

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

ТЕХНОЛОГИИ В БИОЭКОНОМИКЕ:  
ИННОВАЦИИ И ВЫЗОВЫ В XXI ВЕКЕ

Материалы Международного форума  
Воронеж, 28-30 мая 2025 г.

Воронеж 2025

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

TECHNOLOGIES IN BIOECONOMICS:  
INNOVATIONS AND CHALLENGES IN THE 21ST CENTURY

Materials of the International Forum  
Voronezh, May 28-30, 2025

Voronezh 2025

УДК 338.22;674

Т38

**Т38 Технологии в биоэкономике: инновации и вызовы в XXI веке : материалы Международного форума, Воронеж, 28-30 мая 2025 г. / отв. ред. Т. Л. Ищенко ; М-во науки и высшего образования РФ, ФГБОУ ВО «ВГЛТУ». – Воронеж, 2025. – 477 с. – URL: <https://vgltu.ru/nauka/konferencii/2025/mezhdunarodnogo-forum-tehnologii-v-bioekonomike-innovacii-i-vyzovy-v-xxi-veke/>. – Текст : электронный.**

ISBN 978-5-7994-1194-7

Оригинальные статьи включают новые подходы в развитии EGS-повестки на региональном уровне, состояние зеленых отраслей экономики, передовые разработки и технологии устойчивого природопользования, современные технологии и решения в области управления отходами, принципы использования БАС в лесном хозяйстве.

Материалы предназначены для научных работников, аспирантов и студентов.

УДК 338.22;674

ISBN 978-5-7994-1194-7

© ФГБОУ ВО «ВГЛТУ», 2025

## Содержание

<b>Апанасевич К.Н., Кантиева Е.В., Пономаренко Л.В.</b> Изменение свойств карбамидоформальдегидных смол при хранении	8
<b>Баранова П.Е., Ходосова Н.А., Томина Е.В., Мануковская В.Е.</b> Анализ сорбционной способности биоуглей различной природы	12
<b>Безрукова Т.Л., Сааков В.А.</b> Блокчейн-технологии и их экологический след: проблемы и решения	19
<b>Безрукова Т.Л., Смагин В.Д.</b> Экологические риски в пространственном развитии: как минимизировать воздействие на природу	24
<b>Булатова М.А., Кантиева Е.В., Пономаренко Л.В.</b> Биодизайн в производстве мебели	32
<b>Бутко Г.П., Меньшикова М.А.</b> Перспективы инновационного развития ЛПК в условиях новой конкуренции	45
<b>Волошина О.В.</b> Направления стратегического развития рекреационных зон Донбасса: от восстановления к устойчивому росту	51
<b>Гудкова Н.А., Томина Е.В.</b> Инновационные подходы к увеличению почвенного углеродного запаса: стратегии применения органических добавок	57
<b>Деркачев П.А., Кантиева Е.В., Пономаренко Л.В.</b> Аддитивные технологии в производстве изделий из древесины	62
<b>Драпалюк М.В., Коротких В.Н., Платонов А.А.</b> Структура рабочего времени корчевания нежелательной растительности	69
<b>Драпалюк М.В., Платонов А.А.</b> Методы борьбы с нежелательной растительностью: достоинства, недостатки, классификация	76
<b>Евлаков П.М., Рыжкова В.С., Жужукин К.В.</b> Сезонная продуктивность фотосинтеза у древесных пород рода <i>Betula</i> , <i>Populus</i> , <i>Pinus</i> в условиях лесостепной зоны европейской части России	83
<b>Галактионов О.Н., Елхова М.А.</b> Перспективы получения углеродных единиц при проведении рубок ухода	89
<b>Жужукин К.В., Евлаков П.М.</b> Применение пакета <i>photosynthesis</i> для моделирования процессов фотосинтеза растений в программной среде R	94
<b>Зиновьева И.С., Мосур А.Е.</b> Углеродные рынки и их влияние на финансовую стабильность	100

<b>Зиновьева И.С., Спасских Д.В.</b> Проблемы перехода РФ к устойчивому развитию и «зеленой» экономике	107
<b>Ищенко Т.Л., Грачев Д.С., Ефимова Т.В.</b> Мебельные интерьеры современного мира: искусство объединения стиля, инноваций и комфорта	113
<b>Ищенко Т.Л., Грачев Д.С., Ефимова Т.В.</b> Состояние рынка производства древесно-стружечных плит в России	117
<b>Карташова Н.П., Штепа Е.Н., Карташов Е.К.</b> Ландшафтная организация территорий лечебных учреждений	121
<b>Квасов О.Н.</b> «Для нас шумят его дубравы»	131
<b>Кишкань П.В., Мещерякова А.А.</b> Особенности внедрения технологии PLM в лесопромышленном комплексе	136
<b>Ковун Д.А., Стариков А.В.</b> Автоматизация экологического мониторинга промышленных зон в крупных населённых пунктах	144
<b>Колесниченко Е.А., Топчеев А.Н.</b> Тенденции низкоуглеродного развития территорий Центральной лесостепи Европейской части Центральной России	150
<b>Корчагина А.Ю., Зиненко Е.В., Белоконь В.В.</b> Применение органических удобрений в лесном хозяйстве: экологические и экономические аспекты	159
<b>Курысь Д.А., Стородубцева Т.Н., Афоничев Д.Н., Ишутин С.С.</b> Технологии утилизации биоразлагаемой упаковки	164
<b>Косарева И.Р., Стородубцева Т.Н., Шакирова О.И.</b> Роль зеленых насаждений в благоустройстве городской территории	169
<b>Кухаренко А.А., Гайдук В.И.</b> Инновационные формы использования послеуборочных остатков как фактор развития сельских территорий Краснодарского края	174
<b>Лавлинская О.В., Жиляева С.В., Шахова В.Д.</b> Создание интерьерных фитоплит из отходов деревообработки	182
<b>Лавлинская О.В., Лавлинская А.М., Кеян Э.Г.</b> Береста в дизайне мебели и в интерьере	189
<b>Лешуков М.А., Платонов А.Д., Снегирева С.Н.</b> Влияние климатических условий на продолжительность атмосферной сушки	194
<b>Манурин А.В.</b> Пиролиз сельскохозяйственных отходов: обзор процесса и его применения	200

<b>Манурин А.В.</b> Расчет температурного поля и поля влагосодержания в частице в процессе сушки	205
<b>Марков В.А., Марков А.Н., Шульман Г.З.</b> Восстановление деталей машин, как ресурсосберегающая технология	211
<b>Молчанова О.Н., Новикова Л.А., Томина Е.В., Жужукин К.В.</b> Углеродные сорбенты в процессах очистки сточных вод от токсикантов	219
<b>Морковина С.С., Кузнецов Д.К., Лопатин В.Л.</b> Отходы на землях лесного фонда: потенциал для экономики замкнутого цикла	225
<b>Мохирев А.П., Зырянов М.А.</b> Оценка возможности диверсификации продукции из лесосечных отходов	233
<b>Никулина Н.С., Никулин С.С., Дмитренков А.И., Томина Е.В.</b> Технология получения модифицированной древесины с использованием стиролсодержащих отходов нефтехимии	240
<b>Новиков А.И., Новикова Т.П., Чесноков Ю.В.</b> IoT-управление агротехнологиями: особенности сенсорного уровня системы поддержания жизненного цикла ювенильного растения	247
<b>Писарев А.Е.</b> Европейский опыт агролесоводства	253
<b>Писарева С.В., Писарев А.Е.</b> Расчет эффективности инвестиционных затрат при реализации лесных климатических проектов в регионах Центральной лесостепи Европейской части РФ	259
<b>Погребная Н.В., Литвинова М.А.</b> Влияние климатических рисков на экономическую стабильность зернового хозяйства: кейс-стади юга России	266
<b>Подмолодина И.М., Серебрякова Н.А., Ло Вэйвэй.</b> Механизмы и инструменты реализации экологической политики Китая	271
<b>Поздняков Е.В., Дручинин Д.Ю., Сорокина К.С.</b> Ресурсосберегающие технические решения для удаления пней на вырубках и гарях	280
<b>Пословская В.А., Стородубцева Т.Н., Морковин В.А.</b> Биоразлагаемый пластик в РФ: реальность и перспективы устойчивого развития	285
<b>Прокопенко С.В., Попиков П.И., Платонов А.А.</b> Повышение эффективности рубильных машин при переработке древесины	291
<b>Руснак З.Р., Стородубцева Т.Н., Довгаль В.А.</b> Вторичная жизнь вещей: от переработанных бутылок – к моде и мебели	298
<b>Руссу А.В., Шацких В.А.</b> Экодизайн: создание продуктов и упаковки с минимальным вредом для планеты	304

<b>Савченко С.И., Абрамов В.В., Воронин П.В., Майер Е., Жужукин К.В.</b>	
Современные технологии дистанционного измерения параметров древостоя	309
<b>Семенова Е.В.</b> Освоение человеком восточноевропейской равнины от палеолита до железного века	316
<b>Серебрякова Н.А., Маслов Н.А.</b> Проблемы перехода экономики к устойчивой модели развития	320
<b>Сиваков В.В., Заикин А.Н.</b> Цифровизация лесозаготовительного процесса как фактор повышения эффективности	325
<b>Соколова В.А.</b> Инновационная технология отделки древесины с ультразвуковой модификацией поверхности	331
<b>Соловьева Е.Н., Репников А.С., Зиатдинова Д.Ф.</b> Экстракция биологически активных соединений из облепихи	338
<b>Сотников В.Г., Краснова К.Р., Сафин Р.Г., Ильясов И.Р.</b> Сравнительный анализ пиролиза косточек сливы и других плодовых косточек для получения активированного угля	344
<b>Степанова Ю.Н., Вышлов С.В.</b> Экологическая безопасность как основа устойчивого развития Воронежской области	349
<b>Стородубцева Т.Н., Добрянская В.В., Китаев В.В.</b> Транспорт как каркас территории: влияние транспортной инфраструктуры на пространственную организацию	354
<b>Стородубцева Т.Н., Морковин В.А., Терещенко В.А.</b> Формирование зеленого каркаса территории: интеграции лесов в структуру города	359
<b>Стородубцева Т.Н., Черников Э.А., Тюнин Е.С.</b> Проблемы и решения в реконструкции старых промышленных зон	364
<b>Стородубцева Т.Н., Дровникова М.А., Шакирова О.И.</b> Генерация общественных пространств: роль парков и скверов в городской среде	371
<b>Стородубцева Т.Н., Пономарева К.А., Довгаль В.А.</b> Древесно-полимерные композиты: использование отходов деревообработки для создания прочных и долговечных материалов для мебели и строительства	377
<b>Стородубцева Т.Н., Морковин В.А., Зеленин Н.В., Петров А.Е.</b> Сравнительный анализ прочностных характеристик и углеродного следа композитов из древесных и полимерных отходов	383

<b>Субхонбердиев А.Ш., Шемонаева В.Р., Ходунова И.Н.</b> Караванинг как новый вид отечественного туризма	390
<b>Татаренко И.Р., Сердюкова Н.А.</b> Экономическое обоснование и экологическая значимость производства биодизельного топлива	397
<b>Терешина М.В., Яковлева Е.А.</b> Развитие циркулярной биоэкономики с учетом ценности экосистемных услуг	404
<b>Томенко Д.К.</b> Анализ способов модификации фанеры	409
<b>Фахрутдинов Р.Р., Захарова Е.А., Сафин Р.Г.</b> Сравнительный анализ физико-механических свойств композиционных материалов на основе отходов АПК	414
<b>Фахрутдинова Л.Р., Сафин Р.Г., Зиатдинаева Д.Ф.</b> Комплексная переработка коры берёзы	419
<b>Федосов С.В., Федосеев В.Н., Титунин А.А.</b> Современная тенденция низкоуглеродного развития в среде строительной индустрии	425
<b>Хоменко К.Г., Четверикова И.В., Попикова А.В., Попиков П.И.</b> Повышение эффективности лесного манипулятора с энергосберегающим гироприводом	429
<b>Черных А.С., Рублев И.Ю.</b> Производство композиционных материалов из древесных отходов методом горячего прессования	435
<b>Черных А.С., Рублев И.Ю.</b> Экструзионные технологии производства композиционных материалов из древесных отходов	441
<b>Черных А.С., Опара М.В., Врагов С.А., Рублев И.Ю.</b> Цикличная переработка отходов древесины в производстве биокомпозиционных материалов	448
<b>Чернышов М.П., Михайлова М.И.</b> Отбор и оценка лучших по депонированию углерода экотипов сосны обыкновенной в географических лесных культурах на полигоне «Ступинское поле» Воронежской области	454
<b>Чумак К.А., Яблоков А.А., Титунин А.А.</b> Применение технологии двухэтапного склеивания влажного шпона в условиях НАО «Свеза Кострома»	460
<b>Шогениукова З.Х., Потравный И.М.</b> Анализ подходов к обеспечению низкоуглеродного развития экономики на примере садоводства Кабардино-Балкарской Республики	467

DOI: 10.58168/TBiEc2025\_8-11

УДК 674.817

## ИЗМЕНЕНИЕ СВОЙСТВ КАРБАМИДОФОРМАЛЬДЕГИДНЫХ СМОЛ ПРИ ХРАНЕНИИ

### CHANGES IN THE PROPERTIES OF CARBAMIDE-FORMALDEHYDE RESINS DURING STORAGE

**Апанасеевич К.Н.**, студент группы ТЛК4- Аpanaseevich K.N., student of TLK4-231-OM 231-OM ФГБОУ ВО «Воронежский group Voronezh State University of Forestry and государственный лесотехнический Technologies named after университет имени Г.Ф. Морозова», G.F. Morozov, Voronezh, Russia. Воронеж, Россия.

**Кантиева Е.В.**, к.т.н., доцент ФГБОУ ВО Kantieva E.V., candidate of Technical Sciences, «Воронежский государственный associate professor of the Voronezh State лесотехнический университет имени University of Forestry and Technologies named after G.F. Morozov, Voronezh, Russia. Г.Ф. Морозова», Воронеж, Россия.

**Пономаренко Л.В.**, к.т.н., доцент ФГБОУ ВО Ponomarenko L.V., candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Voronezh State «Воронежский лесотехнический университет University of Forestry and Technologies named имени Г.Ф. Морозова», Воронеж, Россия. after G.F. Morozov, Voronezh, Russia.

**Аннотация:** в данной статье анализируются изменения физико-химических свойств карбамидоформальдегидных смол, происходящие в процессе старения, и их влияние на технологические характеристики.

**Abstract:** this article analyzes the changes in the physico-chemical properties of carbamide-formaldehyde resins that occur during aging and their effect on technological characteristics.

