки дисконтирования или компаундирования, используемых для инвестиционного анализа проектных альтернатив [5].

Помимо этого, необходимо определить стратегию и мероприятия, направленные на нивелирование рисков, в том числе, в рамках реализации государственной эколого-экономической политики и экологически ориентированной трансформации лесного хозяйства.

В результате, концепция анализа рисков при реализации лесоклиматических проектов может быть выражена в следующих основных этапах:

1. Разделение лесоклиматического проекта на составляющие – процессы, результаты, группы стейкхолдеров, иное разделение в зависимости от задач анализа рисков;

2. Идентификация в каждом из выделенных аспектов основных рисков в рамках трёх групп – типовых, финансовых, природно-климатических, определяющих процессы, результаты или интересы стейкхолдеров лесоклиматических проектов;

3. Количественная характеристика рисков (при наличии такой возможности) – определение вероятности, последствий, угроз, случайности или иных характеристик рисков;

4. Использование инструментария оценки рисков для их ранжирования по степени влияния на лесоклиматический проект (выявления их качественных характеристик) и дифференциации подходов к мерам воздействия на них;

5. Определение стратегии действий и мер воздействия на риски в соответствии с установленным ранжированием;

6. Учёт рисков, по которым выбрана стратегия «принятия», в количественных оценках при проведении инвестиционного анализа альтернатив лесоклиматических проектов;

7. Реализация мер воздействия на риски для их нивелирования.

Кроме того, в рамках каждого этапа представленной концепции следует предусмотреть возможность возвращения на предыдущий этап для проведения соответствующих корректировок, необходимость которых может появиться в ходе анализа рисков лесоклиматического проекта.

Таким образом, в ходе настоящего исследования в первом приближении установлены обобщенные основы концепции анализа рисков при реализации лесоклиматических проектов, что позволяет при проведении дальнейших исследований установить основные возможности совершенствования деловых процессов, связанных с реализацией таких проектов, а также сформировать, в том числе, перечень мер государственной эколого-экономической политики для повышения эффективности инвестирования в природно-климатические решения.

Помимо этого, представленная концепция в перспективе позволит исполнителям лесоклиматических проектов скорректировать подходы к оценке рисков при их реализации, внести соответствующие изменения в проектную документацию, а также

определить подходы к принятию инвестиционных решений в области низкоуглеродного развития.

### Список литературы

1. ГОСТ Р ИСО 31000-2019 Менеджмент риска. Принципы и руководство = Risk management. Principles and guidelines: национальный стандарт Российской Федерации: утвержден и введен в действие приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 10 декабря 2019 г. № 1379-ст: введен взамен ГОСТ Р ИСО 31000-2010: дата введения 2020-03-01 / подготовлен Некоммерческим партнерством «Русское Общество Управления Рисками» (НП «РусРиск») на основе собственного перевода на русский язык англоязычной версии стандарта, указанного в пункте 4 // Электронный фонд правовых и нормативно-технических документов. – URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200170125> (дата обращения: 24.10.2024).
2. Киселев, А. А. Риск-менеджмент и управление рисками: проблемы обоснования сущности понятий как научных категорий теории и практики управления организациями / А. А. Киселев // Экономика и бизнес: теория и практика. 2020. № 3-1. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/risk-menedzhment-i-upravlenie-riskami-problemy-obosnovaniya-suschnosti-ponyatiy-kak-nauchnyh-kategoriy-teorii-i-praktiki-upravleniya> (дата обращения: 25.10.2024).
3. Константинов, А. В. Сценарный подход к адаптации лесных экосистем российской федерации в условиях изменений климата / А. В. Константинов // Известия Российской академии наук. Серия географическая. – 2023. – Т. 87, № 4. – С. 558-567. – DOI 10.31857/S2587556623040039. – EDN VJTUSW.
4. Морковина, С. С. Климатические инициативы в лесном хозяйстве России как инструмент нейтрализации рисков безопасности и устойчивого развития отраслей / С. С. Морковина, А. В. Иванова, О. А. Нетребская // Проблемы устойчивости развития социально-экономических систем : Матер. Междунар. науч.-практ. конференции, Тамбов, 24 ноября 2021 года. – Тамбов: Издательский дом «Державинский», 2021. – С. 331-338. – EDN ELMRGJ.
5. Морковина, С. С. Управление реализацией лесоклиматических проектов в РФ: перспективы и риски / С. С. Морковина, Е. А. Панявина, И. С. Зиновьева // Естественно-гуманитарные исследования. – 2022. – № 40 (2). – С. 198-202. – EDN UFXKBU.
6. Нетребская, О. А. Системные риски в лесном хозяйстве России: от идентификации к превентивному управлению / О. А. Нетребская, С. С. Морковина // Современные подходы к трансформации концепций государственного регулирования и управления в социально-экономических системах : Сборник научных трудов 10-й Междунар. науч.-практ. конференции, посвященной Году науки и технологий в Российской Федерации, Курск, 18–25 февраля 2021 года. – Курск: Курский филиал "Финансовый университет при Правительстве РФ", 2021. – С. 485-489. – EDN PSRSWW.
7. Павлова, О. С. Исторический обзор становления риск-менеджмента как науки / О. С. Павлова // Известия СПбГЭУ. 2010. № 3. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/istoricheskiy-obzor-stanovleniya-risk-menedzhmenta-kak-nauki-1> (дата обращения: 24.10.2024).
8. Проект федерального закона № 566540-8 «О внесении изменений в Лесной кодекс Российской Федерации (в целях создания правовых оснований для реализации на территории Российской Федерации климатических проектов в лесах)» / Система обеспечения законодательной деятельности. – URL: <https://sozd.duma.gov.ru/bill/566540-8> (дата обращения: 23.10.2024).

## References

1. GOST R ISO 31000-2019 Risk management. Principles and guidelines = Risk management. Principles and guidelines: national standard of the Russian Federation: approved and put into effect by the order of the Federal Agency for Technical Regulation and Metrology of December 10, 2019 № 1379-st: introduced to replace GOST R ISO 31000-2010: date of introduction 2020-03-01 / prepared by Non-profit Partnership “Russian Risk Management Society” (NP “RusRisk”) on the basis of its own translation into Russian of the English version of the standard specified in paragraph 4 // Electronic fund of legal and regulatory-technical documents. URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200170125> (date of reference: 24.10.2024).
2. Kiselev, A. A. Risk management and risk management: problems of substantiating the essence of concepts as scientific categories of the theory and practice of organization management / A. A. Kiselev // Economics and business: theory and practice. 2020. № 3-1. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/risk-menedzhment-i-upravlenie-riskami-problemy-obosnovaniya-suschnosti-ponyatiy-kak-nauchnyh-kategoriy-teorii-i-praktiki-upravleniya> (date of address: 25.10.2024).
3. Konstantinov, A. V. Scenario approach to the adaptation of forest ecosystems of the Russian Federation in the conditions of climate change / A. V. Konstantinov // Izvestiya Rossiiskoi Akademii Nauki. Series geographical. - 2023. - Vol. 87, № 4. - P. 558-567. - DOI 10.31857/S2587556623040039. - EDN VJTUSW.
4. Morkovina, S. S. Climate initiatives in Russian forestry as a tool for neutralizing security risks and sustainable development of industries / S. S. Morkovina, A. V. Ivanova, O. A. Netrebskaya // Problems of sustainability of development of socio-economic systems : Proceedings of the International Scientific and Practical Conference, Tambov, November 24, 2021. - Tambov: Publishing House “Derzhavinsky”, 2021. - P. 331-338. - EDN ELMRGJ.
5. Morkovina, S. S. Managing the implementation of forest-climatic projects in the Russian Federation: prospects and risks / S. S. Morkovina, E. A. Panyavina, I. S. Zinovieva // Natural and Humanitarian Research. - 2022. - № 40 (2). - P. 198-202. - EDN UFXKBU.
6. Netrebskaya, O. A. System risks in forestry in Russia: from identification to preventive management / O. A. Netrebskaya, S. S. Morkovina // Modern approaches to the transformation of concepts of state regulation and management in socio-economic systems : Collection of scientific papers of the 10th International Scientific and Practical Conference dedicated to the Year of Science and Technology in the Russian Federation, Kursk, February 18-25, 2021. - Kursk: Kursk branch of the “Financial University under the Government of the Russian Federation”, 2021. - P. 485-489. - EDN PSRSWW.
7. Pavlova, O. S. Historical review of the formation of risk management as a science / O. S. Pavlova // Izvestiya SPbGEU. 2010. № 3. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/istoricheskiy-obzor-stanovleniya-risk-menedzhmenta-kak-nauki-1> (date of address: 24.10.2024).
8. Draft Federal Law No. 566540-8 “On Amendments to the Forest Code of the Russian Federation (in order to create legal grounds for the implementation of climate projects in forests on the territory of the Russian Federation)” / Legislative Support System. - URL: <https://sozd.duma.gov.ru/bill/566540-8> (date of circulation: 23.10.2024).

## ЗЕМЕЛЬНЫЕ РЕСУРСЫ РОССИИ КАК СОСТАВНОЙ КОМПОНЕНТ ПРИРОДНОГО КАПИТАЛА

**Колотушкин Андрей Андреевич**

*аспирант ФГБОУ ВО «Воронежский государственный лесотехнический университет имени Г.Ф. Морозова», г. Воронеж, РФ*

*E-mail: Bobr1995.vbn@gmail.com*

## RUSSIAN LAND RESOURCES AS A COMPONENT OF NATURAL CAPITAL

**Kolotushkin Andrey Andreevich**

*postgraduate student, Voronezh State University of Forestry and Technologies named after G.F. Morozov, Voronezh, Russia*

*E-mail: Bobr1995.vbn@gmail.com*

**Аннотация.** Земельные ресурсы России являются ключевым компонентом природного капитала страны, оказывая значительное влияние на ее экономическое развитие и экологическое благополучие. Богатство и разнообразие земельных ресурсов способствуют развитию сельского хозяйства, лесного комплекса и добывающей промышленности, обеспечивая устойчивое использование природных богатств. В статье рассматриваются структурные особенности земельных ресурсов, их распределение и способы эксплуатации, а также выделяются основные проблемы и вызовы, связанные с рациональным управлением и охраной земель. Особое внимание уделяется интеграции современных технологий и методов, таких как ГИС и дистанционное зондирование, для повышения эффективности использования земельных ресурсов. Заключение подчеркивает необходимость разработки стратегий сохранения и восстановления земельных ресурсов в контексте устойчивого развития, что обеспечит долгосрочную экономическую стабильность и сохранение экологического равновесия в России.

**Abstract.** Russia's land resources are a key component of the country's natural capital, having a significant impact on its economic development and environmental well-being. The richness and diversity of land resources contribute to the development of agriculture, forestry complex and extractive industry, ensuring sustainable utilisation of natural wealth. The article examines the structural features of land resources, their distribution and ways of exploitation, and highlights the main problems and challenges related to the rational management and protection of land. Particular attention is paid to the integration of modern technologies and methods such as GIS and remote sensing to improve the efficiency of land resources utilisation. The conclusion emphasises the need to develop strategies for the conservation and restoration of land resources in the context of sustainable development, which will ensure long-term economic stability and the preservation of ecological balance in Russia.

**Ключевые слова:** земельные ресурсы, природный капитал, устойчивое развитие

**Keywords:** land resources, natural capital, sustainable development

Одним из ключевых элементов, определяющих экономическую динамику любого общества, является природный капитал. Он служит фундаментом для производственного процесса, определяет характер и возможности экономического развития и влияет на систему жизнеобеспечения. Земельные ресурсы представляют собой важный аспект природного капитала, который включает в себя все природные активы, способствующие

экономическому развитию и обеспечению жизнедеятельности человека. Они включают в себя плодородные почвы, культурные ландшафты, а также экосистемные услуги, такие как фильтрация воды и углеродное поглощение. Эти ресурсы играют ключевую роль в аграрном производстве, обеспечивая продовольственную безопасность для населения. Однако, растущее освоение земель сопряжено с вызовами, такими как деградация почв, вырубка лесов и изменение климата, которые угрожают устойчивости экосистем и могут привести к потере биологического разнообразия. Устойчивое управление земельными ресурсами требует сбалансированного подхода, где учитываются как экономические, так и экологические интересы. Важно развивать сельское хозяйство, ориентированное на устойчивое использование земель, внедрять инновационные подходы к восстановлению экосистем и формировать политики, направленные на защиту и восстановление земельных ресурсов. Только при комплексном подходе можно обеспечить сохранение земельных ресурсов как важного элемента природного капитала для будущих поколений.

Интеракции между природой и обществом имеют давнюю историю, соответствующую появлению человеческой цивилизации.

Обострение геоэкологических проблем определяет актуальность проведения региональных исследований, направленных на оценку современного состояния окружающей среды, решение задач качественного улучшения средо- и ресурсовосстанавливающих функций природных территориальных комплексов, испытывающих в настоящее время значительную техногенную нагрузку [4].