**Ключевые слова:** карбамидоформальдегидная смола, хранение, вязкость, pH, время желатинизации, адгезия, прочность.

**Keywords:** carbamide-formaldehyde, storage, viscosity, pH, gelatinization time, adhesion, strength.

На сегодняшний день карбамидоформальдегидные смолы (КФС) являются наиболее распространенными и широко используемыми связующими веществами в деревообрабатывающей промышленности благодаря доступности и низкой стоимости исходных компонентов, а также высоким показателям прочности и твердости получаемых материалов [1]. Однако их недостатком является то, что срок жизнеспособности смолы составляет в среднем 2 месяца [2], что существенно ограничивает их применение и создает ряд проблем, связанных с транспортировкой, хранением и переработкой.

Этот факт обусловлен протекающими в процессе хранения реакциями старения, которые приводят к изменению физико-химических свойств смолы и, как следствие, к ухудшению ее технологических характеристик [3]. В связи с этим изучение процессов старения КФС и разработка методов повышения их стабильности являются актуальной научной и практической задачей.

КФС представляют собой продукты поликонденсации карбамида (мочевины) и формальдегида, протекающей в несколько стадий с образованием олигомеров и полимеров различной молекулярной массы и структуры. Свойства КФС зависят от множества факторов, включая мольное соотношение формальдегида и карбамида ( $\Phi:K$ ), рН среды, температуру, продолжительность реакции и наличие катализаторов. Регулируя эти параметры, можно получать смолы с различными характеристиками, адаптированными к конкретным условиям применения [1].

Структура КФС представляет собой сложную трехмерную сетку, образованную метиленовыми и метилольными группами, связывающими молекулы карбамида. Наличие свободного формальдегида и метилольных групп определяет реакционную способность смолы и ее способность отверждаться при нагревании или под действием катализаторов.

Старение КФС — это комплексный процесс, включающий в себя ряд параллельно протекающих химических реакций, которые приводят к изменению структуры и свойств смолы [3]. Наиболее заметные изменения проявляются в таких ключевых характеристиках, как вязкость, показатель рН, смешиваемость с водой и время желатинизации. Эти изменения оказывают существенное влияние на технологические свойства КФС, такие как, смачивающая способность, прочность клеевого соединения и уровень выделения формальдегида. Эти аспекты особенно важны в производстве фанеры, древесных плит, где даже незначительные отклонения от оптимальных параметров могут привести к снижению качества и экологической безопасности конечной продукции.

Оптимальная вязкость способствует лучшему смачиванию поверхности древесного материала, что необходимо для эффективной адгезии. Кроме того, вязкость обеспечивает лучшее проникновение смолы в поры материала, улучшая механическое сцепление, а также гарантирует равномерное нанесение смолы на поверхность, исключая подтеки и пропуски, что критически важно для получения качественного клеевого шва.

Показатель рН является важным параметром, поскольку он напрямую влияет на скорость реакций полимеризации и отверждения, а также на стабильность смолы. Оптимальный уровень рН способствует стабильности смолы при хранении, предотвращая нежелательные реакции полимеризации и гидролиза, которые могут привести к преждевременному отверждению или ухудшению свойств.

Время желатинизации при 100°C (или время гелеобразования) характеризует реакционную способность смолы и скорость отверждения, определяя, как долго клеевая смесь остается пригодной для использования после добавления катализатора. Увеличение

времени желатинизации свидетельствует о замедлении процессов отверждения, что может повлиять на производительность и качество kleевых соединений.

Опираясь на результаты авторов проведенных исследований по изменению физико-химических свойств КФС в процессе старения, можно отметить, что наблюдались значительные изменения в ключевых параметрах [4].

Например, вязкость смолы по вискозиметру ВЗ-4, которая изначально составляла 65 сек., через шестнадцать недель хранения увеличилась до 213 сек. у смолы с соотношением Ф:К 1,18. Смола с высоким содержанием формальдегида 1,51 более стабильна и диапазон значений вязкости в течение гарантийного срока хранения 65-75 сек. Увеличение вязкости при хранении смол, вероятно, связано с продолжением процессов полимеризации и конденсации, которые приводят к образованию более крупных молекул и повышению внутреннего трения.

В свою очередь, показатель рН мол во время хранения снижается. Такое снижение рН может указывать на протекание реакций гидролиза или выделение летучих кислотных веществ, влияющих на скорость отверждения.

Наконец, время желатинизации при 100°C значительно увеличилось, поднявшись с 60 до 152 сек. за 16 недель хранения у смолы с более низким мольным соотношением; и до 213 сек. у смолы с соотношением Ф:К 1,51. Это указывает на снижение реакционной способности смолы и замедление процесса отверждения, что может потребовать увеличения времени прессования или повышения температуры.

Стоит отметить колебательный характер изменения свойств КФС при хранении. Это указывает на неоднородность происходящих одновременно процессов поликонденсации и деструкции.

Таким образом, старение карбамидоформальдегидных смол является сложным и многофакторным процессом, приводящим к изменению их физико-химических и технологических свойств. Понимание механизмов старения и влияния различных факторов на скорость этого процесса позволяет разрабатывать эффективные методы стабилизации и увеличения срока службы КФС. Это позволит сократить потери материалов, повысить эффективность производства и обеспечить стабильное качество конечной продукции.

### **Список литературы**

1. Доронин Ю.Г., Мирошниченко С.Н., Свиткина М.М. Синтетические смолы в деревообработке. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Лесн. пром-сть, 1987. – 224 с.
2. ГОСТ 1423–188. Смолы карбамидоформальдегидные. Технические условия. – Введ. 01.07.89. – М.: Изд-во стандартов, 1988. – 22 с.
3. Вшивков С. А., Балакин В. М., Коршунова Н. И., Русинова Е. В., Дубчак В. Н. Изменение структуры и свойств карбамидоформальдегидных олигомеров при старении // Высокомолекулярные соединения, Серия А. — 1995, Т. 37, № 1. — С. 56–59.

4. Глухих В.В., Бурындин В.Г., Коршунова Н.И., Войт В.Б., Балакин В.М. Изменение функционального состава и свойств карбамидоформальдегидных смол при хранении // Известия высших учебных заведений. Лесной журнал. 1996. № 4 – 5. С. 154-159.

### References

1. Doronin Yu.G., Miroshnichenko S.N., Svitkina M.M. Synthetic resins in woodworking. – 2nd ed., revised and additional – M.: Lesn. prom-st, 1987. – 224 p.
2. GOST 1423-188. Carbamide-formaldehyde resins. Technical specifications. – Introduction. 07/01/189. – Moscow: Publishing House of Standards, 1988. – 22 p.
3. Vshivkov S. A., Balakin V. M., Korshunova N. I., Rusinova E. V., Dubchak V. N. Changes in the structure and properties of carbamide-formaldehyde oligomers during aging // High—molecular compounds, Series A. — 1995, vol. 37, No. 1. pp. 56-59.
4. Glukhykh V.V., Buryndin V.G., Korshunova N.I., Voit V.B., Balakin V.M. Changes in the functional composition and properties of urea-formaldehyde resins during storage // News of higher educational institutions. Forest magazine. 1996. No. 4-5. pp. 154-159.

DOI: 10.58168/TBiEc2025\_12-18

УДК 543.544

## **АНАЛИЗ СОРБЦИОННОЙ СПОСОБНОСТИ БИОУГЛЕЙ РАЗЛИЧНОЙ ПРИРОДЫ**

### **ANALYSIS OF THE SORPTION CAPACITY OF BIOCHARS OF VARIOUS NATURE**

**Баранова П.Е.**, студентка ФГБОУ ВО «Воронежский государственный лесотехнический университет им. Г.Ф. Морозова», Воронеж, Россия.

**Ходосова Н.А.**, к.х.н., доцент ФГБОУ ВО «Воронежский государственный лесотехнический университет им. Г.Ф. Морозова», Воронеж, Россия.

**Томина Е.В.**, доктор химических наук, заведующая кафедрой химии ФГБОУ ВО «Воронежский государственный лесотехнический университет им. Г.Ф. Морозова», Воронеж, Россия.

**Мануковская В.Е.**, студентка ФГБОУ ВО «Воронежский государственный лесотехнический университет им. Г.Ф. Морозова», Воронеж, Россия.

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

**Khodosova N.A.**, candidate of Chemical Sciences, associate professor, Voronezh State University of Forestry and Technologies named after G.F. Morozov, Voronezh, Russia.

**Tomina E.V.**, DSc in Chemistry, Head of the Department of Chemistry, Voronezh State University of Forestry and Technologies named after G.F. Morozov, Voronezh, Russia.

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

**Аннотация:** в работе показана возможность использования отходов деревоперерабатывающей промышленности и очистных сооружений в качестве сорбентов. Карбонизацией при 500<sup>0</sup>С получены биоугли на основе опилок тополя и осадка сточных вод, установлен практический выход продукта, проведена щелочная модификация для улучшения сорбционной способности. Определен элементный состав исходных биоуглей и физико-химические характеристики образцов до и после модификации. Установлено, что щелочная обработка увеличивает влажность, насыпную плотность и сорбционную способность образцов. Формы изотерм для двух видов углей различной природы имеют сопоставимую форму, что говорит об идентичности механизма сорбции.

**Abstract:** the paper shows the possibility of using waste from the wood processing industry and wastewater treatment plants as sorbents. Biochars based on poplar sawdust and sewage sludge were obtained by carbonization at 5000C, the practical yield of the product was established, and alkaline modification was carried out to improve the sorption capacity. The elemental composition of the original biochars and the physicochemical characteristics of the samples before and after modification were determined. It was found that alkaline treatment increases the moisture content, bulk density, and sorption capacity of the samples. The isotherm shapes for two types of coals of different nature have a comparable shape, which indicates the identity of the sorption mechanism.

**Ключевые слова:** осадок сточных вод, древесина тополя, сорбция, краситель метиленовый синий, биоуголь.

**Keywords:** sewage sludge, poplar wood, sorption, methylene blue dye, biochar.

В большинстве современных отраслей промышленности используются процессы сорбционной очистки вод. Адсорбционная технология является одним из наиболее доступных способов очистки сточных вод и выбросов на предприятиях [1]. При очистке городских сточных вод образуется значительное количество осадков. Обработка и утилизация осадков сточных вод представляют собой важнейший этап функционирования современных очистных сооружений.

На фоне глобального экономического роста отмечается устойчивая тенденция к существенному увеличению объемов образования осадков сточных вод (ОСВ): каждый год на очистных сооружениях городов Российской Федерации образуется около 70–80 млн/ м<sup>3</sup> отходов такого типа [2].

Осадок сточных вод – это сложная полидисперсная суспензия, концентрация которой составляет 0,25–12% твёрдых веществ по массе [3], состоящая из минеральных и органических веществ различного состава и происхождения, которые могут быть отделены от сточных вод с помощью различных видов обработки, таких как механическая, биологическая или физико-химическая. Утилизация огромного количества осадка требует значительных затрат на эксплуатацию водоочистных сооружений, а значит необходимы соответствующие стратегии повторного использования. Основными способами утилизации осадка являются сжигание, захоронение на санитарных полигонах или использование в качестве удобрения для улучшения структуры почвы, почвенного буфера и почвенной подкормки [4]. В процессе сжигания осадка возможно получение биоуглей, способных выполнять роль сорбентов.

Древесные отходы, образующиеся в процессе деревопереработки, оказывают серьезную экологическую нагрузку и заставляют искать способы утилизации отходов. Использование отходов деревоперерабатывающей промышленности для получения новых углеродных сорбентов представляется удачным решением. Биоуголь является эффективным биосорбентом для множества загрязняющих веществ из сточных вод благодаря своим физико-химическим характеристикам и экономическим преимуществам. Трансформация осадков сточных вод и отходов лесопиления в сорбенты является экологически перспективной технологией, демонстрирующей устойчивую тенденцию к широкому внедрению [5].

Тополь представляет собой перспективное сырье для биотопливной промышленности, благодаря высокой скорости регенерации после срубки, способности культивироваться на неплодородных землях. Образующиеся при его переработке отходы (до 30% от исходной биомассы) нуждаются в инновационных подходах к утилизации, что может стать моделью для других видов древесных отходов [6].

Модифицированный биоуголь демонстрирует более высокую эффективность адсорбции красителей по сравнению с исходным материалом, при этом традиционно используются методы физической и химической модификации [7].

Цель исследования состояла в получении образцов биоугля из осадков сточных вод (БОСВ) и опилок древесины тополя (БТ) и сопоставлении физико-химических и сорбционных характеристик.

На начальных стадиях пиролиза (ниже 400°C) происходит преимущественное удаление физически связанный воды и испарение легколетучих алифатических компонентов, что вызывает интенсивное газовыделение и существенное уменьшение массы продукта. При превышении температурного порога 400°C наблюдается постепенная деструкция труднолетучих соединений с одновременным выделением летучих фракций и образованием ароматических структур, приводящая к более плавному снижению выхода.

При термической обработке сырья при температурах менее 400°C происходит преимущественное удаление влаги и легколетучих органических соединений. Увеличение температурного режима или продолжительности обработки в низкотемпературном диапазоне способствует возрастанию щелочности получаемого биоугля. В то же время, продление времени обработки при высоких температурах не оказывает существенного влияния на кислотно-щелочные характеристики конечного продуктах.

Исследования адсорбционных свойств показали, что оптимальные показатели йодного числа достигаются при использовании пониженных температур пиролиза (порядка 500°C) и сокращенного времени пребывания в реакторе. Данная закономерность объясняется модификацией содержания летучих компонентов и изменением количества активных центров на поверхности материала, что подтверждается результатами корреляционного исследования.[8]

В исследовании использовались два типа сырья: опилки тополя и осадок сточных вод. Процесс карбонизации опилок тополя выполняли в герметичном реакторе при следующих условиях: температура обработки: 500°C, продолжительность процесса: 3 часа, скорость нагрева: 10°C/мин.

Выход продуктов карбонизации составил: 39% для угля из тополиных опилок и 65% для биоугля из осадков сточных вод.

Модификацию полученных образцов проводили 2M раствором KOH при следующих параметрах: соотношение образец: модификатор = 1:4, температура модификации: 21°C. После обработки образцы промывали дистиллированной водой и сушили до постоянной массы при 105-110°C. Концентрацию метиленового синего (МС) определяли фотометрически на приборе КФК-2 ( $\lambda = 660$  нм) согласно методике ГОСТ 4453-74. Равновесную сорбционную емкость рассчитывали по формуле:

$$A = \frac{(c_H - c_P) * V}{m},$$

где  $A$  – количество адсорбированного красителя, мг/г,  $C_0$  – начальная концентрация раствора, мг/дм<sup>3</sup>,  $C_p$  – равновесная концентрация раствора, мг/дм<sup>3</sup>,  $V$  – объем раствора, дм<sup>3</sup>,  $m$  – масса образца, г.