С развитием экономики понимание земли как природного блага превратилось в источник накопления богатства. Постепенное превращение природы в поставщика ресурсов привело к замене понятия «земля» на «природные ресурсы». Природные ресурсы, будучи частью природы, способствуют росту благосостояния государства и его граждан, что придает им определенную экономическую ценность.

Для увеличения национального богатства и улучшения жизни населения ключевыми факторами являются сбалансированное территориальное развитие, ускорение темпов экономического и технологического роста, эффективное использование природных ресурсов. В экономически развитых странах для измерения национального богатства используется показатель «Совокупный капитал территории», который включает природный капитал, человеческий капитал и техногенный капитал. В России природный капитал преобладает в структуре капитала территории, что акцентирует внимание на проблемах сохранения и эффективного использования природного капитала при принятии управленческих решений. Недооценка природного капитала становится одной из ключевых проблем развития экономики, требуется учет всех функций природного капитала и экосистемных услуг для создания новых информационных инструментов управления природными ресурсами.

В контексте современного экономического развития, качество роста экономики в значительной степени обусловлено влиянием природных факторов. Термин «природный потенциал» играет ключевую роль в региональных исследованиях и анализе. Он охватывает все природные условия и ресурсы, которые могут быть использованы для удовлетворения потребностей общества. При экономической оценке природный потенциал превращается в форму потенциального капитала, приобретая универсальную ценность, сходную с финансовым капиталом. Однако, в отличие от фактического капитала, такой капитал может оставаться неиспользованным в современных социально-экономических условиях. [5].

Природный капитал, таким образом, является стоимостным выражением природного достояния территории, оцениваемым через призму его текущей эксплуатации и предоставления экосистемных услуг, комбинирующих природно-ресурсные активы в рамках территориального контекста. Эта оценочная категория становится значимой составляющей частью национального богатства.

В современном исследовательском дискурсе подчеркивается значимость интеграции природного капитала в экономические модели и стратегии устойчивого развития. Это подразумевает необходимость учета экологических ограничений и возможностей, интеграции оценки экосистемных услуг в процесс принятия экономических решений, а также формирования новых механизмов управления природными ресурсами. Такая ориентация способствует не только укреплению экономической устойчивости, но и улучшению качества жизни населения через сохранение и рациональное использование природных ресурсов. В условиях антропогенного давления на окружающую среду, понимание и вовлечение природного капитала становится критически важным для сбалансированного и устойчивого развития общества.

Природный капитал (ПК) - это природная среда, из которой происходят товары и услуги, поддерживающие жизнь (Envisioning a Sustainable and Desirable America Network, 2001). Кроме того, он является основой для деятельности и благополучия человека. ПК можно в целом описать как возобновляемый или невозобновляемый (Costanza & Daly, 1992). Возобновляемый или активный ПК является самоподдерживающимся благодаря своей способности использовать солнечную энергию. Экосистемы являются формами возобновляемого ПК, поскольку они могут поддерживать и воспроизводить себя. Невозобновляемый или неактивный ПК, такой как ископаемое топливо или месторождения полезных ископаемых, формируется в течение длительных геологических периодов времени и является пассивным.

В своей попытке дать определение природному капиталу Костанца и Дейли (1992) утверждают, что: “Поскольку «капитал» традиционно определяется как произведенные средства производства, термин «природный капитал» нуждается в пояснении. Она основана на более функциональном определении капитала как «запаса, который обеспечивает приток ценных товаров или услуг в будущем». Что функционально важно, так это соотношение запасов, создающих поток, - независимо от того, являются ли запасы промышленными или натуральными, с этой точки зрения, это различие между видами капитала, а не определяющая характеристика самого капитала” [7].

Основы понимания концепции капитала были установлены в оригинальном определении, предложенном Ирвингом Фишером в его влиятельной работе «Теория процента» (1930). Его анализ рассматривал капитал как некий запас, который служит источником генерирования потоков доходов. Концепция природного капитала во многом основывается на этом подходе, что подтверждается многочисленными исследованиями, например, Daly (1994) и Lawn (2006).

Добавление термина «естественный» к фишеровскому определению капитала и дохода расширяет его значение и позволяет исследователям более глубоко понимать роль природы как экономического актива. Природный капитал включает в себя все ресурсы и экосистемные услуги, которые являются источником долгосрочных благ для человечества и окружающей среды. За счет этого понятия подчеркивается важность природы не только как ресурса для потребления, но и как основы для устойчивого экономического роста и развития. Это позволяет экономистам и экологам разрабатывать новые модели и стратегии, которые учитывают как финансовые, так и экологические факторы, способствуя более гармоничному сосуществованию экономики и природы.

Сегодня словосочетание «природный капитал» применяется именно в этом ключе. Международные деловые круги и участники конференций, активно популяризирующие этот подход, тоже ориентируются на данное определение. Однако, несмотря на свою кажущуюся ясность, эти «определения» страдают из-за своей недостаточной точности.

Произведенный и человеческий капиталы традиционно измерялись для оценки экономических показателей, в то время как ПК игнорировался. Это привело к истощению природных сред и потере ценных экосистемных услуг. Подход природного капитала является средством для выявления, количественной оценки и оценки экосистемных услуг, что приводит к более эффективному принятию решений для управления, сохранения и

восстановления природных сред. Выявление и количественная оценка ПК и его экосистемных услуг дает дополнительное экономическое обоснование для эффективного экологического планирования и управления.

При правильном проектировании ПК может транслировать принципы экосистемного подхода, децентрализованной модели экологического планирования и управления, для защиты целостности местной экосистемы на постоянной основе и содействия устойчивому развитию.

Это переосмысление концепции отвело природный капитал от простого перечисления отдельных компонентов природной среды — таких как минеральные ресурсы, топливо, земля и леса. Новое понимание предполагает необходимость рассматривать природный капитал на экосистемном уровне, принимая во внимание все взаимосвязи между элементами природной среды.

Подходы к управлению окружающей средой различаются в зависимости от ряда факторов, таких как мировоззрение, возможности и методологии. Например, методы измерения благополучия, заменяемость природного капитала, командно-контрольное экологическое законодательство, управление экосистемами, ориентированное на сообщество, дают несколько примеров подходов, которые появились для дополнения или формирования экологического планирования и управления. Подходы к экологическому планированию и управлению существенно изменились за последние несколько десятилетий. Промышленная революция привела к резкому увеличению переработки природного сырья в производство товаров, что привело к экспоненциальному росту населения и экономическому росту. Последующее быстрое истощение природных ресурсов и увеличение выбросов загрязняющих веществ привели к значительному воздействию на здоровье населения. Необходимость регулирования и разработки стандартов выбросов загрязняющих веществ для защиты населения и окружающей среды стала необходимостью. Для разработки стандартов выбросов загрязняющих веществ для воздуха, воды и земельной базы окружающей среды был принят подход, основанный на среде. Этот подход, основанный на среде, оказался недостаточным для защиты природных экосистем, поскольку они продолжают разрушаться во всем мире (Millennium Ecosystem Assessment, 2005). Экосистемный подход — это целостный способ сосуществования с природной средой. Он основан на локализованном подходе к управлению природными ресурсами, усовершенствованном путем накопления традиционных экологических знаний. Экосистемный подход учитывает ограничения экосистем для предоставления товаров и услуг, необходимых для благополучия всех зависящих от них групп населения. Подходы экономического роста, медиа- и экосистемного характера охватывают широкий спектр методов планирования и управления окружающей средой.

Таким образом, сохранение, устойчивость и биологическое разнообразие становятся основополагающими характеристиками природного капитала. Эти компоненты играют критическую роль в обеспечении экологического баланса и долговременной устойчивости экономических систем. В условиях современного экономического и экологического кризисов осознание полной ценности природного капитала приобретает все большую актуальность, побуждая к интеграции экологических принципов в стратегии развития и управления ресурсами [7].

Природный капитал перестал восприниматься исключительно как совокупность отдельных элементов природной среды, таких как минеральные ресурсы, топливо, земельные участки и леса. Современное понимание природного капитала смещается на экосистемный уровень, где акцентируется внимание на взаимосвязях и взаимодействиях между различными элементами природной среды. Таким образом, важными характеристиками природного капитала теперь выступают сохранность, устойчивость и биологическое разнообразие экосистем.

Природный капитал относится к запасу природных ресурсов, которые поставляют потоки важнейших товаров и услуг. Таким образом, экосистемные услуги, которые

представляют собой «поток», предоставляемый природным капиталом, являются вкладом, который экосистемы вносят в благосостояние человека [14]. Среди типологий существующих капиталов природный капитал справедливо считается фундаментальным, поскольку он обеспечивает основные условия для существования человека, среди прочего представленные: плодородной почвой, многофункциональными лесами, продуктивными землями и морями, пресной водой хорошего качества и чистым воздухом. К ним, очевидно, относятся ключевые экосистемные услуги, такие как опыление, регулирование климата и защита от стихийных бедствий [5,11, 12]. Однако природный капитал может быть уязвим к человеческому давлению с последствиями для социально-экономических систем, поскольку он устанавливает экологические границы, где социальный и экономический капитал могут развиваться одновременно.

Земельные ресурсы являются важной системой поддержки для выживания человека и устойчивого социально-экономического развития [11]. Как невозобновляемый ресурс, земля может обеспечить ограниченный уровень устойчивости для людей, чтобы заниматься различными видами производственной деятельности. В 2021 году Продовольственная и сельскохозяйственная организация Объединенных Наций (ФАО) опубликовала доклад о состоянии земельных и водных ресурсов, в котором говорится, что текущая глобальная ситуация с почвой, землей и водными ресурсами продолжает ухудшаться и что они «на грани достижения своих пределов». К 2050 году будет сложно удовлетворить потребности в продовольствии населения мира численностью почти 10 миллиардов человек. Следовательно, крайне важно контролировать количество и качество земли, чтобы избежать нецелевого использования ресурсов. В то же время, как актив, земля имеет экономическую ценность и может рассматриваться как особый товар для торговли на рынке [12].

Это также порождает платное использование земли, применяя экономические рычаги для рационализации землепользования. Однако текущие цены на землю часто устанавливаются на основе транзакционного спроса, без учета косвенной ценности, которую земля обеспечивает для поддержания человеческого существования. Это привело к таким проблемам, как транзакционные цены, которые часто серьезно отклоняются от фактической стоимости земли [6,13], усугубляя растрату больших объемов земли и потерю выгод от земли.

Значимость и ценностная структура земельных ресурсов претерпевают трансформацию в контексте повышения уровня общественного благосостояния, когда утрачивается их основополагающая роль как незаменимого источника жизнеобеспечения. Параллельно с этим, отношения к земельным ресурсам находятся в тесной корреляции с понятием суверенитета: они воплощают в себе юрисдикционные права и альтернативные формы собственности и пользования, что оказывает опосредованное влияние на экономические, социальные и политические отношения и потенциально может являться источником конфликтных ситуаций. Совокупностью этих факторов определяется percepция процессов землепользования, а также влияют на стратегические подходы к менеджменту земельных ресурсов.

Невзирая на вышеописанные трансформации, сохранение и поддержание функциональности земельных ресурсов является неотъемлемым элементом глобальной безопасности. Оно обуславливает доступ к базовым жизненным ресурсам, таким как продовольствие и пресная вода, обеспечивает стабильность трудовой занятости, поддерживает устойчивые жизненные условия и повышает способность противостоять климатическим изменениям и экстремальным метеорологическим явлениям. Кроме того, это критически важно для поддержания социальной и политической стабильности в разнообразных географических и экономических сценариях. В контексте глобализации и ускоренных изменений природной среды, устойчивое управление земельными ресурсами выступает в качестве ключевого фактора для достижения долгосрочного сбалансированного развития и процветания человечества.

Независимо от того, попадают ли земельные ресурсы в частные или государственные руки, они несут в себе потенциал обеспечения широкого спектра товаров и услуг. Это включает в себя минимизацию воздействия климатических изменений на глобальном уровне, регулирование водоснабжения на уровне ландшафтов, а также поддержку производства продуктов питания на локальном уровне. Как естественные, так и созданные руками человека экосистемы играют решающую роль в обеспечении средств к существованию для местных жителей, способствуя развитию и процветанию их сообществ. Земля — это безмерно ценный, но ограниченный ресурс, и предлагаемые ею товары и услуги в конечном итоге ограничены. Для справедливого распределения прав на землепользование требуется нечто большее, чем просто установление права собственности и определение правил использования. Методы управления земельными ресурсами имеют последствия, которые выходят за рамки отдельно взятых территорий, поэтому землевладельцы сталкиваются с возрастающими ограничениями на использование и управление своими участками, направленными на защиту множества экосистемных услуг, которые земля предоставляет.

Синтез географического анализа природопользования с методами оценки природного капитала открывает новые исследовательские перспективы. Этот подход делает возможным обнаружение взаимосвязей между экологическими, экономическими и социальными факторами, что крайне важно для достижения устойчивого развития с акцентом на социально-экологические приоритеты. Финансовая оценка природных активов и мониторинг их изменений позволяют глубоко изучить природный капитал, оценить риски его истощения и проводить сравнительный анализ земельных операций, начиная от местного и заканчивая глобальным уровнем. Такой подход способствует переосмыслению природы как наследия, а не просто как ресурса.

Природный капитал страны формируется из множества составляющих, среди которых особое значение имеют земельные ресурсы. В руках государства и муниципалитетов сосредоточено 1 579,2 млн га земли, что составляет 92,2% всего земельного фонда Российской Федерации. С 1990 года площадь земель, пригодных для сельского хозяйства, уменьшилась с 639,0 млн до 380,7 млн га, и темпы вовлечения не востребуемых сельскохозяйственных земель в оборот остаются недостаточными для полноценного использования этих ресурсов [2].

Земельный фонд России охватывает 1 712,5 миллиона гектаров, что составляет около 12,5% мировой территории. В стране сосредоточено 55% глобальных запасов черноземных почв, известных своим высоким плодородием. Земли, предназначенные для сельскохозяйственного производства, занимают 380,7 миллиона гектаров, что равно 22,2% всей площади страны. По количеству сельскохозяйственной пашни на душу населения Россия входит в пятерку мировых лидеров с показателем 0,79 гектара, что в 3,3 раза превышает среднемировое значение.

За последние годы российское сельское хозяйство значительно увеличило свою продуктивность, что позволило стране укрепить свои позиции в экспорте продукции растениеводства и животноводства. Основные цели, обозначенные в Доктрине продовольственной безопасности Российской Федерации, почти достигнуты. Однако наряду с позитивной динамикой в землепользовании проявляются и тревожные тенденции. Происходит сокращение площади продуктивных земель, растет количество деградированных и нарушенных территорий, отмечается снижение естественного плодородия почв, а также ухудшение состояния в результате эрозии, засоления и подтопления. Эти процессы подрывают земельные ресурсы и снижают экономический потенциал страны. Более 100 миллионов гектаров в 35 регионах России, где проживает почти половина населения и производится более 70 % сельскохозяйственной продукции, подвержены деградации и опустыниванию.

Отрицательный баланс питательных веществ в почве становится серьезной проблемой. За последние пять лет с урожаем из почвы извлечено более 100 миллионов тонн полезных элементов, однако с удобрениями вернулось лишь 37 миллионов тонн.

Состояние мелиорированных земель вызывает особое беспокойство. В 2022 году из 4,68 миллиона гектаров орошаемых земель только 1,35 миллиона были фактически использованы для полива, что составляет лишь 26%. Из 4,8 миллиона гектаров осушенных земель применяются только 2,2 миллиона гектаров, а 2,1 миллиона вообще не имеют закрепленных собственников. В постсоветский период в России не проводилось полное почвенное обследование, которое могло бы дать полную картину деградационных процессов. Несмотря на то что некоторые негативные тренды выявлены, их количественная и качественная оценка на национальном уровне остаётся затруднительной. Недостаток полной информации затрудняет рациональное использование сельскохозяйственных земель, начиная от фермерских хозяйств и заканчивая государственной политикой в целом.

Среди причин таких негативных процессов называется непрозрачность и непоследовательность государственной земельной политики. Непрочные системы управления и упразднение ключевых институтов приводят к низкой эффективности. В этой области необходимы прогнозирование, планирование, использование и защита земель, а также проведение землеустройства и мониторинга их состояния. Земельная реформа, начатая ещё в 1990-х, остаётся незавершённой; более половины земельных участков не учтены государством. Границы многих территориальных единиц остаются неустановленными, что ведет к беспорядку и неэффективному землепользованию.

Недостаточная научная поддержка и координация деятельности по сохранению земельных ресурсов также заметны. Отсутствие специализированных научных центров, которые могли бы разработать методологию эффективного управления земельными ресурсами, затрудняет ситуацию. Разрозненные исследования учёных в различных институтах редко находят практическое применение, что ещё более усугубляет эту проблему.

Кроме того, со стороны государства отсутствуют стимулы и необходимые условия для формирования в обществе и среди бизнеса культуры ответственного отношения к рациональному и бережному использованию земельных ресурсов. Часто преобладание краткосрочных коммерческих интересов приводит к игнорированию научно обоснованных подходов к сельскохозяйственному землепользованию. Упущено внимание на внедрение почвозащитных и природоохранных технологий, а также на важность рациональных севооборотов, что, в свою очередь, приводит к деградации почвенного покрова и утрате земельных ресурсов на значительных территориях.

Таким образом, необходимо срочно принимать меры для стабилизации ситуации, внедряя системный подход к управлению земельными ресурсами и стимулированию их устойчивого использования, что требует, в частности, активизации научных исследований и разработки интегрированных решений для преодоления текущих вызовов [3,16].

Все эти составляющие оказывают влияние на жизнеспособность хозяйственно-экономического функционирования всех сфер производственной жизни в стране. Более того, территориальная расположенность страны определяет степень организации той или иной сферы деятельности экономики.

### **Заключение**

Таким образом, в условиях рыночной экономики природный капитал приобретает статус неотъемлемой части национального богатства. Он выступает как объективная категория, определяющая функциональную динамику территории и крепко связанная с социально-экономическими показателями. Это особенно важно для регионов, специализирующихся на добыче природных ресурсов. Манера управления природным капиталом непосредственно определяет траекторию развития других элементов национального достояния региона.

Исследования в области природопользования в России выявили, что недооценка природного капитала во многом обусловлена существующей управленческой системой, которая акцентируется на отраслевом подходе. Этот подход, к сожалению, недостаточно учитывает социально-экологические аспекты использования природных ресурсов, в том числе и земельных.

Для совершенствования управления земельными ресурсами необходимо внедрение принципиально нового информационного подхода. Этот инновационный подход обеспечит не только более точную оценку рациональности и устойчивости использования природных ресурсов, но и поможет уменьшить экологические и социальные затраты, сопряженные с экономическим развитием. Он позволит в полной мере учитывать ценность природного капитала и экосистемных услуг как составных элементов национального богатства в условиях «новой экономики».

Применение эффективных методов в области землепользования откроет перспективы для развития рациональных практик в сельском хозяйстве и создания комплексной системы управления земельными ресурсами. Это создаст предпосылки для разнообразных форм хозяйствования через различные виды собственности и улучшит учет состояния земельного фонда.

Для повышения эффективности использования земель необходимо провести глубокий анализ условий и факторов, определяющих эту эффективность, и выявить связи между ними. Без проведения такого исследования невозможно разработать и воплотить в жизнь эффективную систему организационно-экономических мер, направленных на рациональное использование земельных ресурсов.

### Список литературы

1. Столбов В. А., Шарыгин М. Д. Региональный потенциал и региональный капитал: «возможное» – «реальное» – «необходимое» // Экономика региона. 2016. Т. 12. Вып. 4. С. 1014–1027.
2. Цибулькинова М. Р. Роль природного капитала в устойчивом развитии региона. Вестник Московского университета. Серия 5. География. 2020. (3). С. 53-62.
3. Хомяков Д.М. Рациональное использование почвенно-земельного потенциала России. URL: <https://ecfs.msu.ru/resources/analytics/racziionalnoe-ispolzovanie-pochvenno-zemel'nogo-potencziala-rossii>.
4. Яковенко, Н. В. Геоэкологический подход к сохранению и использованию водных ресурсов вододефицитных регионов / Н. В. Яковенко, И. Н. Алферов // Современные проблемы науки и образования. 2014. № 6. С. 1687.
5. A Report of the Science-Policy Interface, United Nations Convention to Combat Desertification (UNCCD): Bonn, Germany, 2017, URL: <https://www.unccd.int/resources/reports/scientific-conceptual-framework-land-degradation-neutrality-report-science-policy> (accessed on 8 March 2024).
6. Burger J., M. Gochfeld K., Pletnikoff R., Snigaroff D., T. Stamm. Ecocultural Attributes: Evaluating Ecological Degradation: Ecological Goods and Services vs Subsistence and Tribal Values,” Risk Analysis, Vol. 28, No. 5, 2008, pp. 1261-1271. doi:10.1111/j.1539-6924.2008.01093.x.
7. Costanza R., Daly H. Natural Capital and Sustainable Development. Conservation Biology. 1992. 6(1), 37-46.
8. Cowie A.L., Orr B.J., Sánchez V.M., Chasek P.S., Crossman N.D., Erlewein A. et al. Land in balance: The scientific conceptual framework for Land Degradation Neutrality. Environmental Science & Policy. 2018. 79, 25-35.
9. European Commission, Directorate General for the Environment. Hard Surfaces, Hidden Costs: Searching for Alternatives to Land Take and Soil Sealing, Publications Office of the European Union: Luxembourg, 2013.

10. Heinze A., Bongers F., Marcial N., Barrios L. E. G., Kuyper T. W. Farm diversity and fine scales matter in the assessment of ecosystem services and land use scenarios. *Agricultural Systems*, Volume 196, 2022, 103329, <https://doi.org/10.1016/j.agsy.2021.103329>.
11. Hua W., Qiu, T., Pan, X., Wu, C., Zhuang, C., Chi, S., Jiang, X., Wu, J. The Extension and Improvement of the Forest Land Net Present Value Model and Its Application in the Asset Evaluation of *Cunninghamia lanceolata* Forest Land. *Sustainability* 2023, 15, 9096. <https://doi.org/10.3390/su15119096>.
12. Lv H., Guan X., Meng, Y. Study on economic value of urban land resources based on emergy and econometric theories. *Environ Dev Sustain* 23, 1019–1042 (2021). <https://doi.org/10.1007/s10668-019-00573-4>.
13. The Natural Capital Declaration. URL: <https://naturalcapital.finance/the-natural-capital-declaration/> (дата обращения: 25.08.2024).
14. Valente D., Lovello E.M., Giannuzzi C.G., Scardia, A.M., Marinelli M.V., Petrosillo I. Towards Land Consumption Neutrality and Natural Capital Enhancement at Urban Landscape Scale. *Land*. 2023, 12, 777. <https://doi.org/10.3390/land12040777>.
15. Яковенко, Н. В. Стратегическая конкурентоспособность региона: теоретические аспекты исследования / Н. В. Яковенко, И. В. Комов, О. В. Диденко // Наука Красноярья. – 2017. – Т. 6, № 1-3. – С. 93-96. – EDNYUQVMV.

### References

1. Stolbov V.A., Sharygin M.D. Regional potential and regional capital: “possible” - “real” - “necessary”// *Regional Economics*. 2016. Vol. 12. Iss. 4. P. 1014-1027.
2. Tsubulnikova M.R. Role of natural capital in sustainable development of the region. *Vestnik of Moscow University. Series 5. Geography*. 2020. (3). P. 53-62.
3. Khomyakov D.M. Rational use of soil and land potential of Russia. URL: <https://ecfs.msu.ru/resources/analytics/raczialnoe-ispolzovanie-pochvenno-zemelno-go-potencziala-rossii>.
4. Yakovenko, N.V. Geoeological approach to the conservation and use of water resources of water-deficient regions / N.V. Yakovenko, I.N. Alferov // *Modern problems of science and education*. 2014. № 6. С. 1687.
5. A Report of the Science-Policy Interface, United Nations Convention to Combat Desertification (UNCCD): Bonn, Germany, 2017. URL: <https://www.unccd.int/resources/reports/scientific-conceptual-framework-land-degradation-neutrality-report-science-policy> (accessed on 8 March 2024).
6. Burger J., M. Gochfeld K., Pletnikoff R., Snigaroff D., T. Stamm. Ecocultural Attributes: Evaluating Ecological Degradation: Ecological Goods and Services vs Subsistence and Tribal Values,” *Risk Analysis*, Vol. 28, No. 5, 2008, pp. 1261-1271. doi:10.1111/j.1539-6924.2008.01093.x.
7. Costanza R., Daly H. Natural Capital and Sustainable Development. *Conservation Biology*. 1992. 6(1), 37-46.
8. Cowie A.L., Orr B.J., Sánchez V.M., Chasek P.S., Crossman N.D., Erlewein A. et al. Land in balance: The scientific conceptual framework for Land Degradation Neutrality. *Environmental Science & Policy*. 2018. 79, 25-35.
9. European Commission, Directorate General for the Environment. *Hard Surfaces, Hidden Costs: Searching for Alternatives to Land Take and Soil Sealing*, Publications Office of the European Union: Luxembourg, 2013.
10. Heinze A., Bongers F., Marcial N., Barrios L. E. G., Kuyper T. W. Farm diversity and fine scales matter in the assessment of ecosystem services and land use scenarios. *Agricultural Systems*, Volume 196, 2022, 103329, <https://doi.org/10.1016/j.agsy.2021.103329>.
11. Hua W., Qiu, T., Pan, X., Wu, C., Zhuang, C., Chi, S., Jiang, X., Wu, J. The Extension and Improvement of the Forest Land Net Present Value Model and Its Application in the Asset

- Evaluation of *Cunninghamia lanceolata* Forest Land. *Sustainability* 2023, 15, 9096. <https://doi.org/10.3390/su15119096>.
12. Lv H., Guan X., Meng, Y. Study on economic value of urban land resources based on emergy and econometric theories. *Environ Dev Sustain* 23, 1019–1042 (2021). <https://doi.org/10.1007/s10668-019-00573-4>.
  13. The Natural Capital Declaration. URL: <https://naturalcapital.finance/the-natural-capital-declaration/> (date of access: 25.08.2024).
  14. Valente D., Lovello E.M., Giannuzzi C.G., Scardia, A.M., Marinelli M.V., Petrosillo I. Towards Land Consumption Neutrality and Natural Capital Enhancement at Urban Landscape Scale. *Land*. 2023, 12, 777. <https://doi.org/10.3390/land12040777>.
  15. Yakovenko, N. V. Strategic competitiveness of the region: theoretical aspects of the study / N. V. Yakovenko, I. V. Komov, O. V. Didenko // *Nauka Krasnoyarya*. - 2017. - Vol. 6, № 1-3. - P. 93-96. - EDN YUQVMV.