В органической части осадка сточных вод могут содержаться в среднем: углерод 50–55%, кислород 25–30%, азот 10–15%, водород 6–10%, фосфор 1–3% и сера 0,5–1,5% [9]. Методом энергодисперсионного анализа определен элементный состав исследуемых биоуглей, представленный на диаграмме 1.

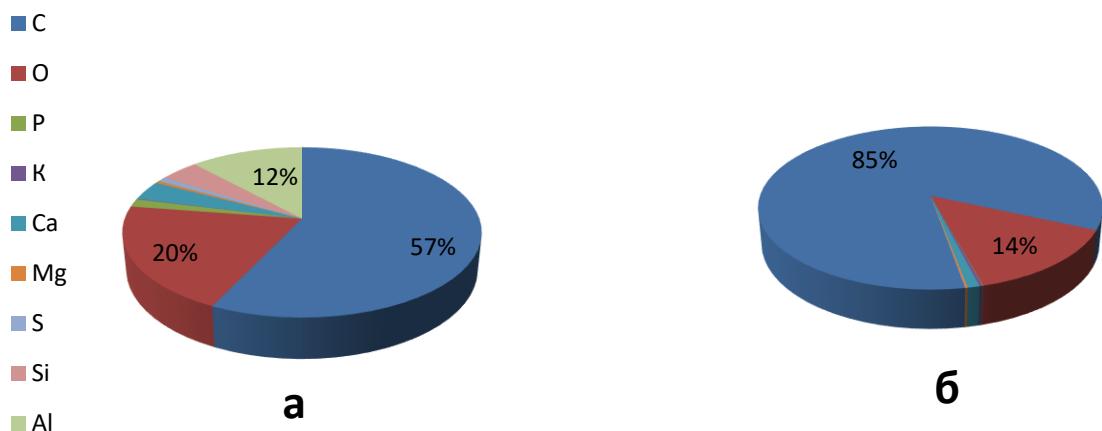


Диаграмма 1 - Элементный состав (ат. %) образцов исходного биоугля (а-БОСВ, б-БТ)

Можно отметить, что биоуголь на основе ОСВ содержит на 33 % меньше углерода и на 30 % больше кислорода, также в составе есть сера и алюминий, остальные элементы в следовых количествах.

Для исходных и модифицированных образцов определены физико-химические характеристики (табл.1).

Таблица 1 - Физико-химические характеристики исходных и модифицированных биоуглей

Образец	Влажность, W, %	Насыпная плотность, г/л	pH	A, мг/г по МС
БТ	3,7	378,5	7,3	0,41
БТ +КОН	4,3	405,7	7,5	0,49
БОСВ	3,5	324,50	7,8	0,32
БОСВ+КОН	6,2	345,8	7,8	0,43

Примечание: БТ, БОСВ – биоуголь тополь, осадок сточных вод; БТ(БОСВ) +КОН – биоуголь, модифицированный раствором КОН

Исходные образцы биоуглей имеют близкие по величине значения влажности и насыпной плотности. Значение pH для образцов углей, полученных на основе опилок тополя, имеет близкую к нейтральному значению величину, для БОСВ характерна слабощелочная реакция. Модификация раствором KOH способствует увеличению насыпной плотности биоугля на~7%. Полученный результат обусловлен образованием пористых материалов с большей удельной поверхностью и уменьшением размера фракции биоуглей [10].

Для исследуемых образцов получены изотермы сорбции красителя метиленового синего, рекомендованного для оценки сорбционной способности (рис. 1).

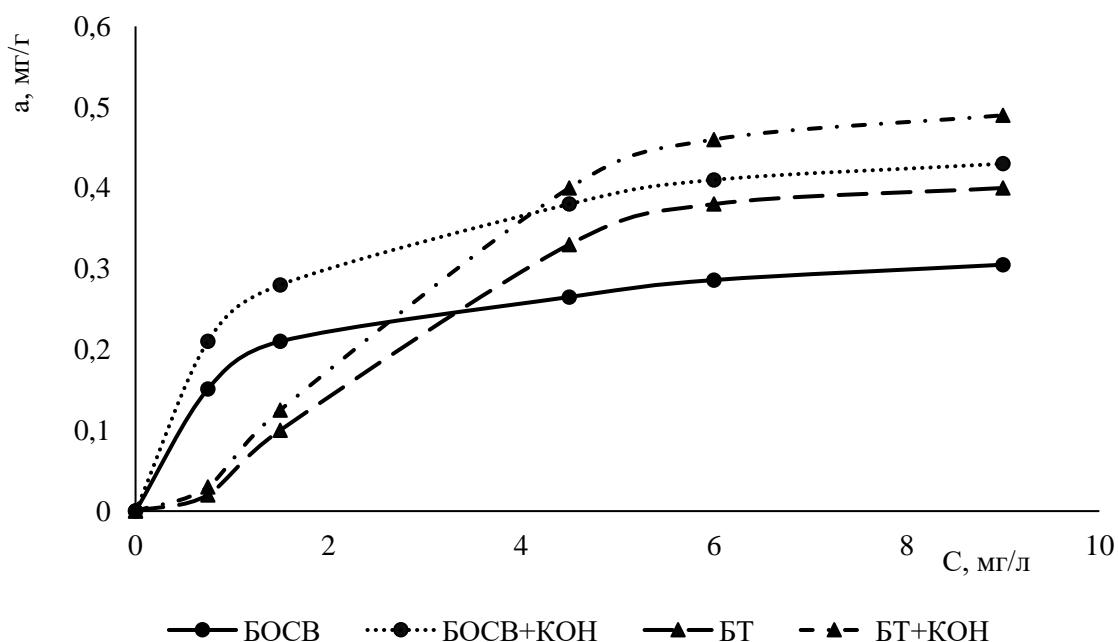


Рисунок 1 - Изотермы сорбции на образцах биоуглей

Все изотермы, согласно классификации БЭТ, можно отнести к изотермам Ленгмюра, характерным для микропористых образцов с небольшой величиной удельной поверхности. При низких концентрациях красителя, вид изотерм у образцов различный: для БОСВ характерен более выпуклый к оси концентрации наклон, а для биоугля из опилок тополя – вогнутая форма. Аналогичную форму имеют изотермы, полученные для модифицированных образцов биоуглей. Воздействие щелочи стимулирует сорбцию красителя на 19-34 % в зависимости от образца, вероятно, это связано с возрастанием пористости и возникновением отрицательного зарядом на модифицированных биоуглях.

## Список литературы

1. Sahu J., Karri R.R., Zabed H.M., Shams S., Qi. X. Current perspectives and future prospects of nano- biotechnology in wastewater treatment // Separation & Purification Reviews. 2021. v.50. p.139-158. DOI: 10.1080/15422119.2019.1630430
2. Khodosova N.A., Tomina E.V., Manukovskaya V.E., Baranova P.E. The influence of the nature of raw materials on the biochars characteristics // BIO Web of Conferences. 2024.145.03004. DOI:10.1051/bioconf/202414503004
3. M. Lundin. et al. Environmental and economic assessment of sewage sludge handling options // Resources Conservation and Recycling. 2004. v.41 p.255–278
4. Babatunde AO, Zhao YQ. Constructive approaches toward water treatment works sludge management: an international review of beneficial Reuses // Critical Reviews In Environmental Science and Technology. 2007. v.37. p.129–64.
5. Ходосова Н.А., Томина Е.В., Мануковская В.Е., Ищенко Т.Л. Применение биоугля на основе осадка сточных вод в природоохранных целях // Материалы международной научной конференции ученых и студентов «энергосберегающие и экологически чистые технологии в лесной промышленности». 2024. DOI:10.58168/E-SEFTI2024\_203-207
6. Song Cheng, Mingliang Meng, Baolin Xing, Changliang Shi, Yanhe Nie, Daping Xia, Guiyun Yi , Chuanxiang Zhang, Hongying Xia. Preparation of valuable pyrolysis products from poplar waste under different temperatures by pyrolysis: Evaluation of pyrolysis products // Bioresource Technology. 2022. v. 364. p. 128011. DOI: 10.1016/j.biortech.2022.128011
7. A. Kumar, T. Bhattacharya, W. A. Shaikh, S. Chakraborty, D. Sarkar and J. K. Biswas. Biochar Modification methods for augmenting sorption of contaminants // Current Pollution Reports. 2022. t. 8. p. 519–555. DOI:10.1007/s40726-022-00238-3
8. Junna Sun, Fuhong He, Yinghua Pan, Zhenhua Zhang. Effects of pyrolysis temperature and residence time on physicochemical properties of different biochar types // Acta Agriculturae Scandinavica, Section B — Soil & Plant Science. 2016. t. 67. v. 1 .p. 12-22. DOI:10.1080/09064710.2016.1214745
9. Gherghel A., Teodosiu C., De Gisi S. A review on wastewater sludge valorisation and its challenges in the context of circular economy // Journal of Cleaner Production. 2019. v. 228. p. 244–263. DOI: 10.1016/j.jclepro.2019.04.240
10. Carrot P.J.M., Ribeiro Carrot M.M.L., Mourao P.A.M. Pore size control in activated carbons obtained by pyrolysis under different conditions of chemically impregnated cork. // Journal of Analytical and Applied Pyrolysis. 2006. v.73. p. 120-127.

## References

1. Sahu J., Karri R.R., Zabed H.M., Shams S., Qi. X. Current perspectives and future prospects of nano- biotechnology in wastewater treatment // Separation & Purification Reviews. 2021. v.50. p.139-158. DOI: 10.1080/15422119.2019.1630430
2. Khodosova N.A., Tomina E.V., Manukovskaya V.E., Baranova P.E. The influence of the nature of raw materials on the biochars characteristics // BIO Web of Conferences. 2024.145.03004. DOI:10.1051/bioconf/202414503004
3. M. Lundin. et al. Environmental and economic assessment of sewage sludge handling options // Resources Conservation and Recycling. 2004. v.41 p.255–278
4. Babatunde AO, Zhao YQ. Constructive approaches toward water treatment works sludge management: an international review of beneficial Reuses // Critical Reviews In Environmental Science and Technology. 2007. v.37. p.129–64.
5. Khodosova N.A., Tomina E.V., Manukovskaya V.E., Ishchenko T.L. Application of biochar based on sewage sludge for environmental protection purposes // Proceedings of the international scientific conference of scientists and students "Energy-saving and environmentally friendly technologies in the forest industry". 2024. DOI:10.58168/E-SEFTFI2024\_203-207
6. Song Cheng, Mingliang Meng, Baolin Xing, Changliang Shi, Yanhe Nie, Daping Xia, Guiyun Yi , Chuanxiang Zhang, Hongying Xia. Preparation of valuable pyrolysis products from poplar waste under different temperatures by pyrolysis: Evaluation of pyrolysis products // Bioresource Technology. 2022. v. 364. p. 128011. DOI: 10.1016/j.biortech.2022.128011
7. A. Kumar, T. Bhattacharya, W. A. Shaikh, S. Chakraborty, D. Sarkar and J. K. Biswas. Biochar Modification methods for augmenting sorption of contaminants // Current Pollution Reports. 2022. t. 8. p. 519–555. DOI:10.1007/s40726-022-00238-3
8. Junna Sun, Fuhong He, Yinghua Pan, Zhenhua Zhang. Effects of pyrolysis temperature and residence time on physicochemical properties of different biochar types // Acta Agriculturae Scandinavica, Section B — Soil & Plant Science. 2016. t. 67. v. 1 .p. 12-22. DOI:10.1080/09064710.2016.1214745
9. Gherghel A., Teodosiu C., De Gisi S. A review on wastewater sludge valorisation and its challenges in the context of circular economy // Journal of Cleaner Production. 2019. v. 228. p. 244–263. DOI: 10.1016/j.jclepro.2019.04.240
10. Carrot P.J.M., Ribeiro Carrot M.M.L., Mourao P.A.M. Pore size control in activated carbons obtained by pyrolysis under different conditions of chemically impregnated cork. // Journal of Analytical and Applied Pyrolysis. 2006. v.73. p. 120-127.

DOI: 10.58168/TBiEc2025\_19-23

УДК 338.24

## БЛОКЧЕЙН-ТЕХНОЛОГИИ И ИХ ЭКОЛОГИЧЕСКИЙ СЛЕД: ПРОБЛЕМЫ И РЕШЕНИЯ

### BLOCKCHAIN TECHNOLOGIES AND THEIR ECOLOGICAL FOOTPRINT: PROBLEMS AND SOLUTIONS

**Безрукова Т.Л.**, д.э.н., профессор ФГБОУ **Bezrukova T.L.**, doctor of Economics, Professor, ВО «Воронежский государственный Voronezh State University of Forestry and лесотехнический университет им. Г.Ф. Морозова», Voronezh, Russia.

**Сааков В.А.**, магистрант, студент ордена **Saakov V.A.**, master's student, student of the Трудового Красного Знамени ФГБОУ ВО Order of the Red Banner of Labor, Moscow «Московский технический университет связи Technical University of Communications and и информатики», Москва, Россия.

**Аннотация:** статья посвящена анализу экологического воздействия блокчейн-технологий, в частности, криптовалютного майнинга. Авторами рассмотрены высокое энергопотребление, углеродный след и проблема электронных отходов, связанных с этой индустрией. Предлагаются решения для снижения негативного влияния, включая переход на возобновляемые источники энергии, внедрение энергоэффективных технологий и государственное регулирование. Особое внимание уделяется концепции «зеленого» майнинга и примерам её реализации. Исследование подчеркивает необходимость баланса между технологическим прогрессом и экологической устойчивостью.

**Abstract:** the article is devoted to the analysis of the environmental impact of blockchain technologies, in particular, cryptocurrency mining. The authors consider the high energy consumption, carbon footprint and the problem of electronic waste associated with this industry. Solutions are proposed to reduce the negative impact, including the transition to renewable energy sources, the introduction of energy-efficient technologies and government regulation. Special attention is paid to the concept of "green" mining and examples of its implementation. The study highlights the need for a balance between technological progress and environmental sustainability.

**Ключевые слова:** блокчейн-технологии, криптовалюта, биткоин, углеродный след, эффективное энергопотребление, экологический ущерб.

**Keywords:** blockchain technologies, cryptocurrency, bitcoin, carbon footprint, efficient energy consumption, environmental damage.

На сегодняшний день блокчейн признан одним из ключевых технологических прорывов в глобальном масштабе. Его истоки связаны с зарубежными разработками, где технология впервые была применена для создания цифровой валюты — биткоина. Сейчас

активное развитие блокчейна наблюдается и в России, где его внедрение происходит динамично.

Появление блокчейна ознаменовало начало новой эры в сфере обработки и хранения данных. Уникальные свойства этой технологии — децентрализация, прозрачность и неизменяемость — открывают широкие перспективы для трансформации не только финансового сектора, но и таких областей, как государственное управление, здравоохранение, логистика, образование и корпоративный бизнес [1].