«ЗЕЛЕНАЯ ЭКОНОМИКА» В БОРЬБЕ С ИЗМЕНЕНИЯМИ КЛИМАТА:  
СТРАТЕГИИ И ПЕРСПЕКТИВЫ

**Федюнин Павел Григорьевич**

*аспирант ФГБОУ ВО «Воронежский государственный лесотехнический университет имени Г.Ф. Морозова», г. Воронеж, РФ*

*E-mail: pavel.fedyunin.95@mail.ru*

GREEN ECONOMY IN THE FIGHT AGAINST CLIMATE CHANGE:  
STRATEGIES AND PERSPECTIVES

**Fedyunin Pavel Grigorievich**

*Postgraduate student, Voronezh State University of Forestry and Technologies named after G.F. Morozov, Voronezh, Russia*

*E-mail: pavel.fedyunin.95@mail.ru*

**Аннотация.** Современные условия, в которых происходит множество климатических изменений, требуют перехода к новым устойчивым экономическим моделям. Данная статья посвящена концепции «зелёной экономики», рассматриваемой в качестве эффективного инструмента в борьбе с изменениями климата. В статье рассматриваются основные стратегии и перспективы, которые способны помочь в достижении устойчивого развития и уменьшении негативного влияния на происходящее изменения климата. Также, в статье затрагивается анализ ключевых компонентов «зелёной экономики», среди которых переход на возобновляемые источники энергии, внедрение энергоэффективных технологий, устойчивое управление ресурсами и экологически чистое производство. Особое внимание уделяется роли инвестиций в зелёные проекты и инновации, способные помочь в борьбе с климатическими изменениями. В статье рассматриваются успешные примеры внедрения стратегий зелёной экономики, показавшие положительное влияние на снижение выбросов парниковых газов, создание новых рабочих мест и улучшение качества жизни населения. Обсуждаются вызовы и барьеры, с которыми может столкнуться государство или компания на пути к реализации зелёных инициатив. Данная статья содержит рекомендации как для государственных структур, так и для бизнеса и гражданского общества, направленные на внедрение принципов «зелёной экономики» в стратегию борьбы с климатическими изменениями.

**Abstract.** The current environment, in which many climate changes are taking place, requires a transition to new sustainable economic models. This article focuses on the concept of «green economy», considered as an effective tool in the fight against climate change. The article discusses the main strategies and perspectives that can help to achieve sustainable development and reduce the negative impact of climate change. The article also analyses the key components of a green economy, including the transition to renewable energy sources, the introduction of energy efficient technologies, sustainable resource management and cleaner production. Particular attention is paid to the role of investment in green projects and innovations that can help combat climate change. The article discusses successful examples of green economy strategies that have shown a positive impact on reducing greenhouse gas emissions, creating new jobs and improving the quality of life of the population. It discusses the challenges and barriers that a government or company may face on the way to implementing green initiatives. This

article contains recommendations for government agencies, businesses and civil society alike, aimed at incorporating green economy principles into a strategy to combat climate change.

**Ключевые слова:** климатические изменения; зеленая экономика; устойчивое развитие.

**Keywords:** climate change; green economy; sustainable development.

Сегодня мировое сообщество сталкивается с одной из самых серьезных проблем нашего времени – климатическими изменениями. Эти изменения несут в себе разрушительные последствия для экосистем, экономических систем и социальных структур по всему миру. От повышения уровня мирового океана и экстремальных погодных условий до потери биоразнообразия и нарушений в сельском хозяйстве – последствия глобального потепления становятся все более очевидными и ощутимыми.

В этом контексте «зеленая экономика» предлагает перспективное решение, фокусируясь на гармоничном объединении экономического роста и экологической устойчивости. Она предполагает преобразование традиционных моделей экономической деятельности путем интеграции экологически чистых технологий, продвижения энергоэффективности и сокращения выбросов углерода. Основная цель зеленой экономики заключается в создании устойчивой системы, которая способна удовлетворить потребности нынешнего и будущих поколений, минимально воздействуя на природные ресурсы.

Инновационные подходы в экономике играют ключевую роль в смягчении последствий климатических изменений и раскрытии потенциала зеленых технологий для построения устойчивого будущего. Эти подходы направлены на кардинальное изменение производства и потребления ресурсов, переход к возобновляемым источникам энергии и сокращение углеродного следа.

Одним из главных направлений является внедрение и развитие возобновляемых источников энергии, таких как солнечная, ветровая и гидроэнергетика. Эти технологии не только снижают зависимость от ископаемых видов топлива, но и сокращают объемы выбросов парниковых газов, способствуя борьбе с глобальным потеплением.

Также важно внедрение энергоэффективных практик во всех секторах экономики. Повышение энергоэффективности зданий, промышленного оборудования и транспортных средств позволяет значительно сократить потребление энергии, тем самым уменьшая нагрузку на природные ресурсы и сокращая выбросы.

Более того, развитие "замкнутой" или "циклической" экономики становится важным направлением. Этот подход предполагает отказ от традиционной линейной модели "добыча-производство-утилизация" в пользу повторного использования, переработки и восстановления ресурсов. Циркулярная экономика поддерживает минимизацию отходов и максимальное использование материалов, что уменьшает нагрузку на экологию.

Инновации в аграрном секторе, такие как органическое земледелие и использование агротехнологий, способны увеличить продовольственную безопасность при одновременном снижении негативного воздействия на окружающую среду. Кроме того, развитие технологий умного фермерства позволяет более рационально использовать воду и удобрения, снижая их избыточное применение. Важным аспектом являются и финансовые инструменты, такие как зеленые облигации и инвестиции в устойчивое развитие. Эти инструменты стимулируют компании и страны вкладывать средства в экологически чистые проекты, создавая основу для будущего с низким уровнем выбросов углерода.

Инновационные экономические подходы, таким образом, обеспечивают основу для долгосрочной экологической устойчивости [5, 12]. Они позволяют не только смягчать негативные последствия климатических изменений, но и открывают новые возможности для экономического роста, способствуя созданию зеленых рабочих мест и улучшению качества жизни глобального сообщества.

Для того, чтобы понять важность темы борьбы с климатическими изменениями, стоит обратиться к различным научным работам отечественных авторов. В них затрагивается не только российский опыт внедрения стратегий «зеленой экономики», но и успешные примеры зарубежных исследователей. Тема связи между климатическими изменениями и зеленой экономикой привлекает внимание многих исследователей по всему миру, так как она затрагивает важнейшие аспекты устойчивого развития и будущего глобального экономического роста.

Статья Анны Прудниковой «Климатическое финансирование: перспективы и риски в современных условиях» поднимает вопросы климатического финансирования, его значения для достижения целей устойчивого развития, а также стратегий для дальнейшего стабилизирования ситуации. Автор говорит о проблеме климатических изменений так: «нарастающие экологические кризисы приводят к потерям рабочей силы, к ограничениям в туризме, к снижению продуктивных земель и урожайности в сельском хозяйстве, к сокращению активов и капитала» [3, с. 52]. Это означает, что необходимо выработать механизмы, способные противостоять негативным последствиям изменения климата.

Климатическое финансирование включает в себя широкий спектр инструментов, направленных на смягчение последствий изменения климата и адаптацию к его воздействиям. Автор утверждает, что глобальные финансовые потоки для климатических действий в последние годы увеличились, однако рост не является достаточным и последовательным, что особенно заметно в развивающихся странах, которые сталкиваются с серьезными экономическими вызовами на фоне глобального потепления. Хотя в отчете упоминается, что в 2021–2022 годах среднегодовые финансовые потоки достигли почти 1,3 трлн долларов США, это по-прежнему лишь небольшая доля от требуемых 3,8 трлн долларов для эффективной борьбы с климатическими рисками.

Автор акцентирует внимание на необходимости улучшения международного сотрудничества и создания более эффективных нормативно-правовых рамок для климатического финансирования. Особенно подчеркивают слова о том, что лишь комплексный подход с применением как государственных, так и частных ресурсов сможет обеспечить необходимые инвестиции в проекты, связанные с возобновляемыми источниками энергии, адаптацией к изменению климата и развитием низкоуглеродных технологий. Роль частного сектора в контексте климатического финансирования является ещё одним важным пунктом статьи. Растущее число инициатив и реализация успешных проектов в области климатических изменений и «зелёной экономики» в целом свидетельствует о важности активного вовлечения частного капитала в устойчивые инвестиции.

Слова о том, что: «импульс развитию «зеленых» проектов, заданный и поддерживаемый «зеленым» финансированием, привел к масштабному росту количества научных исследований в этой сфере (в том числе финансируемых за счет государственных и частных «зеленых» грантов)» [2, с. 71], свидетельствуют об интересе в области климатического финансирования, в том числе частными инвесторами.

В статье Е.О. Алексеевой, В.С. Филипповой и А.Е. Михайловой подчеркивается необходимость перехода к «зеленой экономике» в России. Согласно словам авторов: «...в России идеи устойчивого развития и зеленой экономики все масштабнее внедряются в сферу экономики и поддерживаются органами власти» [1, с. 10]. В статье говорится об интеграции экологических принципов в экономическую политику страны, особенно в лесном хозяйстве. Леса играют важную роль в поглощении углекислого газа, что и делает этот сектор ключевым в стремлении к концепции «зелёной экономики». Для успешной реализации принципов «зеленой» экономики необходимо активное сотрудничество между государственными органами, частным сектором и научным сообществом. Такое взаимодействие должно включать в себя проведение научных исследований, разработку инновационных технологий и внедрение их в практику для сокращения негативного воздействия на окружающую среду. Благодаря объединению усилий государственного и

частного сектора, Россия сможет эффективно адаптироваться к изменениям климата и развивать стратегии перехода к «зелёной экономике».

Одной из ключевых фигур в области изучения экономического влияния климатических изменений стал Николас Стерн (2007) [8]. Он акцентирует внимание на экономических рисках, связанных с бездействием перед лицом климатических угроз, и на важности инвестиций в зеленые технологии как способа смягчения последствий климатических изменений.

Лауреат Нобелевской премии по экономике Джозеф Стиглиц также активно изучает роль зеленой экономики. В своих работах он подчеркивает необходимость государственных интервенций и политики по внутреннему углеродному налогообложению как инструментов, которые могут стимулировать переход к устойчивым экономическим моделям (Stiglitz, 2019) [8].

Бывший глава Банка Англии Марк Карни в своих докладах и выступлениях обращает внимание на важность финансовой стабильности в условиях климатических изменений. Он выступает за введение зеленых финансовых стандартов и считает, что интеграция климатических рисков в финансовую отчетность может поддержать устойчивое экономическое развитие [6].

Теглер Б. в своей книге "Drawdown: The Most Comprehensive Plan Ever Proposed to Reverse Global Warming" (2017) [11] предлагает ряд практических решений и технологий, которые могут быть внедрены для уменьшения углеродного следа. Его работа подчеркивает важность инноваций и практического подхода в реализации зеленой экономики.

Как экономист, уделяющий внимание вопросам справедливости и благополучия, Амартия Сен [7] в своих работах указывает на необходимость социальной справедливости в переходе к зеленой экономике. Он утверждает, что экономические модели должны учитывать не только экологические аспекты, но и социальные последствия, чтобы быть по-настоящему устойчивыми.