В рамках реализации национальной программы «Цифровая экономика Российской Федерации» Правительством РФ инициирована комплексная реформа государственного управления с акцентом на цифровую трансформацию. Программа предусматривает активное внедрение блокчейн-технологий в различных секторах, включая банковские операции (размещение акций МСП, обслуживание крупных залоговых кредитов), работу с пенсионными и социальными фондами, цифровой документооборот, а также ипотечное кредитование [7].

Особую актуальность блокчейн приобретает в контексте защиты от мошенничества, а также в сферах, требующих работы с большими массивами данных. Однако, несмотря на значительные преимущества, данная технология не лишена и определенных недостатков, которые необходимо учитывать при ее применении. Исследователи Центра энергетических рынков при Мюнхенском университете и Центре исследований экологической политики Массачусетского технологического института утверждают, что реализация блокчейн-технологии, базирующейся на децентрализованной архитектуре и распределенном хранении данных, сопряжена с необходимостью использования масштабных вычислительных ресурсов, что закономерно приводит к существенным затратам электроэнергии [4]. Значительное энергопотребление, преимущественно обеспечиваемое за счет невозобновляемых источников, привело к повышенному вниманию к экологическим последствиям блокчейн-операций, также вопросы энергоэффективности процессов майнинга и обработки транзакций стали предметом активных дискуссий в профессиональном сообществе.

Криптовалюта является успешным масштабным проектом с использованием блокчейн-технологий во главе с основоположником множества видов криптовалют — биткоином. Несмотря на то, что биткоин на сегодняшний день активно используется в ряде стран, исследования экспертов показывают, что годовое потребление энергии «майнингом» (путем создания криптовалюты путем проведения сложных вычислений) биткоина превышает годовое потребление некоторых стран (Нидерланды или Объединенные Арабские Эмираты) около 130 ТВт<sup>\*ч</sup> [3].

Воздействие криптовалют на окружающую среду не ограничивается масштабным потреблением электроэнергии. Анализ показывает, что осуществление майнинговых операций, преимущественно обеспечиваемых ископаемыми энергоносителями, существенно увеличивает выбросы парниковых газов, усиливая антропогенное воздействие на

климатическую систему. Углеродный след биткоин оценивается примерно в 69 млн. метрических тонн CO<sub>2</sub>, что выше уровня выбросов в Иордании или Шри-Ланке [3].

Следует подчеркнуть, что экологическое воздействие блокчейн-технологий не сводится исключительно к процессу криптовалютного майнинга. Поддерживающие инфраструктуру распределенных реестров узлы также демонстрируют существенную ресурсоемкость, потребляя значительные объемы электроэнергии для обеспечения вычислительных процессов. Эксплуатация такого оборудования требует строгого соблюдения температурного режима, что обуславливает необходимость использования систем охлаждения - кондиционеров или принудительной вентиляции. Эти вспомогательные системы сами по себе являются значительными потребителями электроэнергии [5].

Дополнительную экологическую нагрузку создает проблема утилизации специализированного майнингового оборудования, приводящая к накоплению электронных отходов и нерациональному использованию природных ресурсов. В результате модернизации старых майнинговых ферм или их утилизации образуется большое количество электронных отходов, которые в свою очередь обладают высоким уровнем опасности для человеческого здоровья и окружающей среды, т.к. содержат токсичные вещества (свинец, ртуть и др.) [2].

Стремление к более экологичным альтернативам набирает обороты, побуждая отрасль изучать более экологичные блокчейн-технологии. Оптимизация энергопотребления в блокчейн-системах должна основываться на системном подходе, предусматривающем применение совокупности взаимодополняющих методов.

Самым очевидным решением снижения негативного воздействия блокчейн-индустрии на экологию является переход на возобновляемые источники энергии - солнечные, ветровые и гидроэлектростанции. Это позволяет значительно сократить углеродный след блокчейн-сетей. Передовые майнинговые предприятия в Исландии, Норвегии и других регионах с развитой возобновляемой энергетикой успешно перешли на экологически чистые источники питания: геотермальные источники вулканической активности, гидроэлектростанции [7]. Такой тренд получает глобальное распространение - новые фермы в Канаде, США и Азии все чаще выбирают локации с избытком ВИЭ, формируя новую парадигму экологически ответственной криптоиндустрии.

Минимизация экологического ущерба также возможна путем сокращения ресурсов на поддержание работы майнинговых ферм. Так реализации подводных майнинговых ферм позволит снизить электропотребление за счет отказа от традиционных систем охлаждения и использования естественного охлаждения глубинных вод. Утилизация избыточного тепла, образующегося в процессе майнинговых операций, путем направления его на обогрев помещений, тепличных хозяйств и аквакультур позволит повысить общую энергоэффективность.

Современные блокчейн-проекты активно развиваются концепцию "зеленого" майнинга, предлагая энергоэффективные альтернативы традиционным криптовалютам. Такие платформы, как Chia, SolarCoin и Power Ledger уже реализуют принципы устойчивого

развития через: интеграцию возобновляемых источников энергии, внедрение экологических протоколов верификации, оптимизацию ресурсопотребления [6]. Рост экологической сознательности потребителей и ужесточение регуляторных требований формируют устойчивый спрос на "зеленые" крипторешения. Проекты, сочетающие доказанную экологическую эффективность, экономическую целесообразность, масштабируемость технологий имеют наибольшие шансы стать новым отраслевым стандартом, способствуя формированию углеродно-нейтральной блокчейн-экосистемы.

Государственное регулирование также способно повысить уровень экологической ответственности блокчейн-индустрии. Регуляторные инициативы такие как: установление экологических стандартов для криптоиндустрии, введение налоговых льгот для майнинговых проектов, установление углеродных квот для майнинговых операций, финансирование исследований в области «зеленых» криптовалютных проектов. Рост экологической сознательности потребителей и ужесточение регуляторных требований формируют устойчивый спрос на «зеленые» крипторешения.

Таким образом, современные блокчейн-технологии должны быть экологически ориентированы и представлять собой оптимальный подход к созданию устойчивых криптовалютных систем путем внедрения ресурсосберегающих решений, активного использования чистой энергетики и формирования благоприятной регуляторной среды. В этом случае отрасль способна минимизировать экологический ущерб и внести существенный вклад в реализацию международных инициатив по устойчивому развитию. Особое значение приобретает синергия между технологическими решениями, энергетической политикой и регуляторными мерами, что в совокупности способно трансформировать блокчейн-индустрию в образец устойчивого развития для других высокотехнологичных секторов экономики.

Экологически ориентированный подход к поддержанию и развитию блокчейн-индустрии позволит одновременно поддерживать технологический прогресс, обеспечивать экономическую эффективность и гарантировать экологическую безопасность. Обеспечение гармоничного сочетания инновационной деятельности и природой, является главным шагом к реализации парадигмы функционирования цифровой экономики, основанной на принципах устойчивости и экологического баланса.

### **Список литературы**

1. Бабкин А.В., Буркальцева Д.Д., Пшеничников В.В., Тюлин А.С. Криптовалюта и блокчейн-технология в цифровой экономике: генезис развития // π-Economy. – 2017. – № 5.
2. Греков К.Б. Электронные отходы: вызов XXI века // Экологическая безопасность: проблемы и пути решения: сб. тезисов и докл. науч. конф. (Санкт-Петербург, 12-13 апреля 2018 г.). – СПб., 2018. – С. 26-27.

3. Big Bitcoin's carbon footprint // NBC News. –

URL: <https://www.nbcnews.com/tech/tech-news/big-bitcoins-carbon-footprint-rcna920> (дата обращения: 18.04.2025).

4. Bitcoin's carbon footprint as big as small country's // Earth.com. –

URL: <https://www.earth.com/news/bitcoin-carbon-footprint-small-country/> (дата обращения: 19.04.2025).

5. Blockchain's environmental impact: balancing innovation and sustainability //

Neuron.expert. – URL: <https://neuron.expert/news/blockchains-environmental-impact-balancing-innovation-and-sustainability/12997/ru/> (дата обращения: 19.04.2025).

6. Sustainable Blockchain: A New Frontier for Eco-Friendly Cryptocurrencies //

GeeksforGeeks. – URL: <https://www.geeksforgeeks.org/sustainable-blockchain-a-new-frontier-for-eco-friendly-cryptocurrencies-1/> (дата обращения: 20.04.2025).

7. Цифровая экономика Российской Федерации // Официальный сайт

Правительства РФ. – URL: <http://government.ru/info/35568/> (дата обращения: 18.04.2025).

## References

1. Babkin A.V., Burkaltseva D.D., Pshenichnikov V.V., Tyulin A.S. Cryptocurrency and Blockchain Technology in the Digital Economy: Genesis of Development //  $\pi$ -Economy. – 2017. – No. 5.

2. Grekov K.B. Electronic Waste: A Challenge for the 21st Century // Environmental Safety: Problems and Solutions: Collection of Abstracts and Reports of the Scientific Conference. (Saint Petersburg, April 12-13, 2018). – Saint Petersburg, 2018. – Pp. 26-27.

3. Big Bitcoin's carbon footprint // NBC News. – URL: <https://www.nbcnews.com/tech/tech-news/big-bitcoins-carbon-footprint-rcna920> (date of access: 04.18.2025).

4. Bitcoin's carbon footprint as big as small country's // Earth.com. – URL: <https://www.earth.com/news/bitcoin-carbon-footprint-small-country/> (date of access: 04.19.2025).

5. Blockchain's environmental impact: balancing innovation and sustainability // Neuron.expert. – URL: <https://neuron.expert/news/blockchains-environmental-impact-balancing-innovation-and-sustainability/12997/ru/> (date of access: 19.04.2025).

6. Sustainable Blockchain: A New Frontier for Eco-Friendly Cryptocurrencies // GeeksforGeeks. – URL: <https://www.geeksforgeeks.org/sustainable-blockchain-a-new-frontier-for-eco-friendly-cryptocurrencies-1/> (date of access: 20.04.2025).

7. Digital Economy of the Russian Federation // Official website of the Government of the Russian Federation. – URL: <http://government.ru/info/35568/> (date of access: 18.04.2025).

DOI: 10.58168/TBiEc2025\_24-31

УДК 338.24

## ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ РИСКИ В ПРОСТРАНСТВЕННОМ РАЗВИТИИ: КАК МИНИМИЗИРОВАТЬ ВОЗДЕЙСТВИЕ НА ПРИРОДУ

### ENVIRONMENTAL RISKS IN SPATIAL DEVELOPMENT: HOW TO MINIMIZE THE IMPACT ON NATURE

**Безрукова Т.Л.**, д.э.н., профессор ФГБОУ **Bezrukova T.L.**, doctor of Economic Sciences, ВО «Воронежский государственный professor FGBOU VO «Voronezh State лесотехнический университет имени Г.Ф. University of Forestry and Technologies named Морозова», Воронеж, Россия. after G.F. Morozov», Voronezh, Russia.

**Смагин В.Д.**, студент ФГБОУ ВО **Smagin V.D.**, student of Voronezh State «Воронежский государственный University, Voronezh, Russia. университет», Воронеж, Россия.

**Аннотация:** в статье поднимается проблема экологических рисков, возникающих в процессе пространственного развития территорий. Приводится определение понятия экологический риск, рассматриваются виды экологических рисков. Анализируются основные факторы, обуславливающие негативное воздействие антропогенной деятельности на окружающую среду, и предлагаются пути минимизации этих рисков. Особое внимание уделяется образовательной, законодательной и промышленной трансформации, которая в совокупности может вывести экологическое состояние на новый уровень и минимизировать экологические риски. В статье подчеркивается необходимость комплексного подхода, учитывающего как экономические, так и экологические аспекты развития территорий для обеспечения экологической безопасности и устойчивого будущего.

**Abstract:** the article raises the problem of environmental risks arising in the process of spatial development of territories. The definition of the concept of environmental risk is given, and the types of environmental risks are considered. The main factors that cause the negative impact of anthropogenic activities on the environment are analyzed, and ways to minimize these risks are proposed. Special attention is paid to educational, legislative and industrial transformation, which together can bring the ecological state to a new level and minimize environmental risks. The article highlights the need for an integrated approach that takes into account both economic and environmental aspects of territorial development to ensure environmental safety and a sustainable future.

**Ключевые слова:** экологические риски, экологическая безопасность, экологическое сознание, окружающая среда, экосистема, общество, стратегия.

**Keywords:** environmental risks, environmental safety, environmental awareness, environment, ecosystem, society, strategy.

Для того, чтобы объективно рассматривать тему экологических рисков в пространственном развитии, целесообразно проанализировать подходы к определению понятия «экологический риск», отражённые в таблице 1.

Таблица 1 – Подходы к определению понятия «экологический риск»

Ф.И.О. автора	Понятие
Н.В. Хохлов	Под экологическим риском понимается вероятность наступления гражданской ответственности за нанесение ущерба окружающей среде, а также жизни и здоровью третьих лиц
В.И. Марунин, Л.А. Авдонина	Экологический риск — это оценка на всех уровнях - от точечного до глобального вероятности появления негативных изменений в окружающей среде, вызванных антропогенным или иным воздействием. Под экологическим риском понимают также вероятностную меру опасности причинения вреда природной среде в виде возможных потерь за определенное время.
В.Г. Дмитриев	Экологический риск – «вероятность наступления гражданской ответственности за нанесение ущерба окружающей среде, а также жизни и здоровью третьих лиц
А.Г. Шмаль	Экологический риск – вероятность получения определённого ущерба в результате проявления фактора экологической опасности или их совокупности по отношению к конкретному объекту оценки. В качестве объекта оценки может выступать любой природный и/или антропогенный объект на любом уровне их системной организации.

Проведя анализ представленных выше подходов к определению «экологический риск», можно заметить, что их объединяют некоторые факторы:

- Вероятность: все определения подчеркивают вероятностный характер экологического риска, то есть возможность наступления неблагоприятных событий;
- Ущерб или вред: все определения подразумевают нанесение ущерба окружающей среде, здоровью людей или имуществу;
- Факторы воздействия: в качестве факторов, приводящих к экологическому риску, рассматриваются как антропогенные (связанные с деятельностью человека), так и природные воздействия;
- Объект оценки: риск всегда рассматривается по отношению к конкретному объекту, будь то окружающая среда в целом, отдельный природный объект, здоровье человека или имущество;
- Ответственность: в некоторых определениях (Н.В. Хохлов, В.Г. Дмитриев) делается акцент на гражданской ответственности за нанесение ущерба.

На основе анализа представленных определений можно сформулировать следующее определение понятия «экологический риск». Экологический риск – это вероятность наступления негативных изменений в окружающей среде, жизни и здоровье людей, а также имущественных потерь, вызванных воздействием антропогенных или природных факторов на конкретный объект оценки, и определяющих потенциальную граждансскую ответственность за нанесенный ущерб.

Также в рамках данной статьи необходимо обозначить виды экологических рисков, графическое изображение которых представлено на рисунке 1.



Рисунок 1 – Виды экологических рисков

В настоящее время, а именно в условиях цифровизации и глобализации общества и экономики, их колоссально быстрого и динамичного развития, замечается увеличение интенсивности необратимых процессов, которые в свою очередь влекут за собой возникновение изменений, базирующихся не только в рамках местного и регионального уровня, но и в рамках всего мира, иными словами, глобального характера. К таким процессам как правило относятся активное технологическое развитие, прогресс инновационных и цифровых технологий, трансформация экономической среды и иные процессы, которые так или иначе оказывают воздействие на общество и природу. В результате интенсификации и динаминости перечисленных процессов безусловно возникают разнообразные риски, совокупность рисков, которые носят двойственный характер. Возникающие риски выступают

в роли «двигателя» развития и прогресса технологий, но в тоже время они являются предпосылкой для возникновения проблем.

Обратим внимание на современные тенденции общества: уменьшение численности населения; демографический кризис; нерациональное использование природных ресурсов и как следствие их истощение; потеря биоразнообразия; рост промышленности, влекущий серьезные загрязнения атмосферного воздуха; загрязнение окружающей среды ввиду слаборазвитой инфраструктуры для утилизации и переработки отходов и другие. Обобщая перечисленные ранее тенденции, можно утверждать о том, что, во-первых, экология неразрывно связана с экономическими факторами, во-вторых, проблема «экологической безопасности» в настоящее время является неразрешенной и набирает обороты, в-третьих, экологические риски значительно влияют не только на экологию и природную экосистему, но и на всё общество в целом, что может привести к ещё большим негативным экономическим последствиям, социальным конфликтам, увеличению миграции, затруднению достижения целей устойчивого развития и т.д.

В целях недопущения прогрессирования подобных проблем в обществе, необходимо найти экологический баланс и минимизировать отрицательные воздействия на природу, вызванные в первую очередь пренебрежением к экологии со стороны деятельности человека или недостатка знаний о важности охраны окружающей среды. В рамках данных мероприятий важно не столько сделать, казалось бы, очевидные действия, направленные на уменьшение производственной и технологичной деятельности человека, а также введение строгих норм и правил экологической безопасности, но в первую очередь необходимо постараться направить изменения на переориентацию ценностей населения, их потребительских привычек, что приведёт к стимулированию развития «зелёных технологий» и устойчивых практик.

Приведём пример, в то время, когда в странах Западной Европы назревала аналогичная проблема, вызванная отсутствием баланса между экономическим и экологическим институтом, был остро поставлен вопрос о необходимости трансформации процессов взаимодействия не только в проблемных отраслях, то есть экологии и экономики, но и во всех остальных сферах жизнедеятельности тоже. В этих странах поэтапно начало происходить «внедрения экологически чистых технологий, принятия необходимых законов, повышения стандартов качества и активизации движения «зеленых» стратегия развития с учетом экологической составляющей стала нормой».

Ввиду нарастающих в нашем обществе экологических проблем и связанных с ними рисков необходимо предпринимать меры, направленные на минимизацию воздействия негативных факторов на природу и экосистему в целом. Для того, чтобы грамотно реализовать эти меры, нужно в первую очередь понять, что их внедрение и эффективность на практике возможна только при совокупности модернизации образовательной, законодательной и производственной отрасли.

Стоит отметить, что образование выступает «фундаментом зелёного будущего» в связи с тем, что трансформация образовательной среды, направленная на формирование экологического сознания и развитие соответствующих навыков, является мощным инструментом для минимизации экологических рисков и разрешения экологических проблем.

Чтобы «зелёное будущее» действительно стало движущей силой устойчивого развития, необходима корректировка образовательной сферы с учётом внедрения следующих аспектов:

- Слияние экологической проблематики со смежными дисциплинами: Экологические вопросы должны быть не просто обособленным предметом, а внедрены в большей или меньшей степени в различные дисциплины, например, такие как биология, химия, география, экономика и так далее. Это позволит показать не только многогранность экологических проблем и рисков в каждом направлении, но и отразит взаимосвязь между различными сферами деятельности человека и состоянием окружающей среды;

- Разработка инновационных и «активных» методов обучения: в настоящее время парадигма образования меняет свой вектор и всё чаще отказывается от пассивного усвоения программы в пользу «активных, подвижных» методов обучения: анализ кейсов, моделирование экологических процессов, ролевые и бизнес-игры, проведение опытов и экспериментов с применением цифровых технологий;

- Сотрудничество с заинтересованными «зелёными» сторонами и единомышленниками: установление партнерских взаимоотношений между образовательными учреждениями, бизнесом, государственными органами и некоммерческими организациями для разработки и реализации экологических образовательных программ, организации практик и стажировок, а также проведения совместных исследований и проектов.

Например, в школах Финляндии активно используют проектный метод обучения, интегрируют экологическую тематику в различные предметы и организуют образовательные экскурсии на природу. Также существует образовательная электронная платформа «Coursera и edX», которые предлагают широкий выбор курсов и вебинаров, посвященных аспектам устойчивого развития, начиная от экономики замкнутого цикла до возобновляемой энергетики. А университеты взяли вектор на создание «зелёных» кампусов, где используются энергосберегающие технологии и возобновляемые источники энергии, а также реализуют программы по переработке отходов и пропагандируют экологически ответственное поведение среди студентов и сотрудников.

Не менее важную роль в контексте экологических рисков играет законодательный аспект. Внедрение любых технологий и инициатива трансформаций начинается с регламентации этой нормы на законодательном уровне. Эффективное экологическое законодательство, адаптированное к современным реалиям, является необходимым условием для минимизации рисков и разрешения накопившихся экологических проблем. Российское

«зелёное» законодательство не находится на пике своего совершенства, так как ему не уделяется необходимого внимания и как следствие нормы экологического права не соответствуют актуальным эко-реалиям. Экология стремительно быстро меняется ввиду совокупности всех процессов, происходящих в мире, в то время как закон не успевает адаптироваться под экологические тенденции и находятся в колossalном разрыве с ними.

Устаревшее «зелёное» законодательство является препятствием на пути к устойчивому развитию, в связи с чем необходимо его укреплять и совершенствовать, идти в ногу с новыми вызовами и тенденциями. Модернизация законодательной сферы в области экологии должна включать следующие направления:

- Закрепление в законодательстве принципов устойчивого развития, таких как принцип предосторожности, принцип «загрязнитель платит», принцип интегрированного управления и другие;
- Разработка и внедрение современных экологических стандартов, основанных на наилучших доступных технологиях и учитывающих кумулятивное воздействие загрязнителей;
- Внедрение механизмов экологического налогообложения, торговли выбросами, экологического страхования и других экономических инструментов для стимулирования экологически ответственного поведения;
- Обеспечение доступа граждан к правосудию в экологических спорах, создание специализированных экологических судов и развитие механизмов внесудебного разрешения споров.

Например, в США в 1963 году был введён Закон о чистом воздухе, который значительно улучшил качество воздуха в США, благодаря установлению жестких стандартов на выбросы загрязняющих веществ, а в Германии существуют налоговые льготы для «зелёных» технологий посредством предоставление этих преференций для предприятий, осуществляющих инвестиции в «зелёные» технологии, что стимулирует инновации и развитие экологически чистых производств.

Модернизация законодательной сферы, адаптация к современным вызовам и внедрение инновационных инструментов позволяют минимизировать экологические риски, разрешить накопившиеся экологические проблемы и создать более здоровый и безопасный мир для будущих поколений. Сила закона – это сила, способная защитить нашу планету и сделать её здоровой.

В заключение, отметим, что экологические риски являются неотъемлемой частью пространственного развития. Однако их негативное воздействие на природу может быть существенно минимизировано за счет комплексного и ответственного подхода со стороны государства и общества в целом. Ключевыми факторами успеха в этом вопросе выступает интеграция экологических принципов в процесс планирования, внедрение инновационных технологий и практик, разработка и строгое соблюдение экологических нормативов и стандартов, а также вовлечение общественности и заинтересованных сторон.

Минимизация экологических рисков в пространственном развитии требует совместных усилий органов власти, бизнеса и общества. Только путем объединения сил и ресурсов можно обеспечить эффективной и устойчивое развитие территорий и сохранить, и развивать природную кладезь для будущего нашей страны.

### **Список литературы**

1. Хохлов, Н. В. Управление риском: учеб. пособие для студентов вузов / Н. В. Хохлов. – Москва: ЮНИТИ, 1999. – 238 с.
2. Шмаль, А.Г. Факторы экологической опасности и экологические риски / А.Г. Шмаль – Издательство: МП «ИКЦ БНТВ», 2010 г., – 193 с.
3. Семенова, Н. Н. «Зеленое» финансирование и ESG: возможность для устойчивого социально-экономического развития / Н. Н. Семенова, И.А. Иванова, О.И. Ерёмина // Финансы: теория и практика. – 2023. – №5. – С.160-169. – URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/zelenoe-finansirovanie-i-esg-vozmozhnost-dlya-ustoychivogo-sotsialno-ekonomicheskogo-razvitiya> (дата обращения: 17.05.2025).
4. Артемьев В. Б. Комплексный мониторинг состояния производственных процессов, промышленной и экологической безопасности опасных производственных объектов. Часть 1. Экологические риски в промышленности. Подходы к минимизации рисков / В. Б. Артемьев, Ю. Ф. Руденко, С. Е. Левин, О. В. Курпатов, М. Ю. Сенаторов // Уголь. – 2024. – №4. – С. 63-69. – URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/kompleksnyy-monitoring-sostoyaniya-proizvodstvennyh-protsessov-promyshlennoy-i-ekologicheskoy-bezopasnosti-opasnyh-proizvodstvennyh> (дата обращения: 17.05.2025).
5. Белов, С. В. Техногенные системы и экологический риск: учебник для вузов / С. В. Белов. – 2-е изд., перераб. и доп. – Москва: Издательство Юрайт, 2025. – 399 с. – (Высшее образование). – ISBN 978-5-534-08714-7. – Текст: электронный // Образовательная платформа Юрайт [сайт]. – URL: <https://urait.ru/bcode/561116> (дата обращения: 17.05.2025).

### **References**

1. Khokhlov, N. V. Risk management: textbook. handbook for university students / N. V. Khokhlov. Moscow: UNITY Publ., 1999. 238 p.
2. Shmal, A.G. Environmental hazard factors and environmental risks / A.G. Shmal – Publishing House: MP «ICC BNTV», 2010, – 193 p.
3. Semenova, N. N. «Green» financing and ESG: an opportunity for sustainable socio-economic development / N. N. Semenova, I.A. Ivanova, O.I. Eremina // Finance: theory and practice. – 2023. – No.5. – pp.160-169. – URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/zelenoe-finansirovanie-i-esg-vozmozhnost-dlya-ustoychivogo-sotsialno-ekonomicheskogo-razvitiya>

finansirovanie-i-esg-vozmozhnost-dlya-ustoychivogo-sotsialno-ekonomicheskogo-razvitiya (date of request: 05/17/2025).

4. Artemyev V. B. Comprehensive monitoring of the state of production processes, industrial and environmental safety of hazardous production facilities. Part 1. Environmental risks in industry. Approaches to risk minimization / V. B. Artemyev, Yu.F. Rudenko, S. E. Levin, O. V. Kurpatov, M. Y. Senatorov // Coal. – 2024. – №4. – pp. 63-69. – URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/kompleksnyy-monitoring-sostoyaniya-proizvodstvennyh-prosessov-promyshlennoy-i-ekologicheskoy-bezopasnosti-opasnyh-proizvodstvennyh> (date of request: 05.17.2025).

5. Belov, S. V. Technogenic systems and environmental risk: a textbook for universities / S. V. Belov. – 2nd ed., revised. and additional – Moscow: Yurayt Publishing House, 2025. – 399 p. – (Higher education). – ISBN 978-5-534-08714-7. – Text: electronic // Educational platform Yurayt [website]. – URL: <https://urait.ru/bcode/561116> (date of request: 05.17.2025).

DOI: 10.58168/TBiEc2025\_32-44

УДК 645

## БИОДИЗАЙН В ПРОИЗВОДСТВЕ МЕБЕЛИ BIODESIGN IN FURNITURE PRODUCTION

**Булатова М.А.**, студент **Bulatova M.A.**, student of the Forestry Faculty Лесопромышленного факультета ФГБОУ ВО FGBOU VO «Voronezh State University of «Воронежский государственный Forestry and Technologies named after G.F. лесотехнический университет имени Г.Ф. Морозов», Voronezh, Russia. Морозова», Воронеж, Россия.

**Кантиева Е.В.**, к.т.н., доцент ФГБОУ ВО **Kantieva E.V.**, candidate of Technical Sciences, «Воронежский лесотехнический университет Associate Professor, FGBOU VO «Voronezh имени Г.Ф. Морозова», Россия, Воронеж. State University of Forestry and Technologies named after G.F. Morozov», Voronezh, Russia.

**Пономаренко Л.В.**, к.т.н., доцент ФГБОУ ВО **Ponomarenko L.V.**, candidate of Technical Sciences, Associate Professor, FGBOU VO «Voronezh State University of Forestry and Technologies named after G.F. Morozov», Voronezh, Russia. «Воронежский лесотехнический университет имени Г.Ф. Морозова», Россия, Воронеж.

**Аннотация:** с техническим прогрессом и повышением качества жизни наши природные ресурсы истощаются, планета загрязняется, и это всё может стать причиной настоящей катастрофы. Но чтобы этого не случилось люди всё больше распространяют значимость экологии. Создаются новые течения, которые изменяют процессы производства. В этой статье рассказывается о новых возможностях, которые предоставляет биодизайн в сфере мебели, и как мы благодаря этому можем стать заботливее к природе.

**Abstract:** with technological progress and improved quality of life, our natural resources are being depleted, the planet is polluted, and all this can cause a real catastrophe. But to prevent this from happening, people are increasingly spreading the importance of ecology. New currents are being created that change production processes. This article talks about the new opportunities that biodesign provides in the field of furniture, and how we can become more caring for nature thanks to this.

**Ключевые слова:** экология, биодизайн, мебель из отходов, мицелий, переработка, нетрадиционные материалы.

**Keywords:** ecology, biodesign, furniture made from waste, mycelium, recycling, non-traditional materials.

Ни для кого не секрет, что в наше время возникает всё больше новых технологий. И они касаются каждой сферы жизни человека. Новый день преподносит нам удивительные открытия и изделия. У любого проекта есть своя задача, есть своя цель. С каждым годом всё

большее количество людей подхватывает всемирную волну тенденций и это отражается во всех изобретениях и увлечениях. Сейчас актуально направление экологической культуры, все в мире стремятся к сбережению ресурсов, к уменьшению загрязнений, к улучшению окружающей среды. Вместе с этим появляются новые течения в различных областях деятельности, которые также непосредственно связаны с живым миром. В сфере дизайна мебели природа может предстать не только в качестве объекта вдохновения, но и быть частью творений. Так появилось движение биодизайна.