Совокупность исследований этих и других зарубежных авторов демонстрирует многогранный подход к вопросу климатических изменений и зеленой экономики, отражая комплексность вызовов и решений, с которыми сталкивается мировое сообщество в стремлении к устойчивому развитию. Работы в данной области подтверждают, что интеграция экологических факторов в экономическую политику является не просто желательной, но необходимой мерой для смягчения последствий глобального потепления и обеспечения долгосрочной экономической стабильности. Эти исследования подчеркивают необходимость международного сотрудничества, так как климатические изменения являются глобальной проблемой, не признающей государственных границ. Совместные усилия, такие как Парижское соглашение и инициативы по углеродному налогообложению, показывают, что коллективные действия могут привести к более эффективным результатам в борьбе с изменением климата и продвижению зеленой экономики. Кроме того, инновации занимают центральное место в этих работах как фактор, открывающий новые возможности для экологически чистого и устойчивого экономического роста. Разработка и внедрение возобновляемых источников энергии, энергоэффективных технологий и стратегий минимизации отходов подчеркивают потенциал технологического прогресса в переходе к низкоуглеродной экономике.

Исследования также акцентируют важность комплексного подхода, который учитывает не только экономические и экологические, но и социальные аспекты устойчивого развития. В этом контексте устойчивые экономические модели должны быть инклюзивными, справедливыми и направленными на улучшение качества жизни всех слоев общества.

Таким образом, на основе обзора научных работ отечественных и зарубежных авторов, можно прийти к выводу о том, что активное внедрение и развитие концепции

«зеленой экономики» является эффективным инструментом в борьбе с климатическими изменениями.

Совокупность исследований этих и других зарубежных авторов демонстрирует многогранный подход к вопросу климатических изменений и зеленой экономики, отражая комплексность вызовов и решений, с которыми сталкивается мировое сообщество в стремлении к устойчивому развитию. Работы в данной области подтверждают, что интеграция экологических факторов в экономическую политику является не просто желательной, но необходимой мерой для смягчения последствий глобального потепления и обеспечения долгосрочной экономической стабильности.

Эти исследования также подчеркивают необходимость международного сотрудничества, так как климатические изменения являются глобальной проблемой, не признающей государственных границ. Совместные усилия, такие как Парижское соглашение и инициативы по углеродному налогообложению, показывают, что коллективные действия могут привести к более эффективным результатам в борьбе с изменением климата и продвижению зеленой экономики.

Кроме того, инновации занимают центральное место в этих работах как фактор, открывающий новые возможности для экологически чистого и устойчивого экономического роста. Разработка и внедрение возобновляемых источников энергии, энергоэффективных технологий и стратегий минимизации отходов подчеркивают потенциал технологического прогресса в переходе к низкоуглеродной экономике.

Исследования также акцентируют важность комплексного подхода, который учитывает не только экономические и экологические, но и социальные аспекты устойчивого развития. В этом контексте устойчивые экономические модели должны быть инклюзивными, справедливыми и направленными на улучшение качества жизни всех слоев общества.

### Список литературы

1. Алексеева, Е.О. «Зеленая» экономика и предпринимаемые в ее рамках меры по борьбе с изменением климата / Е. О. Алексеева, В. С. Филиппова, А. Е. Михайлова // Актуальные вопросы лесного хозяйства: матер. VI междунар. молодежной науч.-практ. конференции, Санкт-Петербург, 10–11 ноября 2022 года / Санкт-Петербургский государственный лесотехнический университет имени С.М. Кирова. – Санкт-Петербург: Общество с ограниченной ответственностью «Реноме», 2022. – С. 9-13. – EDN KFSRJS;
2. Еремин, В.В. "Зеленое" финансирование как триггер позитивных климатических преобразований / В. В. Еремин, В. П. Бауэр // Экономика. Налоги. Право. – 2021. – Т. 14, № 4. – С. 65-73. – DOI 10.26794/1999-849X-2021-14-4-65-73. – EDN OXGSM L;
3. Прудникова, А. А. Климатическое финансирование: перспективы и риски в современных условиях / А. А. Прудникова // Мировая экономика и мировые финансы. – 2024. – Т. 3, № 3. – С. 50-57. – DOI 10.24412/2949-6454-2024-0270. – EDN JTQVR Y;
4. Чиркин, С.А. (2023). Развитие зелёной экономики Бразилии и экономические интересы России // Российский внешнеэкономический вестник, (11), 113–124. <https://doi.org/10.24412/2072-8042-2023-11-113-124>.
5. Яковенко, Н. В. Депрессивные регионы России: методология, теория, практика / Н. В. Яковенко. – Иваново: ГУП ИО «Ивановский издательский дом», 2013. – 205 с. – EDNYMMLIL.
6. Breaking the tragedy of the horizon - climate change and financial stability - speech by Mark Carney. URL: <https://www.bankofengland.co.uk/speech/2015/breaking-the-tragedy-of-the-horizon-climate-change-and-financial-stability>.
7. Sen A. The idea of justice. – М.: Publishing House of the Gaidar Institute; Foundation "Liberal Mission", 2016. – 520 p. – ISBN 978-5-93255-457-9.
8. Stern N.H, Taylor C (2007) Climate change: risks, ethics and the Stern review. Science 317: 203–204.

9. Stiglitz J., Sen A., Fitoussi J.-P. *Misjudging our lives: Why does GDP make no sense? Report of the Commission on Measuring the Effectiveness of the Economy and Social Progress = Mismeasuring our lives: why GOD doesn't add up / Translated by I. Kushnareva; scientific ed. translated by T. Drobyshevskaya. – M.: Publishing House of the Gaidar Institute, 2016. – 216 p. – ISBN 978-5-93255-427-2.*
10. Stiglitz, Joseph E. (2019). *People, Power, and Profits: Progressive Capitalism for an Age of Discontent*, Norton.
11. Tegler B. (2017). *Drawdown: The Most Comprehensive Plan Ever Proposed to Reverse Global Warming*" by Paul Hawken, 2016. [book review]. *Canadian Field-Naturalist*, 131(2):197-197. doi: 10.22621/CFN.V131I2.2007
12. Yakovenko, N. V. Sustainability assessment of social and economic development of municipalities in the Voronezh region / N. V. Yakovenko, R. V. Ten, I. V. Komov // *Sustainability*. – 2021. – Vol. 13, No. 19. – DOI 10.3390/su131911116. – EDN NRJIVS.

### References

1. Alekseeva, E. O. "Green" economy and measures taken within its framework to combat climate change / E. O. Alekseeva, V. S. Filippova, A. E. Mikhailova // *Actual issues of forestry: proceedings of the VI International Youth Scientific and Practical Conference*, St. Petersburg, November 10-11, 2022 / St. Petersburg State Forestry University named after S. M. Kirov. - St. Petersburg: LLC Renome, 2022. - P. 9-13. - EDN KFSRJS.
2. Eremin, V.V. "Green" financing as a trigger of positive climate transformations / V. V. Eremin, V. P. Bauer // *Economics. Taxes. Law*. - 2021. - Vol. 14, № 4. - P. 65-73. - DOI 10.26794/1999-849X-2021-14-4-4-65-73. - EDN OXGSMML.
3. Prudnikova, A. A. Climate finance: prospects and risks in modern conditions // *World Economy and World Finance*. 2024. Vol. 3, № 3. P. 50-57. DOI 10.24412/2949-6454-2024-0270. - EDN JTQVRY.
4. Chirkin, S. A. (2023). Development of Brazil's green economy and Russia's economic interests. *Russian Foreign Economic Bulletin*, (11), 113-124. <https://doi.org/10.24412/2072-8042-2023-11-113-124>.
5. Yakovenko, N. V. *Depressive regions of Russia: methodology, theory, practice*. - Ivanovo: GUP IO "Ivanovo Publishing House", 2013. - 205 p. - EDN YMMLIL.
6. *Breaking the tragedy of the horizon - climate change and financial stability - speech by Mark Carney*. URL: <https://www.bankofengland.co.uk/speech/2015/breaking-the-tragedy-of-the-horizon-climate-change-and-financial-stability>.
7. Sen A. *The idea of justice*. M.: Publishing House of the Gaidar Institute; Foundation "Liberal Mission", 2016. 520 p. ISBN 978-5-93255-457-9.
8. Stern N.H, Taylor C (2007) Climate change: risks, ethics and the Stern review. *Science* 317: 203–204.
9. Stiglitz J., Sen A., Fitoussi J.-P. *Misjudging our lives: Why does GDP make no sense? Report of the Commission on Measuring the Effectiveness of the Economy and Social Progress = Mismeasuring our lives: why GOD doesn't add up / Translated by I. Kushnareva; scientific ed. translated by T. Drobyshevskaya. – M.: Publishing House of the Gaidar Institute, 2016. — 216 p. – ISBN 978-5-93255-427-2.*
10. Stiglitz, Joseph E. (2019), *People, Power, and Profits: Progressive Capitalism for an Age of Discontent*, Norton.
11. Tegler B. (2017). *Drawdown: The Most Comprehensive Plan Ever Proposed to Reverse Global Warming*" by Paul Hawken, 2016. [book review]. *Canadian Field-Naturalist*, 131(2):197-197. doi: 10.22621/CFN.V131I2.2007.
12. Yakovenko, N. V. Sustainability assessment of social and economic development of municipalities in the Voronezh region / N. V. Yakovenko, R. V. Ten, I. V. Komov // *Sustainability*. – 2021. – Vol. 13, No. 19. – DOI 10.3390/su131911116. – EDN NRJIVS.

## Секция 5. Цифровые технологии на службе лесного хозяйства

DOI: 10.58168/FFYS2024\_221-225

УДК 334.5

### ЦИФРОВЫЕ РЕШЕНИЯ В ОЦЕНКЕ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ ЕМКОСТИ ТЕРРИТОРИИ

**Макаренко Николай Николаевич**

*аспирант ФГБОУ ВО «Воронежский государственный лесотехнический университет имени Г.Ф. Морозова», г. Воронеж, РФ*

*E-mail: kolea8mk@mail.ru*

### DIGITAL SOLUTIONS IN ASSESSING ENVIRONMENTAL CAPACITY OF THE TERRITORY

**Makarenko Nikolay Nikolaevich**

*postgraduate student. Voronezh State University of Forestry and Technologies named after G.F. Morozov, Voronezh, Russia*

*E-mail: kolea8mk@mail.ru*

**Аннотация.** В статье рассматриваются современные вызовы экологии и акцентируется внимание на необходимости применения цифровых технологий для оценки экологической емкости территории. Методы оценки экологической ёмкости территории включают как традиционные, так и современные подходы. Актуальность проблемы обусловлена истощением природных ресурсов, изменением климата и ухудшением состояния экосистем, что делает традиционный подход для оценки экологической ёмкости недостаточно эффективным. Результаты исследования показывают, что интеграция передовых цифровых технологий значительно повышает точность и эффективность оценок экологической ёмкости территории. Это позволяет формировать более подробные и обоснованные прогнозы о состоянии окружающей среды, что имеет важное значение для создания устойчивых стратегий управления природными ресурсами. В условиях изменения климата и роста населения традиционные подходы становятся устаревшими, и современная наука предлагает инновационные решения для их замены. Статья подчеркивает необходимость внедрения современных подходов к оценке экологической ёмкости для достижения целей устойчивого развития и улучшения качества жизни.

**Abstract.** The article considers the modern challenges of ecology and emphasizes the need to use digital technologies to assess the ecological capacity of territories. The methods of assessing the ecological capacity of territories include both traditional and modern approaches. The urgency of the problem is caused by the depletion of natural resources, climate change and deterioration of ecosystems, which makes the traditional approach to assessing the ecological capacity insufficiently effective. The results of the study show that the integration of advanced digital technologies significantly improves the accuracy and efficiency of assessments of the ecological capacity of territories. This allows for more detailed and informed predictions about the state of the environment, which is important for creating sustainable natural resource management strategies. In the context of climate change and population growth, traditional approaches are becoming obsolete, and modern science offers innovative solutions to replace them. The article emphasizes the need to implement modern approaches to environmental capacity assessment to achieve sustainable development goals and improve the quality of life.

**Ключевые слова:** экологическая емкость территории; цифровые технологии; цифровизация; управление природными ресурсами.

**Keywords:** environmental capacity of the territory; digital technologies; digitalization; natural resource management.

Экологическая ёмкость территории – это концепция, которая определяет максимальную нагрузку на экосистему, при которой она может устойчиво функционировать, не теряя своих основных качеств и способностей к восстановлению. Она учитывает множество факторов такие, как демографические, географические, климатические, антропогенные и экономические.

В России на сегодняшний день экология и связанные с ней вопросы становятся все более актуальными. Ведущие органы власти и общественные организации осознают важность экологической политики, которая сегодня является приоритетом для устойчивого развития страны. Главным лозунгом, который сегодня активно продвигается, является: «Современные проблемы требуют современных решений». Это связано с необходимостью реагировать на экологические вызовы (истощение природных ресурсов, загрязнение окружающей среды, климатические изменения). Поэтому с целью предотвращения экологической катастрофы в России силы науки и техники были мобилизованы на разработку наилучших доступных технологий, сочетающих в себе возможности эффективизации хозяйственных процессов и сохранения окружающей среды [1].

Цифровизация понимается как повсеместное внедрение достижений научно-технологического прогресса, направленных на качественное улучшение социальной жизни. По мнению многих ученых, использование информации в цифровом формате представляет собой вид человеческой активности, который не оставляет экологического следа. Во-первых, само по себе использование информации не приводит к загрязнению окружающей среды. Во-вторых, оно не истощает природные ресурсы, так как информация не имеет природного происхождения и, в отличие от ресурсов, является неисчерпаемой, легко создаваемой и тиражируемой человеком. В-третьих, использование информации как ресурса способствует снижению потребления природных ресурсов и позволяет заменить ряд традиционных практик на более экологически чистые [2].

В условиях быстрого роста численности населения и изменения климата традиционные подходы к мониторингу и оценке ресурсов становятся недостаточными для комплексного анализа состояния экосистем. Проблема традиционных подходов в оценке экологической ёмкости территории заключается в их часто ограниченной эффективности и недостаточной адаптивности к меняющимся условиям окружающей среды. Традиционные подходы обычно основываются на изучении изолированно, что приводит к недостаточной оценке взаимодействий между видами и их средой обитания. Эти методы зачастую игнорируют сложные взаимосвязи внутри экосистемы, что приводит к искажению понимания её динамики и необходимости в сохранении биоразнообразия.

Современная наука предлагает широкий спектр технологий для точной и своевременной оценки экологической ёмкости территории и цифровизация занимает в этом процессе ведущие позиции.

Стратегическое направление в области цифровой трансформации отрасли экологии и природопользования, утвержденное Распоряжением Правительства РФ от 15 декабря 2023 года, акцентирует внимание на важности эффективного управления экологической ёмкостью территории. Документ предусматривает внедрение следующих современных технологий [3]:

- геоинформационные системы – позволят более эффективно оценивать состояние экологической ёмкости территории, управлять природными ресурсами и планировать мероприятия по охране окружающей среды;

- дистанционное зондирование Земли и беспилотный летательный аппарат - с помощью ДЗЗ можно мониторить различные параметры, такие как изменение растительности, уровень загрязнения и распределение водных ресурсов, а БПЛА

обеспечивают возможность сбора детализированных данных на локальном уровне, включая высококачественные изображения и измерения;

– технологии работы с большими данными - большие данные обрабатываются с помощью передовых аналитических инструментов, что позволяет повысить качество сбора и обработки данных и улучшить обоснованность принимаемых управленческих решений;

– искусственный интеллект - его применение позволит эффективно обрабатывать большие объемы данных в реальном времени, что является критически важным для быстрого реагирования на изменения в экосистемах. Системы на основе ИИ автоматически анализируют данные, полученные от различных источников (сенсоры, спутники, метеорологические станции и др.) - это способствует более точному и своевременному выявлению проблем, связанных с состоянием окружающей среды;

– системы распределенного реестра - используются для создания надежной системы учета природных ресурсов. Каждая запись о состоянии и использовании ресурсов будет не подвержена подделкам и будет доступна для проверки как со стороны государственных органов, так и со стороны гражданского общества.

Основное назначение этих технологий заключается в анализе информации, получаемой во время экологического мониторинга, а также в автоматизации процессов принятия решений в режиме реального времени. Это включает в себя прогнозирование опасных природных явлений [4]. Технологии также используются для сбора и передачи данных как со стационарных, так и с мобильных пунктов наблюдения в процессе развития государственной сети наблюдений Федеральной службы по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды.

Современные технологии позволяют повысить адаптивность и устойчивость стратегий управления, делая их более обоснованными на основе фактических данных. Очевидно, что интеграция этих технологий должна осуществляться в рамках политики импортозамещения с применением радиоэлектронной продукции, включая системы хранения данных, серверное оборудование, автоматизированные рабочие места, программно-аппаратные комплексы, коммуникационную аппаратуру, системы видеонаблюдения и программное обеспечение, разработанное в России.

Современный подход к управлению экосистемами подчеркивают важность устойчивого развития и экологически чистых технологий. Современные технологии предоставляют возможность более точной и детальной оценки состояния экосистем. Они позволяют собирать данные и анализировать сложные процессы, происходящие в природе, что способствует более взвешенному и обоснованной оценке экологической ёмкости территории. Интеграция цифровых технологий в оценке экологической емкости позволяет повысить эффективность управления природными ресурсами, делая процесс более прозрачным и основанным на фактических данных [5].

В целях увеличения доли российских цифровых решений и улучшения доступности критически важных отечественных цифровых технологий планируется внедрение новейших высокотехнологичных решений. Согласно документу, реализация основных проектов и мероприятий в рамках данного стратегического направления позволит добиться значительных результатов [6]:

- устранить наиболее опасные объекты накопленного экологического ущерба и обеспечить восстановление экологического состояния водных ресурсов;

- разработать систему управления твердыми коммунальными отходами, обеспечивающую полную сортировку и сокращение объема отходов, отправляемых на полигоны, на 50%.

- снизить выбросы наиболее опасных загрязняющих веществ на 50%;

- увеличить долю массовых социально значимых услуг, предоставляемых в электронном формате, до 95%.

Исследование экологической ёмкости территории подчеркивает важность внедрения инновационных подходов и цифровых технологий для ее практической реализации. Учет динамичности экологической ёмкости, адаптация к изменяющимся условиям окружающей среды усиливает возможности анализа и управления природными ресурсами.

Внедрение современных технологий в оценку экологической ёмкости территории рассматривается как необходимый шаг для устойчивого развития и борьбы с текущими экологическими вызовами. Эти технологии делают процессы мониторинга и анализа более точными, интегрированными и доступными, что способствует улучшению экологического баланса и качеству жизни общества. Современный подход обладает высоким потенциалом для повышения адаптивности и устойчивости экосистем. Это исследование подчеркивает, что дальнейшее развитие цифровых технологий способствует улучшению качества жизни населения и обеспечивает сохранение биологических ресурсов и экосистем, что является основой для устойчивого будущего.

### Список литературы

1. Федеральный закон от 10.01.2002 № 7-ФЗ (ред. т 27.12.2019) "Об охране окружающей среды". Статья 28.1. Наилучшие доступные технологии. URL: consultant.ru.
2. Попов Е.В. Компаративный анализ стратегических аспектов развития цифровой экономики / Е.В. Попов, К.А. Семячков // Вестник Пермского университета. Серия: Экономика. 2018. Т. 13. № 1. С. 19-35.
3. Распоряжение Правительства РФ от 15 декабря 2023 г. № 3664-р о стратегическом направлении в области цифровой трансформации отрасли экологии и природопользования, относящейся к сфере деятельности Министерства природных ресурсов и экологии РФ. URL: <https://www.garant.ru/products/ipo/prime/doc/408171423/?ysclid=m2vhqfbwas188021382>.
4. Василенко Н. В. Особенности формирования экологической составляющей потребительских предпочтений в цифровой среде / Н. В. Василенко // Научно-технические ведомости СПбГПУ. Экономические науки. 2019. Т. 12, № 5. С. 23–32. <https://doi.org/10.18721/JE.12502>.
5. Корунова В. О. Экологические практики в контексте цифровых трансформаций: достижения, проблемы и перспективы развития (на примере г. Казани) / В. О. Корунова, П. О. Ермолаева // Евразия и глобальные социально-экономические изменения: VII Международный конгресс социологов тюркского мира, Казань, 12–13 марта 2020 г.: сборник научных трудов. Казань: Казанский (Приволжский) федеральный университет, 2020. С. 253–259.
6. Анахов С. В. Цифровые технологии в экологической практике / С. В. Анахов // Экологическая безопасность в техносферном пространстве: сб. матер. Пятой Междунар. науч.-практ. конференции преподавателей, молодых ученых и студентов, Екатеринбург, 20 мая 2022 года. – Екатеринбург: Российский государственный профессионально-педагогический университет, 2022. – С. 22-31. – EDN BF7OAU.

### References

1. Federal Law of 10.01.2002 No. 7-FZ (ed. t 27.12.2019) “On Environmental Protection”. Article 28.1. Best available technologies. URL: consultant.ru.
2. Popov, E.V. Comparative analysis of strategic aspects of the digital economy development / E.V. Popov, K.A. Semyachkov // Vestnik of Perm University. Series: Economics. 2018. Vol. 13. № 1. P. 19-35.
3. Order of the Government of the Russian Federation dated December 15, 2023, No. 3664-r on the strategic direction in the field of digital transformation of the industry of ecology and

- nature management, related to the sphere of activity of the Ministry of Natural Resources and Ecology of the Russian Federation. URL: <https://www.garant.ru/products/ipo/prime/doc/408171423/?ysclid=m2vhqfbwas188021382>.
4. Vasilenko N. V. Features of the formation of the environmental component of consumer preferences in the digital environment / N.V. Vasilenko // Scientific and Technical Vedomosti SPbSPU. Economic Sciences. 2019. Vol. 12, № 5. P. 23-32. <https://doi.org/10.18721/JE.12502>.
  5. Korunova V. O. Ecological practices in the context of digital transformation: achievements, problems and prospects of development (on the example of Kazan) / V. O. Korunova, P. O. Ermolaeva // Eurasia and global socio-economic changes: VII International Congress of Sociologists of the Turkic World, Kazan, March 12-13, 2020: collection of scientific papers. Kazan: Kazan (Volga Region) Federal University, 2020. P. 253-259.
  6. Anakhov S. V. Digital technologies in environmental practice / S. V. Anakhov // Environmental safety in technosphere space: proceedings of the Fifth International Scientific and Practical Conference of teachers, young scientists and students, Yekaterinburg, May 20, 2022. - Yekaterinburg: Russian State Professional and Pedagogical University, 2022. - P. 22-31. - EDN BFTOAU.

ПРЕИМУЩЕСТВА ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ГЕОИНФОРМАЦИОННЫХ СИСТЕМ (ГИС)  
В КОНТЕКСТЕ ОЦЕНКИ И УПРАВЛЕНИЯ АГРОЛЕСОПОЛОСАМИ

*Нацентовна Елизавета Андреевна*

*аспирант ФГБОУ ВО «Воронежский государственный лесотехнический университет имени Г.Ф. Морозова», г. Воронеж, РФ*

*E-mail: enatsentova@bk.ru*

BENEFITS OF USING GEOGRAPHIC INFORMATION SYSTEMS (GIS)  
IN THE CONTEXT OF AGROFORESTRY ASSESSMENT AND MANAGEMENT

*Natsentova Elizaveta Andreevna*

*postgraduate student, Voronezh State University of Forestry and Technologies named after G.F. Morozov, Voronezh, Russia*

*E-mail: enatsentova@bk.ru*

**Аннотация.** В статье анализируются преимущества использования геоинформационных систем (ГИС) в контексте оценки и управления агролесополосами, которые играют ключевую роль в устойчивом развитии сельского хозяйства. ГИС-технологии значительно упрощают процесс сбора и анализа пространственных данных, что помогает в проведении инвентаризации и мониторинга состояния агролесополос, а также в моделировании их влияния на окружающую среду. Особый акцент сделан на применении ГИС для объединения данных о почвенном покрытии, климатических условиях и водных ресурсах, что способствует комплексному подходу к планированию и управлению. Примеры успешного внедрения технологий в различных регионах демонстрируют их потенциал в увеличении биоразнообразия, снижении эрозии почвы и повышении урожайности. В заключение подчеркивается необходимость дальнейшего развития ГИС-технологий и подготовки специалистов для оптимального использования агролесополос в рамках устойчивого развития.

**Abstract.** This article discusses the benefits of using geographic information systems (GIS) for the assessment and management of agroforestry belts, which play an important role in sustainable agriculture. GIS technologies allow efficient collection and analysis of spatial data, which facilitates inventory and monitoring of agroforestry belts, as well as modeling of their environmental impact. Particular attention is paid to the use of GIS to integrate soil, climate and water data, providing an integrated approach to planning and management. Examples of successful implementation of the technologies in different regions demonstrate their potential to increase biodiversity, reduce soil erosion and increase crop yields. In conclusion, the need for further development of GIS technologies and training for optimal use of agroforestry belts within the framework of sustainable development is emphasized.

**Ключевые слова:** агролесоводство, агрополосы, ГИС-технологии

**Keywords:** agroforestry, agroforestry belts, GIS technologies

**Введение**

Агролесоводство играет незаменимую роль в обеспечении продовольственной безопасности и средств к существованию, а также в борьбе с пагубными последствиями изменения климата. Однако агролесоводство не получило должного распространения и не

используется должным образом из-за отсутствия точных данных о масштабах, географическом распределении и оценке поглощения углерода.

Появление в последнее время геопространственных технологий, а также бесплатная доступность пространственных данных и программного обеспечения могут дать новое представление об оценке ресурсов агrolесоводства, принятии решений и разработке политики, несмотря на небольшую площадь агrolесоводства, его изолированность и более высокую структурную и функциональную сложность.