Биодизайн – это метод решения дизайнерских задач с помощью возможностей биологических систем, часто для достижения лучшей экологической эффективности. Он является пересечением двух областей: биологии и дизайна. Это развивающееся направление, которое пользуется междисциплинарным подходом, изучает преимущества различных биоорганизмов, ищет способы создания совершенно новых экологичных и безопасных органических материалов. Именно биодизайн может внести большой вклад в развитие экономики замкнутого цикла, так как предоставляет возможность повторного использования отходов.

Ведущие производители со всего света переходят на сторону зелёной экономики, тем самым давая развиваться нетрадиционным материалам. Дизайнеры бросают вызов себе и окружающим, доказывая, что казавшийся ещё вчера мусор может стать солидной мебелью. Применение не ограничивается только производством предметов для интерьера, также оно имеет место в индустрии моды, архитектуре и здравоохранении. Некоторые натуральные компоненты, используемые в биодизайне, могут удивить и звучать немного странно, но вероятно именно за этими названиями кроется наше будущее. Остановимся на некоторых из них.

Рассмотрим самое развитое направление на данный момент – использование грибов в производстве мебели. В основном грибы используются не целиком, а лишь их малая часть, которая называется мицелием. Он представляет собой твёрдый материал, образующийся в процессе жизнедеятельности гриба. Чаще всего грибам дают перерабатывать древесину, либо те отходы, в которых присутствует целлюлоза (например, окурки от сигарет). Гриб помещают во влажную теплую среду, где он, пропуская через себя питательную для него базу, вырабатывает мицелий. Данный плотный материал является устойчивым к высоким температурам, что делает его безопаснее древесины.

Для того чтобы сделать конкретный вид мебели, сначала изготавливают форму, внутри которой будет расти гриб, затем, когда он заполнил собой все место, его вынимают и сушат. Далее обработают механически и термически, чтобы изделие обрело нужную крепость и форму. Тем самым можно увидеть, что на производство мебели не требуется много ресурсов и огромных мощностей, которые бы удорожали выходной продукт. На рисунке 1 представлены образцы материалов из мицелия.

Для некоторых людей грибы являются чем-то страшным и ядовитым, но на самом деле они окружают нас повсюду. Они являются составляющей почвы, перерабатывают и

удобряют растения, не погибают в космосе, на их основе производят лекарства, умеют контролировать поведение животных и растений и эта лишь малая изученная часть, так как зарегистрировано лишь около 10% видов грибов. Также важно отметить, что мебель и элементы декора из грибов экологичны и не оказывают пагубного воздействия на человека и природу, а даже наоборот очищают воздух от вредных частиц. Кроме того, данная мебель не требует особой утилизации, так как может быть просто превращена в компост, которым можно удобрить растения.



Рисунок 1 – Образцы материалов из мицелия

О том, что из грибов можно вырастить мебель и не только заявил впервые Филип Росс. Филип Росс — художник, лектор и соучредитель MycoWorks, более 30 лет работает на стыке искусства, дизайна и биотехнологий. Фил начал пробовать создавать материал из мицелия ещё в 1990-х годах. Его богатый жизненный опыт — работы в ресторане, в больнице, в растениеводстве — зародили иные методы и новые эксперименты в исследованиях над грибами. Благодаря им он обнаружил разнообразие форм, текстур и цветов, а также новые реакции грибов на различные раздражители.

Филип ввёл новый термин микотектура означающий строительство, проектирование и создание предметов с использованием мицелия. Его патенты и публикации занимают ключевую позицию в области материаловедения на основе мицелия. Работы Фила и его инсталляции демонстрировались на международном уровне, тем самое обретая всемирный интерес и вместе с этим спонсорство и сотрудничество с брендами. Благодаря им он может реализовывать новые проекты, которым является OpenFung

OpenFung активно внедряет инновации, открывая широкие возможности для производства высококачественных грибов для развития биоиндустрии. Это позволяет создавать продукты для различных отраслей, включая пищевую промышленность, производство материалов, медицину и многое другое. Элементы мебели и декора из мицелия представлены на рисунке 2.

Выращивание мицелия происходит в стерильных лабораторных условиях, в то время как в природе организм процветает благодаря разнообразным связям. Из-за этого несоответствия возникает проблема получения взаимной выгоды в процессе производства. Однако студия экспериментального дизайна и исследований материалов, основанная парижскими магистрами в области дизайна Мириам Джози и Стеллой Ли Проуз, разработали метод Aléa. Он позволяет выращивать грибы на органических отходах, используя землю в качестве формы для создания предметов. Примеры стульев на различных субстратах, выращенных в почве, представлены на рисунке 3.



Рисунок 2 – Элементы интерьера Филиппа Росса

При погружении в почву мицелий развивается в желаемых условиях и формирует субстрат, укрепляющий желаемый объект (стул, панель и т.д.). Мицелий продолжает расти за пределами плесени и процветает даже после сбора урожая — это открывает возможности для процесса интеграции способности мицелия питать, восстанавливать почвы и экосистемы, нарушенные человеком. Этот уникальный способ позволяет обойти существующие этапы микопроизводства, такие как стерилизация, дополнительные затраты энергии и пластиковые формы.



1 – с добавлением измельчённой бумаги; 2 – журналов; 3 – обрезок джинсовой ткани  
Рисунок 3 – Стулья из отходов, выращенные в почве

В России также не обошли это стороной и студенты ИТМО, руководителем которых является Дарья Токарева, занимаются переработкой мусора в мебель. Они отбирают тот мусор, в составе которого есть целлюлоза. Затем дают на переработку грибам, которых они вырастили, а это более 250 штаммов. Далее получают мебель и продают. Они сотрудничают с многими предприятиями, отходом которых является целлюлозосодержащими и производят свою продукцию. Но этот проект пока находится на стадии внедрения в бизнес идею. Но они работают над тем, чтобы можно было использовать и другие виды отходов. Их работы представлены на рисунке 4.

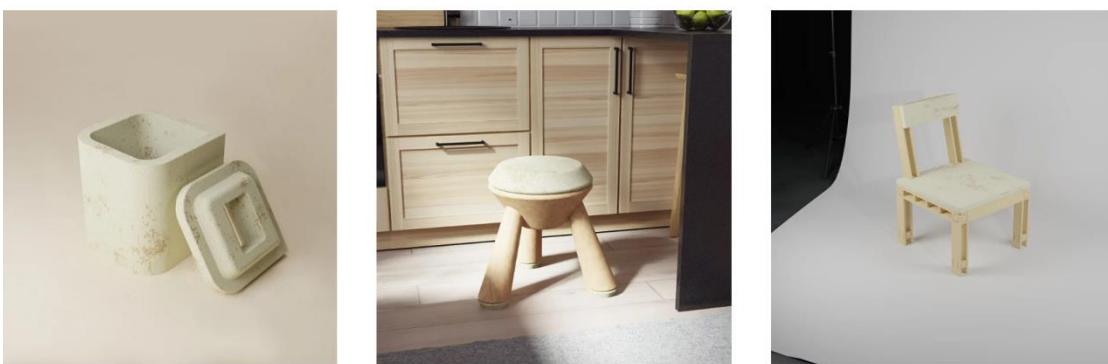


Рисунок 4 – Проект Дарьи Токаревой

Люди стали всё чаще пытаться изобрести новые виды материалов, которые будут экологичными и не требующими больших затрат. Инновации в дизайне, которые приходят из моря, не всегда полностью внедряются в промышленный цикл. Однако их потенциал хорошо известен. Дизайнер Самуэль Томатис сделал исследования морских водорослей центром своей работы. Он называет свое изобретение «материалом-хамелеоном», поскольку полученные текстуры могут имитировать металл, известняк, бакелит или стекло (рис. 5). В своей студии в Париже он изучает возможности нового материала. Из него можно делать предметы мебели, ткани и даже облицовку зданий.

Спирос Кизис, молодой греческий дизайнер вдохновился производством альтернативных материалов и представил свое творение под названием Artichair, буквально стул, изготовленный из волокон артишока. Его работа представлена на рисунке 8.

В Греции артишок можно считать сорным растением, так как оно очень выносливое и прорастает на больших территориях, но в отличие от простого растения, из него можно получить необычное волокно, которое можно широко применять в различных сферах производства.

Сиденье, основанное на нескольких ремесленных и полупромышленных рецептах, приготовленных в мастерской и лаборатории представлено на рисунке 6. Оно демонстрирует и подтверждает технические и эстетические возможности материала. Этот объект образован в результате сплава природного связующего вещества с различными разновидностями водорослей, которые здесь заменяют стекловолокно и играют особую роль в структуре этого

композитного материала. Переработка биокомпозитов путем измельчения и просеивания позволила восстановить определенные волокна, которые можно повторно вводить в термопласт.

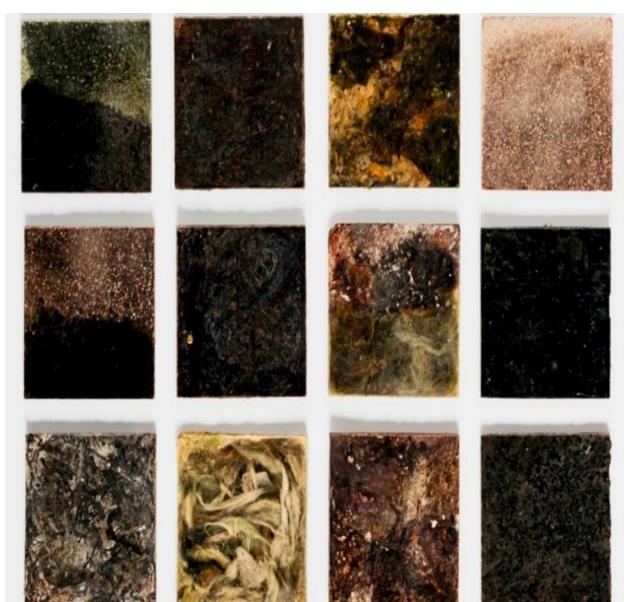


Рисунок 5 – Образцы текстур, представленные Самуэлем Томатисом



Рисунок 6 – Сиденье из биокомпозита с добавлением водорослей

Также дизайнер мебели из Германии Кэролайн Перч, впервые прославилась среди экспертов своей сферы, создавая изделия из вторично переработанных материалов. Она представила материал за основу которого были взяты водоросли под названием Взморник.

Это растение растёт в большом количестве и в свободном доступе, люди считают его мусором, тем самым онововсе ничего не стоит. Но если водоросли очистить, убрать из них различные встречаемые примеси, высушить и смешать со смолой, то можно получить очень стильные табуреты, сидение которых напоминают на пробковые.

Кэролайн представила свою коллекцию мебели, состоящие из четырёх стульев разных оттенков. Их цвет зависит от содержания хлорофилла в водорослях. Коллекция представлена на рисунке 7.

Спирос Кизис, молодой греческий дизайнер вдохновился производством альтернативных материалов и представил свое творение под названием Artichair, буквально стул, изготовленный из волокон артишока. Его работа представлена на рисунке 8.

В Греции артишок можно считать сорным растением, так как оно очень выносливое и прорастает на больших территориях, но в отличие от простого растения, из него можно получить необычное волокно, которое можно широко применять в различных сферах производства.

Несмотря на то, что Artichair всё ещё находится на стадии прототипа, можно предложить этот материал, как био-альтернатива пластику. Ведь в новом материале

сочетаются отходы сельскохозяйственных работ, органическая эпоксидная смола и остальные производные чертополоха. В результате мы получаем очень пластичный и конечно полностью биоразлагаемый ресурс, который можно использовать также в качестве биотоплива и компоста для следующего сбора чертополоха.



Рисунок 7 – Стулья от Кэролайн Перч из водорослей



Рисунок 8 – Стул из волокон артишока

Компания из Италии Sikalindi является изобретателями и производителями материала из кактуса опунция. Волокнистая часть этого растения служит в качестве исходного сырья для создания многослойных плит и шпона.

Опунция – кактус, вырастающий до 6 м, является одним из самых распространённых и быстрорастущим видом. Они размножаются с достаточной скоростью, чтобы представлять угрозу для других растений. Мексиканцы, на чьей территории растёт половина всех подвидов опунций, регулярно прореживают их, используя как пищевое или кормовое растение.

Созданный композит на основе растительных волокон кактуса и смолы напоминает классическое дерево, но более волокнистого на вид (рис. 9). Одним из плюсов использования растений в качестве компонентов, является сокращение потребления натуральной древесины, так как из опунции можно сделать шпон для облицовывания различных поверхностей.

Новый материал получил признание многих дизайнеров, исследующих его возможности для создания мебели и других элементов интерьера. Кроме того, панели из кактуса могут быть использованы для внутренней отделки помещений. Производитель Sikalindi гарантирует долговечность и прочность материала, напоминающий нам привычное дерево.



Рисунок 9 – Текстура стола из кактуса опунция

Фернандо Лапосс — мексиканский дизайнер, получивший степень в области промышленного дизайна в Центральном колледже искусства и дизайна имени Святого Мартина. В своих работах он использует новые растительные волокна для создания удивительных дизайнерских объектов, подчёркивая их экологичность и способность к переработке.

В 2015 году Лапосс, проходя стажировку в своей родной Мексике, вдохновился рынками своего детства, что привело к созданию Totomoxtle — проекта по производству шпона из кукурузы. Новый материал имеет яркий спектр цветов: от тёмно-фиолетового до нежно-кремового. Натуральная цветовая гамма видов мексиканской кукурузы и шпон представлены на рисунке 10. Проект Totomoxtle направлен не только на эстетику, но и на возрождение традиционного сельского хозяйства в Мексике и сохранение биоразнообразия.

Создание маркетри из шпона кукурузы является трудоёмким процессом. Фернандо и другие мастера сушат кукурузу в течение нескольких месяцев. Затем аккуратно срезают кукурузную шелуху, чтобы сохранить её форму. Её замачивают, разглаживают и приклеивают термоклеем к бумажной или текстильной основе. С помощью специального штампа создают геометрические формы, а для более сложных узоров используют лазерную

резку. Последний этап — покрытие водоотталкивающим маслом. Получившиеся необыкновенная мозаиканосится на лампы, стены или столы.

Totomoxtle стало новым ремеслом, создающее рабочие места для переработки шелухи в конечный материал. В противном случае, это можно было считать отходом, а так оно стало для местных фермеров одним из способов заработка.

Выпускница Академии дизайна в Эйндховене Тамара Орджола создала мебель и ковры ForestWool из переработанных сосновых иголок, оставшихся после лесозаготовки. Она исследовала потенциал миллиардов хвойных игл, оставшихся от лесной промышленности ипоняла, что сухие иголки могут быть прекрасной альтернативой для всех видов волокон, включая хлопок и койру.