Картографирование и инвентаризация ресурсов играют важную роль в управлении природными ресурсами, и в настоящее время спрос на актуальную геопространственную информацию для исследований, управления и принятия решений в режиме, близком к реальному времени, растёт в геометрической прогрессии, в первую очередь благодаря бесплатной доступности спутниковых данных, а также развитию геопространственных технологий [1-3]. В сфере Агролесоводства геопространственные технологии также являются необходимостью и обладают большим потенциалом для получения новых знаний и возможностей [4,5]. Первоначальное применение ГИС в агrolесоводстве включало создание тематических карт, на которых подробно описывался тип, характеристики, в том числе распределение и плотность видов, а также изменения в структуре землепользования на любом ландшафтном уровне в зависимости от местоположения, высоты над уровнем моря и рельефа.

Точная и объективная оценка масштабов, географического распределения и характеристик агrolесоводства имеет решающее значение [11] для разработки в будущем стратегий поддержки, планирования [6], стратегий управления [7], а также максимальное увеличение вклада агrolесоводства в достижение целей страны в области изменения климата или предполагаемых вкладов, определяемых на национальном уровне в рамках РКИК ООН [10]. Одновременно степень агrolесоводства также даёт возможность идентифицировать изменчивость урожайности сельскохозяйственных культур [7,8]. Преимущества использования ГИС в оценке агrolесополос.

#### 1. Сбор и анализ пространственных данных:

ГИС позволяет собирать и анализировать данные о расположении агrolесополос и их характеристиках. Благодаря спутниковым снимкам и беспилотным летательным аппаратам (БПЛА), можно создавать высокоточные карты ландшафта, отслеживать изменения во времени и выявлять проблемные зоны.

#### 2. Инвентаризация и мониторинг состояния:

С помощью ГИС можно проводить инвентаризацию агrolесополос, отслеживать их состояние, определять виды распространённых деревьев и кустарников, а также анализировать их плотность и здоровье. Это помогает оценить влияние агrolесополос на экосистему и сельское хозяйство.

#### 3. Моделирование воздействия и планирование:

ГИС-технологии позволяют моделировать различные сценарии воздействия агrolесополос на окружающую среду. Это включает моделирование потока ветра, распределение осадков и оценку их влияния на урожайность сельскохозяйственных культур. Таким образом, можно разрабатывать стратегии оптимального размещения и управления агrolесополосами для достижения максимальной экологической и экономической эффективности.

#### 4. Интеграция с другими данными:

ГИС позволяет интегрировать данные о почвенных и климатических условиях, водных ресурсах и других факторах, влияющих на эффективность агrolесополос. Это обеспечивает комплексный подход к оценке и управлению агrolесополосами.

#### Примеры успешного применения

В различных странах мира ГИС-технологии активно применяются в реализации проектов агrolесоводства. Например, в Китае масштабное использование ГИС позволило получить данные о деградации земель и разработать программы по восстановлению

агроресополос. В Европе проект по интеграции ГИС в сельское хозяйство показал значительное улучшение управления земельными ресурсами и снижению негативных воздействий на окружающую среду.

#### Заключение

ГИС-технологии становятся ключевым инструментом в оценке и управлении агроресополосами. Они облегчают сбор и анализ данных, способствуют более точному планированию и помогают в принятии обоснованных решений по устойчивому развитию сельского хозяйства и охране окружающей среды. В дальнейшем популяризация этих технологий и обучение специалистов будут способствовать более эффективному использованию агроресополос и достижению их экологического потенциала.

Появление современных технологий, таких как аналитика данных и модели машинного обучения, может значительно изменить наш подход к агроресным системам в будущем. Эти технологии обеспечивают более точный структурный и функциональный анализ агроресных систем, включая оценку потенциала углеродного поглощения. Необходимо создать систему для определения площади агроресных систем, структуры крон, оценки биомассы, изучения биогеохимических циклов и моделирования климата, чтобы картировать потенциал углеродного поглощения на уровне всей страны. Подобно национальной инвентаризации лесных ресурсов, проводимой каждые два года, регулирующим органам необходимо иметь полное представление о ресурсах агроресных систем для разработки поддерживающих политик. На местном уровне мониторинг агроресных систем с высоким временным разрешением с помощью полярных спутников, которые собирают мультиспектральные данные в видимом и ближнем инфракрасном диапазонах, может помочь в управлении постоянным покровом. Кроме того, для более точной характеристики агроресных систем требуется интеграция детальной информации о параметрах сельскохозяйственных культур и деревьев, таких как фенология, помимо использования параметрического и непараметрического анализа изображений.

#### Список литературы

1. Влияние современных технологий на эффективность систем поддержки принятия решений / И. И. Василенко, А. Л. Золкин, Т. Г. Гарбузова, Л. Б. Атаева // Экономика и предпринимательство. – 2023. – № 10(159). – С. 1366-1371. – DOI 10.34925/EIP.2023.159.10.280. – EDN VQAMKC.
2. Геоинформационные технологии компьютерного проектирования общественных мест городских территорий: проблемы и опыт (на примере г. Саранска) / И. А. Семина, О. Е. Малахова, С. А. Тесленок, Н. В. Яковенко. // Геоинформатика. – 2023. – № 4. – С. 15-28. 10.47148/1609-364X-2023-4-15-28.
3. Гарбузова, Т. Г. Возможности цифровизации комплексной экологической оценки для обеспечения экологической биобезопасности / Т. Г. Гарбузова // Экология и здоровье человека: Матер. III Всерос. науч.-практ. конференции с междунар. участием, памяти профессора Ю.Д. Жилова, Москва, 28 февраля – 01 марта 2022 года / отв. ред. Ю.П. Молоканова. – Москва: Московский государственный областной университет, 2022. – С. 116-118. – EDN SVZSTC.
4. Яковенко, Н. В. ГИС-технологии как эффективный инструмент исследования водно-озерных объектов / Н. В. Яковенко, Д. С. Марков, Е. П. Туркина // Современные проблемы науки и образования. – 2014. – № 5. – С. 617. – EDN SZVRVH.
5. Ahmad T., Sahoo P. M., Jally S. K. (2016) Estimation of area under agroforestry using high resolution satellite data. *Agrofor Syst* 90: 289–303. <https://doi.org/10.1007/s10457-015-9854-2>.
6. Den Herder M., Moreno G., Mosquera-Losada R. M., Palma J. H., Sidiropoulou A., Freijanes J. J. S., Papanastasis V. P. (2017) Current extent and stratification of agroforestry

- in the European Union. *Agric Ecosyst Environ* 241: 121–132. <https://doi.org/10.1016/j.agee.2017.03.005>.
7. Leroux L., Falconnier G. N., Diouf A. A., Ndao B., Gbodjo J. E., Tall L., Roupsard O. (2020) Using remote sensing to assess the effect of trees on millet yield in complex parklands of Central Senegal. *Agric Syst* 184:102918. <https://doi.org/10.1016/j.agry.2020.102918>.
  8. Li Y., Li M., Li C., Liu Z. (2020) Forest aboveground biomass estimation using Landsat 8 and Sentinel-1A data with machine learning algorithms. *Sci Rep* 10: 1–12. <https://doi.org/10.1038/s41598-020-67024-3>.
  9. Ndao B., Leroux L., Diouf A. A., Soti V., Sambou B. (2019) A remote sensing based approach for optimizing sampling strategies in tree monitoring and agroforestry systems mapping. In: Dupraz C., Gosm M., Lawson G. (eds) *Proceedings of 4th World Congress on Agroforestry*, Montpellier, France, 19–22 May 2019, pp. 563.
  10. Sharma P., Bhardwaj D. R., Singh M. K. et al. Geospatial technology in agroforestry: status, prospects, and constraints. *Environ Sci Pollut Res* **30**, 116459–116487 (2023). <https://doi.org/10.1007/s11356-022-20305-y>.
  11. Zomer R. J., Trabucco A., Coe R., Place F. (2009) Trees on farm: analysis of global extent and geographical patterns of agroforestry. ICRAF Working Paper–World Agroforestry Centre.

## References

1. Influence of modern technologies on the effectiveness of decision support systems / I. I. Vasilenko, A. L. Zolkin, T. G. Garbuzova, L. B. Ataeva // *Economics and Entrepreneurship*. - 2023. - № 10(159). - P. 1366-1371. - DOI 10.34925/EIP.2023.159.10.280. - EDN VQAMKC.
2. Semina, I. A. Geoinformation technologies of computer-aided design of public spaces of urban territories: problems and experience (on the example of Saransk) / I. A. Semina, O. E. Malakhova, S. A. Teslenok, N. V. Yakovenko // *Geoinformatics*. - 2023. - № 4. - P. 15-28. 10.47148/1609-364X-2023-4-15-28.
3. Garbuzova, T. G. Possibilities of digitalization of complex environmental assessment to ensure environmental biosafety / T. G. Garbuzova // *Ecology and human health: Proceedings of the III All-Russian Scientific and Practical Conference with international participation, in memory of Professor Y.D. Zhilov, Moscow, February 28 – March 01, 2022 / Editor-in-Chief Y.P. Molokanova*. - Moscow: Moscow State Regional University, 2022. - P. 116-118. - EDN SVZSTC.
4. GIS-technologies as an effective tool for the study of water-lake objects / N.V. Yakovenko, D.S. Markov, E.P. Turkina // *Modern problems of science and education*. - 2014. - № 5. - P. 617. - EDN SZVRVH.
5. Ahmad T., Sahoo P. M., Jally S. K. (2016) Estimation of area under agroforestry using high resolution satellite data. *Agrofor Syst* 90: 289–303. <https://doi.org/10.1007/s10457-015-9854-2>.
6. Den Herder M., Moreno G., Mosquera-Losada R. M., Palma J. H., Sidiropoulou A., Freijanes J. J. S., Papanastasis V. P. (2017) Current extent and stratification of agroforestry in the European Union. *Agric Ecosyst Environ* 241: 121–132. <https://doi.org/10.1016/j.agee.2017.03.005>.
7. Leroux L., Falconnier G. N., Diouf A. A., Ndao B., Gbodjo J. E., Tall L., Roupsard O. (2020) Using remote sensing to assess the effect of trees on millet yield in complex parklands of Central Senegal. *Agric Syst* 184:102918. <https://doi.org/10.1016/j.agry.2020.102918>.
8. Li Y., Li M., Li C., Liu Z. (2020) Forest aboveground biomass estimation using Landsat 8 and Sentinel-1A data with machine learning algorithms. *Sci Rep* 10: 1–12. <https://doi.org/10.1038/s41598-020-67024-3>.

9. Ndao B., Leroux L., Diouf A. A., Soti V., Sambou B. (2019) A remote sensing based approach for optimizing sampling strategies in tree monitoring and agroforestry systems mapping. In: Dupraz C., Gosm M., Lawson G. (eds) Proceedings of 4th World Congress on Agroforestry, Montpellier, France, 19–22 May 2019, pp. 563.
10. Sharma P., Bhardwaj D. R., Singh M. K. et al. Geospatial technology in agroforestry: status, prospects, and constraints. *Environ Sci Pollut Res* **30**, 116459–116487 (2023). <https://doi.org/10.1007/s11356-022-20305-y>.
11. Zomer R. J., Trabucco A., Coe R., Place F. (2009) Trees on farm: analysis of global extent and geographical patterns of agroforestry. ICRAF Working Paper–World Agroforestry Centre.

## ЭФФЕКТИВНОЕ УПРАВЛЕНИЕ РАСТИТЕЛЬНОСТЬЮ ВДОЛЬ ЛИНИЙ ЭЛЕКТРОПЕРЕДАЧ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ТЕХНОЛОГИЙ ДИСТАНЦИОННОГО ЗОНДИРОВАНИЯ

**Рыжов Ярослав Андреевич**

аспирант ФГБОУ ВО «Воронежский государственный лесотехнический  
университет имени Г.Ф. Морозова», г. Воронеж, РФ

E-mail: irosmagelav@mail.ru

## EFFECTIVE MANAGEMENT OF VEGETATION ALONG POWER LINES USING REMOTE SENSING TECHNOLOGIES

**Ryzhov Yaroslav Andreevich**

Post-graduate student, Voronezh State University of Forestry and Technologies named  
after G.F. Morozov, Voronezh, Russia

E-mail: irosmagelav@mail.ru

**Аннотация.** Управление растительностью вблизи линий электропередачи имеет решающее значение для обеспечения безопасности и эффективности систем электропередачи. Неконтролируемый рост растительности может привести к перебоям в подаче электроэнергии, повышению пожароопасности и необходимости дорогостоящего технического обслуживания. Традиционные наземные методы мониторинга, хотя и являются эффективными, зачастую трудоемки и отнимают много времени. В данном исследовании оценивается жизнеспособность передовых технологий дистанционного зондирования - LiDAR, мультиспектральной и гиперспектральной съемки - как более эффективных альтернатив.

**Abstract.** Vegetation management in the vicinity of power lines is critical to the safety and efficiency of power transmission systems. Uncontrolled vegetation growth can lead to power outages, increased fire hazards and the need for costly maintenance. Traditional ground-based monitoring methods, while effective, are often labour-intensive and time-consuming. This study assesses the viability of advanced remote sensing technologies - LiDAR, multispectral and hyperspectral imagery - as more effective alternatives.

**Ключевые слова** LiDAR, мультиспектральная съемка, гиперспектральная съемка, управление растительностью, безопасность ЛЭП, экологический мониторинг, линии электропередач, дистанционное зондирование, лесные технологии

**Keywords:** LiDAR, multispectral imaging, hyperspectral imaging, vegetation management, power line safety, environmental monitoring, power lines, remote sensing, forest technology

Управление растительностью вблизи линий электропередач является критически важным компонентом поддержания безопасности и эффективности систем электропередач. Неконтролируемый рост растительности может привести к перебоям в подаче электроэнергии, увеличить риск возникновения пожара и потребовать дорогостоящего технического обслуживания. Традиционные наземные методы мониторинга растительности хотя и эффективны, но зачастую трудоемки и отнимают много времени. Применение системного подхода к управлению лесной растительностью может существенно повысить качество и эффективность удаления нежелательной

растительности, а также улучшить планирование содержания территорий с применением интегрированных методов управления растительностью [4]. В качестве мощного решения появилось применение технологий дистанционного зондирования, таких как LiDAR, мультиспектральная и гиперспектральная съемка, позволяющих быстро оценивать состояние растительности и управлять ею на обширных и зачастую труднодоступных территориях.

LiDAR (Light Detection and Ranging) предоставляет точную трехмерную информацию о физической структуре растительности, позволяя детально отображать высоту деревьев, слои полога и биомассу. Эта технология особенно эффективна при выявлении зарослей, представляющих опасность для линий электропередач, благодаря своей способности проникать сквозь полог и предоставлять точные топографические данные.

Мультиспектральная съемка позволяет получать данные с определенными длинами волн в электромагнитном спектре, включая видимый и инфракрасный свет. Этот метод неоптимален для мониторинга состояния и плотности растительности, поскольку он позволяет обнаружить изменения в состоянии растений еще до того, как они станут заметны невооруженным глазом. Анализируя изменения в содержании хлорофилла, мультиспектральные датчики могут выделить зоны плотного роста растительности или стресса, что очень важно для принятия упреждающих мер.

Гиперспектральная съемка расширяет эти возможности за счет сбора данных в более широком диапазоне длин волн, обеспечивая более подробный спектр для каждого пикселя изображения. Такая детализация позволяет глубже анализировать химические свойства растительности, такие как содержание влаги и концентрация пигментов, обеспечивая комплексную оценку состояния и жизнеспособности растительности.

Интеграция технологий дистанционного зондирования в практику управления растительностью вдоль линий электропередач представляет собой значительное достижение в данной области. Сравнивая эти технологии, исследование стремится определить их относительные достоинства и ограничения и выработать тонкое понимание того, как их можно сочетать для оптимизации стратегий управления растительностью в коридорах ЛЭП. Учет комплексных и многоуровневых воздействий стресса на экосистемы лесов и использование многослойных и многоплатформенных подходов, включающих технологии дистанционного зондирования, является критически важным для точного и эффективного мониторинга и управления состоянием лесных экосистем [7].

Как показывает исследование Mongus и др. (2022), демонстрируют значительный прогресс в управлении растительностью благодаря внедрению системы экологической разведки, использующей данные LiDAR, что позволяет значительно улучшить прогнозирование роста растительности и оценку рисков. В их работе представлена полная система, объединяющая продукты данных LiDAR с дополнительными тематическими картами и административными данными, что позволяет более точно оценивать состояние растительности и прогнозировать возможные угрозы для линий электропередач [1].

Хотя LiDAR отлично подходит для структурного картирования, он не дает информации о спектральных свойствах растительности, необходимых для оценки состояния растений. В то же время мультиспектральная съемка обеспечивает эти данные, что делает ее более полезной для комплексной оценки растительности. Исследование Демидова (2021) подчеркивает важность алгоритмов предполетной ориентации БПЛА, что повышает точность данных и эффективность мониторинга, особенно при использовании мультиспектральной съемки [6].

Мультиспектральная съемка очень эффективна для мониторинга состояния растительности на больших территориях. Исследования показывают, что мультиспектральная съемка позволяет обнаружить физиологические изменения в растениях, такие как колебания уровня хлорофилла, которые свидетельствуют о стрессе или болезни еще до того, как проявятся физические симптомы. При управлении

растительностью на линиях электропередачи мультиспектральные изображения можно использовать для планирования работ по техническому обслуживанию, выявляя участки, где растительность захватывает линии электропередачи или где она может вскоре представлять опасность [2; 8].

Разрешение мультиспектральных изображений обычно ниже, чем у LiDAR, что делает их менее эффективными для детального картирования мелкомасштабных объектов. Кроме того, для оптимального сбора данных мультиспектральная съемка требует ясных погодных условий, что может быть затруднительно в облачных или дождливых регионах.

Гиперспектральная съемка обеспечивает наиболее подробную спектральную информацию, захватывая сотни узких полос электромагнитного спектра. Такая глубина данных позволяет проводить тонкий анализ химических свойств растительности, что дает возможность идентифицировать конкретные виды, выявлять заболевания и с высокой точностью оценивать общее состояние растительности. Основная проблема гиперспектральной съемки заключается в огромном объеме генерируемых данных, что требует широких возможностей обработки и анализа. Кроме того, как и в случае с мультиспектральной съемкой, ее эффективность снижается при плохих погодных условиях, и, как правило, она требует более сложного оборудования и опыта [3].

Учитывая взаимодополняющие достоинства и недостатки LiDAR, мультиспектральных и гиперспектральных технологий, комплексный подход часто дает наилучшие результаты. Например, объединение структурных данных LiDAR со спектральными данными многоспектральной или гиперспектральной съемки позволяет получить всеобъемлющий обзор как физических, так и медицинских аспектов растительности. Исследование Новикова и др. (2022) показывает, что применение UAV для создания защитных лесных насаждений на неэффективных участках может существенно ускорить процессы восстановления леса и повысить экологическую безопасность [5]. Это подчеркивает возможности LiDAR, мультиспектральной и гиперспектральной съемки не только для картирования, но и для более точного мониторинга и управления растительностью.

Анализ технологий дистанционного зондирования таких как LiDAR, мультиспектральной и гиперспектральной съемки показывает, что каждая из них обладает уникальными преимуществами в управлении растительностью вблизи линий электропередачи. Однако, учитывая экономическую эффективность, простоту получения данных и широкие возможности применения, мультиспектральная съемка оказывается наиболее выгодной для рутинного управления растительностью.

Мультиспектральная съемка обеспечивает экономически эффективное решение по сравнению с LiDAR и гиперспектральными технологиями. Используя данные, полученные со спутника, энергетические компании могут контролировать обширные участки линий электропередачи без значительных инвестиций в наземное или воздушное оборудование. Способность быстро получать данные на обширных территориях делает мультиспектральную съемку особенно подходящей для обширных сетей линий электропередачи. Применение мультиспектральной съемки позволяет также использовать методы обработки изображений, такие как SIFT дескрипторы, что улучшает точность и надежность анализа данных [9].

Мультиспектральная съемка является прагматичным выбором, стремящимся повысить безопасность и надежность передачи электроэнергии, одновременно контролируя эксплуатационные расходы. Его способность предоставлять критически важные сведения о состоянии растительности на больших территориях, экономическая эффективность и совместимость со спутниковыми технологиями делают его незаменимым инструментом в современной практике управления растительностью вдоль линий электропередачи. Применение этих технологий позволяет значительно повысить эффективность управления нежелательной растительностью, что особенно важно для поддержания инфраструктурных объектов в надлежащем состоянии [10].

## Список литературы

1. Mongus D. et al. A Complete Environmental Intelligence System for LiDAR-Based Vegetation Management in Power-Line Corridors // *Remote Sensing*. – 2021. – Т. 13. – №. 24. – С. 5159.
2. Candiago S. et al. Evaluating multispectral images and vegetation indices for precision farming applications from UAV images // *Remote sensing*. – 2015. – Т. 7. – №. 4. – С. 4026-4047.
3. López-Granados F. et al. Monitoring vineyard canopy management operations using UAV-acquired photogrammetric point clouds // *Remote Sensing*. – 2020. – Т. 12. – №. 14. – С. 2331.
4. Платонов А. А. Комплексное управление лесной растительностью: этапы и перспективы развития // *Лесотехнический журнал*. – 2023. – Т. 13. – №. 2 (50). – С. 142.
5. Новиков А.И и др. Фронтальный метод создания защитных лесных насаждений вокруг питомников на неэффективных участках: технологические основы // *Лесотехнический журнал*. – 2022. – Т. 12. – №. 2. – С. 115-125.
6. Ecke S. et al. UAV-based forest health monitoring: A systematic review // *Remote Sensing*. – 2022. – Т. 14. – №. 13. – С. 3205.
7. Демидов Д. Н. Исследование алгоритма оценки параметров предполетной ориентации средств управления беспилотного летательного аппарата при мониторинге молодых лесных насаждений // *Лесотехнический журнал*. – 2021. – Т. 11. – №. 4 (44). – С. 100-111.
8. Lausch A. et al. Understanding forest health with remote sensing, part III: requirements for a scalable multi-source forest health monitoring network based on data science approaches // *Remote sensing*. – 2018. – Т. 10. – №. 7. – С. 1120.
9. Awad M. M. Forest mapping: a comparison between hyperspectral and multispectral images and technologies // *Journal of Forestry Research*. – 2018. – Т. 29. – №. 5. – С. 1395-1405.
10. Jurado J. M. et al. Remote sensing image fusion on 3D scenarios: A review of applications for agriculture and forestry // *International journal of applied earth observation and geoinformation*. – 2022. – Т. 112. – С. 102856.
11. Платонов А. А., Терновская О. В. Особенности формирования капитальных вложений для создания систем машин удаления нежелательной растительности // *Лесотехнический журнал*. – 2020. – Т. 10. – № 3 (39). – С. 164-174.

## References

1. Mongus D. et al. A Complete Environmental Intelligence System for LiDAR-Based Vegetation Management in Power-Line Corridors // *Remote Sensing*. – 2021. – Vol. 13. – №. 24. – P. 5159.
2. Candiago S. et al. Evaluating multispectral images and vegetation indices for precision farming applications from UAV images // *Remote sensing*. – 2015. – Vol. 7. – №. 4. – P. 4026-4047.
3. López-Granados F. et al. Monitoring vineyard canopy management operations using UAV-acquired photogrammetric point clouds // *Remote Sensing*. – 2020. – Vol. 12. – № 14. – P. 2331.
4. Platonov A. A. Integrated forest vegetation management: stages and prospects of development // *Forest Engineering Journal*. - 2023. - Vol. 13. - № 2 (50). – P. 142.

5. Novikov A.I. et al. Frontier method of creating protective forest plantations around nurseries on inefficient sites: technological foundations // *Forest Engineering Journal*. - 2022. - Vol. 12. - №. 2. - P. 115-125.
6. Ecke S. et al. UAV-based forest health monitoring: A systematic review // *Remote Sensing*. - 2022. - Vol. 14. - №. 13. - P. 3205.
7. Demidov, D. N. Research of the algorithm for estimating the preflight orientation parameters of the unmanned aerial vehicle controls during the monitoring of young forest plantations // *Forest Engineering Journal*. - 2021. - Vol. 11. - №. 4 (44). - P. 100-111.
8. Lausch A. et al. Understanding forest health with remote sensing, part III: requirements for a scalable multi-source forest health monitoring network based on data science approaches // *Remote sensing*. - 2018. - Vol. 10. - № 7. - P. 1120.
9. Awad M. M. Forest mapping: a comparison between hyperspectral and multispectral images and technologies // *Journal of Forestry Research*. - 2018. - Vol. 29. - № 5. - P. 1395-1405.
10. Jurado J. M. et al. Remote sensing image fusion on 3D scenarios: A review of applications for agriculture and forestry // *International journal of applied earth observation and geoinformation*. - 2022. - Vol. 112. - P. 102856.
11. Platonov A. A., Ternovskaya O. V. Features of capital investment formation for the creation of machine systems for removing unwanted vegetation // *Forest Engineering Journal*. - 2020. - Vol. 10. - №. 3 (39). - P. 164-174.

АДАПТАЦИЯ ЛЕСНОГО ХОЗЯЙСТВА К ИЗМЕНЕНИЮ КЛИМАТА:  
ПРИРОДООРИЕНТИРОВАННЫЕ РЕШЕНИЯ И ЦИФРОВИЗАЦИЯ.  
FORESTRY – 2024

Материалы Международного лесного форума

Молодежная секция

Воронеж, 31 октября - 1 ноября 2024 г.

Ответственный редактор Н.В. Яковенко

Материалы издаются в авторской редакции

Подписано к изданию 19.12.2024. Объем данных 18,6 Мб  
ФГБОУ ВО «Воронежский государственный лесотехнический университет  
имени Г.Ф. Морозова»  
394087, г. Воронеж, ул. Тимирязева, 8