Рисунок 10 – Шпон из разных сортов мексиканской кукурузы

*«Всё начинается с исследования забытой ценности растений и технологий, —* — сказала она для журнала Dezeen. — *Существует множество знаний и представлений, которые мы передавали из поколения в поколение, но которые были забыты из-за развития массового производства».*

Измельчая, замачивая, пропаривая, связывая и прессуя хвою, компания дизайнера Ojola извлекает из неё волокна и превращает их в бумагу, текстиль и композитные доски, из которых изготавливают мебель (рис. 11). Этот процесс также позволяет извлекать и использовать эфирные масла и красители.

Особенность, которая может относится к недостатку—панели из хвои нельзя соединять никаким крепёжным изделием, материал может просто не выдержать. Поэтому все плиты соединяются с помощью специальных вставок по принципу конструктора LEGO.

В настоящее время Ojola ищет партнёра для дальнейшей разработки и масштабирования производства своего материала, чтобы в дальнейшем включить его в ассортимент выпускаемой продукции крупных производителей мебели, например IKEA.



Рисунок 11 – Табурет из панелей прессованной хвои

Кроме использования самых необычных материалов и отходов можно делать мебель из обычных деревьев, но не традиционном способом, а путем изменения формы самого растения в процессе роста. Так в Англии в графстве Дербишир есть ферма Гэвина и Элис Манро, где деревья растут вокруг пластиковых конструкций, тем самым обвивая и принимая их форму на всю оставшиеся жизнь (см. рис. 12).

С самого детства Гэвин носил в голове образ дерева бонсай, что росло в родительском саду. Его ствол был очень похожим на стул. Уже тогда он догадывался, что можно на рост деревьев можно влиять, получая от природы почти готовую вещь. После долгих лет лечения позвоночника, когда врачи помогали ему выпрямиться с помощью медицинских корсетов, эта идея стала ещё более привлекательной для него.



Рисунок 12 – Предметы мебели из деревьев Манро

В итоге он пришёл к выводу, что вместо ожидания созревания дерева и прохождения им множества этапов обработки и дальнейшего производства, можно вырастить мебель прямо на грядке, позволяя природе создавать свои уникальные узоры, согласно заданному

направлению. Именно это послужило созданию и организации первой фермы для выращивания мебели—FullGrow.

Рост деревьев нуждается в контроле. После посадки дерева, нужно подождать, когда оно немного подрастёт. Затем переместить в специальную форму или направить на обвивание пластиковых конструкций. Процесс роста деревьев изображен на рисунке 13.

Если что-то начало расти «в сторону», то обученная команда всё вовремя обрезает и заботится о каждом деревце-мебели.

В таком понимании дерево предстаёт «3D-принтером, поглощающим углерод». Ведь каждое дерево создаёт материал и свою особенную форму, используя чудо фотосинтеза. Конечно же производство занимает много времени (например, для выращивания стула из ивы требуется 3-4 года, из дуба — 6-10 лет) и является дорогим, но зато не требует столярских умений и выглядит как природный шедевр.

Все эти примеры дают нам представление, что мир дизайна не стоит на месте и каждый день придумываются новые интересные решения. Но самое главное, что они экологичны и сделаны буквально из мусора, что вызывает еще больший восторг и надежду на то, что это войдет в нашу жизнь и эти предметы будут украшать интерьеры каждого дома.



Рисунок 13 – Процесс выращивания деревьев на пластиковых конструкциях

Экодизайн символизирует понимание грамотного использования ресурсов и правильное обращение с отходами. Биодизайн, основанный на исследовании новых материалов природного происхождения, позволяет ставить под сомнение процессы производства — от добычи сырья и изготовления продукции до ее распределения и утилизации. В России тема экологии набирает обороты, но пока нет крупных производств, которые помогли бы большему её распространению. Поэтому все предметы из эко-материалов являются дорогостоящими. Но если все производители внедрят идею превращения отходов в доходы, то тогда мы можем быть уверены, что наша Земля станет чище и зеленее.

## Список литературы

1. Филип Росс изготавливает мебель из мицелия. – URL: <https://www.sfgate.com/homeandgarden/article/Philip-Ross-crafts-furniture-from-mycelium-4116989.php> (Дата обращения 12.10.24).
2. Что такое биодизайн и можно ли его использовать в архитектуре? – URL: <https://thermory.com/blog-and-news/biodesign/> (Дата обращения 12.10.24).
3. Новая ЭКОномика: студенты из Петербурга развивают стартап по переработке отходов при помощи грибов. – URL: <https://vc.ru/future/655254-novaya-ekonomika-studenty-iz-peterburga-razvivayut-startap-po-pererabotke-othodov-pri-pomoshchi-gribov> (Дата обращения 12.10.24).
4. SPAWN: где из мусора и грибов выращивают уникальные вещи. – URL: [https://boomstarter.ru/projects/1126294/spawn\\_delaem\\_unikalnye\\_veschi\\_iz\\_musora\\_i\\_othodov](https://boomstarter.ru/projects/1126294/spawn_delaem_unikalnye_veschi_iz_musora_i_othodov) (Дата обращения 12.10.24).
5. Плантации мебели. – URL: [https://sloww.ru/full\\_grown](https://sloww.ru/full_grown) (Дата обращения 12.10.24).
6. Сохраняем мексиканскую кукурузу, ставшую семейной реликвией, с помощью великолепной мебели. – URL: <https://www.atlasobscura.com/articles/art-made-from-corn> (Дата обращения 12.10.24).
7. Тамара Оржола изготавливает мебель и текстиль из сосновых иголок. – URL: <https://www.dezeen.com/2016/11/07/tamara-orjola-forest-wool-pine-needle-furniture-textiles-sustainable-dutch-design-week-2016/> (Дата обращения 12.10.24).
8. Живая материя: революционный дизайн из мира науки. – URL: <https://mydecor.ru/heroes/design/zhevaya-materiya-revolucionnyi-dizain-iz-mira-nauki-id6867654/> (Дата обращения 12.10.24).

## References

1. Philip Ross makes furniture from mycelium. – URL: <https://www.sfgate.com/homeandgarden/article/Philip-Ross-crafts-furniture-from-mycelium-4116989.php> (Accessed 12.10.24).
2. What is biodesign and can it be used in architecture? – URL: <https://thermory.com/blog-and-news/biodesign/> (Accessed 12.10.24).
3. New Economy: students from St. Petersburg develop a startup for recycling waste using mushrooms. – URL: <https://vc.ru/future/655254-novaya-ekonomika-studenty-iz-peterburga-razvivayut-startap-po-pererabotke-othodov-pri-pomoshchi-gribov> (Accessed 12.10.24).
4. SPAWN: where unique things are grown from garbage and mushrooms. – URL: [https://boomstarter.ru/projects/1126294/spawn\\_delaem\\_unikalnye\\_veschi\\_iz\\_musora\\_i\\_othodov](https://boomstarter.ru/projects/1126294/spawn_delaem_unikalnye_veschi_iz_musora_i_othodov) (Accessed 12.10.24).
5. Furniture plantations. – URL: [https://sloww.ru/full\\_grown](https://sloww.ru/full_grown) (Accessed 12.10.24).

6. We preserve Mexican corn, which has become a family heirloom, with the help of magnificent furniture. – URL: <https://www.atlasobscura.com/articles/art-made-from-corn> (Accessed 12.10.24).

7. Tamara Orzhola makes furniture and textiles from pine needles. – URL: <https://www.dezeen.com/2016/11/07/tamara-orjola-forest-wool-pine-needle-furniture-textiles-sustainable-dutch-design-week-2016/> (Accessed 12.10.24).

8. Living matter: a revolutionary design from the world of science. – URL: <https://mydecor.ru/heroes/design/zhivaya-materiya-revolucionnyi-dizain-iz-mira-nauki-id6867654/> (Accessed 12.10.24).

DOI: 10.58168/TBiEc2025\_45-50

УДК 330.341

## ПЕРСПЕКТИВЫ ИННОВАЦИОННОГО РАЗВИТИЯ ЛПК В УСЛОВИЯХ НОВОЙ КОНКУРЕНЦИИ

### PROSPECTS OF INNOVATIVE DEVELOPMENT OF LPC IN THE CONTEXT OF NEW COMPETITION

**Бутко Г.П.**, д.э.н., профессор ФГБОУ ВО «Уральский государственный экономический университет», Екатеринбург, Россия.

**Меньшикова М.А.**, д.э.н., профессор, ФГБОУ ВО «Технологический университет им. Дважды Героя дважды Героя Советского Союза, летчика-космонавта А.А. Леонова», Королев, Россия.

**Butko G.P.**, doctor of Economics, Professor, Ural State University of Economics, Yekaterinburg, Russia.

**Menshikova M.A.**, doctor of Economics, Professor, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education «Technological University named after Twice a hero twice Hero of the Soviet Union, cosmonaut A.A. Leonov», Korolev, Russia.

**Аннотация:** в статье рассмотрены вопросы состояния и возможных перспектив развития лесного комплекса. Акцентируется внимание на устойчивость и обеспечение экономической безопасности. Обозначены разновидности инновационных перспектив организации, способствующих формированию стратегии устойчивого развития и дополнению прогрессивных изменений в производственный процесс в условиях новой конкуренции. Предложена модель новой конкуренции как SCOR-модель, которая обеспечивает структурированную основу, описывающую организационные процессы. Выделены новые формы инноваций, усложнение цифровых платформ.

**Abstract:** the article discusses the issues of the state and possible prospects for the development of the forest complex. The focus is on sustainability and ensuring economic security. The types of innovative perspectives of the organization that contribute to the formation of a sustainable development strategy and complement progressive changes in the production process in the face of new competition are outlined. A model of new competition is proposed as a SCOR model, which provides a structured framework describing organizational processes. New forms of innovation and the increasing complexity of digital platforms are highlighted.

**Ключевые слова:** инновационное развитие, новая конкуренция, лесной комплекс (ЛПК), перспективы развития

**Keywords:** innovative development, new competition, forest complex (LPC), development prospects

**Введение.** Функциональное управление в ЛПК нацелено на поддержание и сохранение стабильных условий для производства и внедрения прогрессивных локальных инноваций. Стратегическая инноватика с точки зрения проектного управления решает глобальные цели предприятия по их функционированию в долгосрочной перспективе, способствует достижению целей, направленных не на получение текущей прибыли, а на соответствие запросу потребителя. Инновационная деятельность подобного масштаба включает в себя не одну, а комплекс функций, и затрагивает все стороны и этапы развития и существования предприятия как бизнес-идеи.

В условиях нестабильной экономики важным моментом выступает выбор эффективного направления развития, учитываяющего устойчивость, прежде всего и в будущем возможность координировать ее на основе инновационных возможностей.

В зависимости от макроэкономической ситуации можно выделить различные виды инновационных возможностей организации, способствующих формированию стратегии устойчивого развития и внесению необходимых изменений в процесс внедрения прогрессивных технологий производственной деятельности в условиях новой конкуренции. Для лесного комплекса алгоритм представленного подхода поэтапно следующий:

- 1 этап. Усиление глобализации и рост концентрации рынков лесопродукции.
- 2 этап. Развитие предпринимательских платформ, учитывающих позиции СВО.
- 3 этап. Новые формы инноваций.
- 4 этап. Усложнение цифровых платформ.

Акцентируем внимание на таких факторах как:

1. Диверсификация.
2. Цифровизация в области производства, потребления и обмена.
3. Усиление обмена информацией и полученными знаниями.
4. Подход базируется на принципах новой конкуренции.
5. Последовательность осуществления инновационного процесса с позиции проектного управления целесообразно рассматривать в условиях новой конкуренции.

Новая конкуренция не является совершенно «ноу-хай» понятием для лесного комплекса. Еще в период правительственные реформ именно данная отрасль не получила должного финансового обеспечения и правового регулирования со стороны государства. В то время как газовая и нефтяная промышленности во многом оказались в выигрышной ситуации с многочисленными привилегиями.

Модель новой конкуренции представляется с авторской точки зрения, прежде всего, с позиции развития рынка лесопродукции и лесных товаров, в том числе и перспективных товаров-заменителей лесопродукции. Примером являются такие виды продукции как пеллеты, полученные из пыли и мелкозерновых опилок на крупном бизнес-объекте «Свеза» в Верхней Синячихе в Алапаевском районе Свердловской области. Еще одним показателем назовем и производство многоразмерных тарных комплектов, выпускаемых на бывшем АО

«Лобва» в Ново-Лялинском районе Свердловской области. Особенностью исследования является возможность акцента на направления развития.

Выбор направлений развития разнообразен и может быть представлен следующим образом:

- Операционная инновационная деятельность.
- Стратегическая инновационная деятельность

Операционная инновационная деятельность имеет научно обоснованную базу [1]. Особенности стратегической инноватики как объекта проектного управления имеют свои особенности.

Перспективы развития и эффективный механизм реализации авторских подходов позволяет обосновать возможность использования цифровых технологий на перспективный период стратегии в контексте рискового общества и условиях обеспечения экономической безопасности.

Рынок лесопродукции имеет свои весьма существенные особенности и черты.

Он включает в себя следующие группы товаров, дающие конкурентные преимущества:

1. Новые технологии;
2. Новые или изменившиеся запросы потребителей;
3. Появление нового сегмента рынка;
4. Изменение стоимости или наличия компонентов производства;
5. Изменение правительственного регулирования.

Одной из особенностей настоящего периода для лесного комплекса являются сложные последствия приватизации. Десятки вплоть до сотни хозяйствующих субъектов промышленности разорены и «проданы с молотка». Население обжитых лесных поселков, таким образом, осталось практически без работы и вынуждены выезжать на работы в другие регионы.

Среди наиболее мобильных условий новой конкуренции отметим турбулентность внешнего окружение и непосредственно среды проживания в том или ином населенном пункте. Дальнейшее развитие возможно на основе внедрения информационных технологий.

В условиях возможности эффективного развития, как правило, информационные технологии выступают основой по ряду перспективных экономических направлениях лесного бизнеса [1]. Значимым выступает и обсуждение проблемы с точки зрения рейтинговой оценки производителей и товара [2].

Подчеркнем, что современные подходы в области создания информационных технологий дают возможность автоматизировать предпринимательские структуры, скоординировать продвижение лесных товаров и создать условия для результативного управления цепочкой поставок.

В настоящее время управление цепочками поставок (SCM) становится ключевым элементом успеха и снижения рисков, так как способность компаний повышать

эффективность всей цепи поставок напрямую влияет на их рыночные позиции. Рост глобализации и конкуренции требует от компаний регулирования цепочек поставок.

При такой постановке вопроса конкурентные позиции определяются не только качеством работы отдельных объектов, но и эффективностью всей цепочки поставок, в границах их ограничения.

Одной из моделей новой конкуренции выступает SCOR-модель, которая обеспечивает структурированную основу, описывает организационные процессы с позиции взаимодействия с ключевыми партнёрами, и отражает общую эффективность функционирования организации. Модель SCOR основана на таких ключевых параметрах как:

- результативность,
- процессы,
- практики,
- человеческий капитал [4].

По нашему мнению, правильное использование сочетаниями представленных параметров позволит обеспечить устойчивость и конкурентные позиции компаний, учитывая при этом ее размер.

Представленная модель состоит из 12 показателей производительности, сгруппированных по пятиосновным направлениям [4]: надежность, отзывчивость, гибкость, стоимость и эффективность управления активами. Эти направления охватывают все ключевые аспекты функционирования цепочек поставок и позволяют комплексно оценивать их результативность.

В результате начального предварительного анализа деятельности исследуемых промышленных объектов ЛПК. Были собраны и проанализированы данные по четырём ключевым метрикам, характеризующим результативность управления цепочкой поставок [5].

В процессе исследования получены сводные статистические показатели, полученные в результате обработки данных по индикатору «Продуктивность» (PROD) и показателям «Эффективность поставок» (DP), «Время выполнения заказа» (RT), «Добавленная стоимость производительности рабочего» (VEP), «Оборачиваемость активов» (AT) с использованием программы Eviews.

Влияние эффективности управления цепями поставок проявляется через два ключевых фактора - эффективность поставок (надежность цепочки поставок) и добавленную стоимость производительности рабочих (вклад работников в производственный процесс внутри цепочки).

Измерение результативности управления цепочками поставок лесопродукции требует применения комплексных показателей, отражающих эффективность функционирования всей цепи - от поставщиков до конечного конкретного потребителя [6].

В предлагаемом варианте целесообразно использовать результаты внедрения инновационных продуктов как бизнес-критичных систем. В составе последних - новые знания и опыт работы с продуктами заменителями древесных ресурсов с открытым исходным кодом [7-9].

Такой подход позволит учесть компетенциями ведущих технологических партнеров, что важно в решении поставленных задач с точки зрения апробации инновационных проектов в условиях модернизации существующих лесных компаний.

#### Заключение.

Для обоснования перспективных направлений развития важно анализировать конкурентные позиции с учетом многоцелевого использования взаимозаменяемых видов лесных ресурсов в рамках возможных рисков и реализации корпоративно-организационных и продуктовых инноваций.

Отметим, что приоритетом является расширение хозяйственной деятельности лесных компаний в направлении информационных технологий и «upstream-процессов» с использованием продуктовых инноваций цепочки поставок, в наиболее приемлемом варианте в виде стратегических партнерств.

### Список литературы

1. Бутко Г.П., Меньшикова М.А. Информационные технологии как фактор повышения эффективности в контексте рискового общества. В сборнике: BI-технологии и корпоративные информационные системы в оптимизации бизнес-процессов в цифровой экономике. Материалы 11I Всероссийской научно-практической очно-заочной конференции. Екатеринбург. УрГЭУ 2024. 17 мая. С. 40-43.
2. Безрукова Т.Л., Какоу Н.Р. Методика оценки сбалансированного развития инновационно-инвестиционной деятельности экономической системы. ФЭС. Финансы. Экономика. Стратегия. - 2021. – Т.18. - № 1. С.59-72
3. Ильин С.М., Самарская Н.А., Симанович С.В. Исследование взаимосвязи плотности коммуникативного пространства и условий труда работников индустрии // Экономика труда. – 2023. –ом 10. – № 6. – С. 923-936. – doi: 10.18334/et.10.6.117885.
4. Хуанг С., Али С.М., Нгуен Х.Т., Алам М., Ли Х., «Практики устойчивого управления цепочками поставок и их влияние на эффективность деятельности предприятий: данные из производственного сектора», Cleaner Logistics and Supply Chain, том 5, Амстердам, Нидерланды, 2025, с. 01.
5. Рохан Р., Кумар С., Мехта П., Ахмед А., «Модель управления цепочками поставок на основе цифрового двойника для повышения эффективности бизнеса в производственной отрасли», Procedia Computer Science, том 229, Амстердам, Нидерланды, 2025, с. 01–02.
6. Максименко И.А. Архитектура факторов конкурентной устойчивости бизнеса // Экономика, предпринимательство и право. – 2022. – Том 12. – № 2. – С. 709-728. – doi: 10.18334/epp.12.2.114277.
7. Бутко Г.П. Ресурсы инноваций. УГЛТУ. Научное издание. 2021. – 135 с.
8. Мехренцев А. В., Бутко Г. П., Герц Э. Ф. О рациональной производственной

структуре регионального лесопромышленного комплекса Свердловской области в контексте цифровых технологий // Системы. Методы. Технологии. – 2021. – № 1 (49). – С. 72–77.

9. Яковенко Н. В., Бутко Г. П., Мехренцев А. В. Типологические особенности инновационного развития ЛПК // Актуальные направления научных исследований в XXI веке: теория и практика. – 2022. – Т. 10, № 2 (57). – С. 124–138.

## References

1. Butko G.P. Menshikova M.A. Information technology as a factor of efficiency improvement in the context of a risky society. In the collection: BI-technologies and corporate information systems in optimizing business processes in the digital economy. Materials of the 11th All-Russian Scientific and Practical correspondence Conference. Yekaterinburg. USUE 2024. May 17. pp. 40-43.
2. Bezrukova T.L., Kakou N.R. Methodology for assessing the balanced development of innovation and investment activities of the economic system. FES. Finance. Economy. Strategy. 2021. Vol.18. No. 1. pp.59-72
3. Ilyin S.M., Samarskaya N.A., Simanovich S.V. Investigation of the relationship between the density of the communicative space and the working conditions of industrial workers // Labor economics. – 2023. –om 10. – No. 6. – pp. 923-936. – doi: 10.18334/et.10.6.117885.
4. Huang S., Ali S.M., Nguyen H.T., Alam M., Li H., "Sustainable supply chain management practices and their impact on enterprise performance: data from Cleaner Logistics and Supply Chain, Volume 5, Amsterdam, Netherlands, 2025, p. 01.
5. Rohan R, Kumar S, Mehta P, Ahmed A, "A Digital Twin-Based Supply Chain Management Model for Business Efficiency in the Manufacturing Industry," Procedure Computer Science, Volume 229, Amsterdam, Netherlands, 2025, p. 01-02.
6. Maksimenko I.A. Architecture of factors of competitive stability of business//Economics, entrepreneurship and law. – 2022. - Volume 12. – № 2. - S. 709-728. – doi: 10.18334/epp.12.2.114277.
7. Butko G.P. Innovation Resources. UGLUTU. Scientific publication. 2021. - 135 s.
8. Mehrentsev A.V., Butko G.P., Hertz E.F. On the rational production structure of the regional timber industry complex of the Sverdlovsk region in the context of digital technologies//Systems. Methods. Technology. – 2021. – № 1 (49). - S. 72 – 77.
9. Yakovenko N.V., Butko G.P., Mehrentsev A.V. Typological features of the innovative development of LPK//Actual directions of scientific research in the XXI century: theory and practice. – 2022. - T. 10, NO. 2 (57). - S. 124 – 138.

DOI: 10.58168/TBiEc2025\_51-56

УДК 712.25

## **НАПРАВЛЕНИЯ СТРАТЕГИЧЕСКОГО РАЗВИТИЯ РЕКРЕАЦИОННЫХ ЗОН**

### **ДОНБАССА: ОТ ВОССТАНОВЛЕНИЯ К УСТОЙЧИВОМУ РОСТУ**

### **DIRECTIONS OF STRATEGIC DEVELOPMENT OF RECREATIONAL AREAS**

### **OF DONBASS: FROM RECOVERY TO SUSTAINABLE GROWTH**

**Волошина О.В.**, преподаватель высшей категории ФГБОУ ВО «Воронежский государственный лесотехнический университет имени Г.Ф. Морозова», Воронеж, Россия.

**Voloshina O.V.**, teacher of the highest category FGBOU VO «Voronezh State University of Forestry and Technologies named after G.F. Morozov», Voronezh, Russia.

**Аннотация:** в статье рассматриваются перспективы развития рекреационных зон на территории городов Донецкого региона. Проведен анализ существующих природных ресурсов, на базе которых возможна организация рекреационных комплексов, а также объектов ландшафтной архитектуры для осуществления отдыха городского населения. Анализ существующей на сегодняшний день системы рекреационной деятельности Донбасса позволяет сделать выводы о необходимости её активного развития для соответствия современным требованиям, включая экономические, экологические, санитарно-гигиенические, функциональные, а также архитектурно-ландшафтные аспекты.

**Abstract:** the article examines the prospects for the development of recreational zones in the cities of the Donetsk region. An analysis of existing natural resources is conducted, on the basis of which it is possible to organize recreational complexes, as well as landscape architecture objects for the recreation of the urban population. An analysis of the current system of recreational activities in Donbass allows us to draw conclusions about the need for its active development to meet modern requirements, including economic, environmental, sanitary and hygienic, functional, and architectural and landscape aspects.

**Ключевые слова:** городская рекреационная зона, стратегические направления развития, экологичность, функционал, комплекс, Донбасс, отдых, ландшафт, организация, ресурсы.

**Keywords:** urban recreational area, strategic development directions, environmental friendliness, functionality, complex, Donbass, recreation, landscape, organization, resources.

Донбасс – регион с богатым историческим наследием и уникальными природными ландшафтами – традиционно ассоциируется с промышленностью и угледобычей. Однако, наряду с индустриальным потенциалом, Донбасс обладает значительным рекреационным

ресурсом, который, к сожалению, на протяжении длительного времени оставался недооцененным и нереализованным. Военные действия и социально-экономические потрясения последних лет нанесли колоссальный урон инфраструктуре и экологическому состоянию региона, в том числе и его рекреационным зонам.

В настоящее время, когда на повестке дня стоит вопрос о восстановлении и устойчивом развитии Донбасса, стратегическое развитие рекреационных зон приобретает особое значение. Рекреация не только способствует улучшению качества жизни населения и восстановлению его физического и психологического здоровья, но и является важным фактором диверсификации экономики, создания новых рабочих мест и привлечения инвестиций.

Определение стратегических направлений развития рекреационных зон Донбасса требует комплексного подхода, учитывающего социально-экономические, экологические и историко-культурные особенности региона [4]. Важно понимать, что прежние подходы, ориентированные преимущественно на экстенсивное использование природных ресурсов и не учитывающие современные тенденции развития рекреационной индустрии, более не актуальны. Необходима переориентация на устойчивое развитие, подразумевающее сбалансированное использование рекреационных ресурсов, сохранение природного и культурного наследия и обеспечение социальной справедливости.

Есть важные аспекты развития рекреационного потенциала Донбасса, которые рассмотрим ниже.

Одним из приоритетных аспектов является экологическая реабилитация и восстановление природного потенциала, так как военные действия и промышленное прошлое привели к значительной деградации окружающей среды Донбасса. Восстановление природного потенциала рекреационных зон является первоочередной задачей, без решения которой невозможно говорить о дальнейшем развитии рекреации, здесь нужно выделить некоторые важные моменты.

Рекультивация нарушенных земель предполагает необходимость проведения масштабных работ по реконструкции территорий, пострадавших от горных разработок, загрязненных промышленными отходами и военными действиями. Рекультивация должна включать в себя не только технические мероприятия по выравниванию поверхности и нанесению плодородного слоя, но и биологическую составляющую, направленную на восстановление растительного покрова и биоразнообразия.

Следующий немаловажный момент – это очистка водных объектов, здесь особое внимание следует уделить очистке рек, озер и водохранилищ, загрязненных промышленными стоками и отходами. Необходимо внедрение современных технологий очистки воды, а также восстановление прибрежных зон и создание благоприятных условий для обитания водных организмов [1]. В Донецке, где немного лесов и водоемов, но много солнечных дней, организация летнего отдыха у местных водоемов особенно важна. Не все жители мегаполиса могут уехать далеко на отдых, поэтому нужно улучшить рекреационные

возможности внутри города. Водоемы привлекают людей возможностью купаться, рыбачить и просто наслаждаться природой. Отдых у воды положительно влияет на здоровье и даже повышает производительность труда. Чтобы развить рекреацию на водоемах Донецка, необходимо оценить, какие водоемы лучше всего подходят для отдыха и провести благоустройство – оборудовать пляжи и места для отдыха. Примером может служить Авдеевский карьер, который, несмотря на недостатки (неровное дно), популярен у отдыхающих. Его можно использовать для отдыха почти без затрат, просто поддерживая чистоту. Создание аквапарка на его территории было бы отличным решением для отдыха дончан и выгодным вложением средств. В Донецке есть 23 пруда и искусственное Донецкое море, которые также можно использовать в рекреационных целях [1].

Важно уделить внимание охране и восстановлению лесных массивов, поскольку леса играют важную роль в регулировании климата, поддержании водного баланса и обеспечении рекреационных ресурсов. Требуется усиление мер по охране лесов от пожаров и незаконных рубок, а также проведение мероприятий по восстановлению деградировавших лесных насаждений.

Необходимо также уделить внимание созданию и развитию особо охраняемых природных территорий (ООПТ), так как ООПТ являются важным инструментом сохранения биоразнообразия и поддержания экологического баланса. Возможно расширение сети существующих ООПТ и создание новых, особенно в районах, обладающих уникальными природными ландшафтами и нуждающихся в особой охране.

Следующим важным моментом можно отметить развитие инфраструктуры и улучшение доступности рекреационных зон, поскольку недостаточная развитость инфраструктуры и транспортная недоступность являются серьезным препятствием для развития рекреации в Донбассе. С этой целью нужно проведение масштабных работ по строительству и реконструкции дорог, гостиниц, кемпингов, объектов общественного питания и других объектов, необходимых для комфортного отдыха и пребывания туристов [3].

Здесь важно уделить внимание строительству и реконструкции дорожной сети, улучшению качества дорог, связывающих основные населенные пункты с рекреационными зонами, а также создание новых автомобильных и велосипедных маршрутов, проходящих через живописные ландшафты.

Немаловажный аспект – развитие гостиничной инфраструктуры, строительство новых гостиниц и кемпингов, отвечающих современным требованиям комфорта и безопасности, а также реконструкция существующих объектов размещения. Важно учитывать различные категории туристов и предлагать разнообразные варианты размещения, от экономичных до люксовых. Актуально создание объектов общественного питания, развитие сети кафе, ресторанов и закусочных, предлагающих разнообразные блюда местной кухни и, безусловно, отвечающих требованиям санитарной безопасности.

Развитие транспортной инфраструктуры позволит улучшить доступность рекреационных зон, в том числе за счет развития общественного транспорта (автобусы, электрички), а также организации туристических маршрутов с использованием различных видов транспорта (автомобили, велосипеды, лодки).

Далее стоит отметить развитие различных видов туризма, ориентированных на специфику Донбасса, поскольку этот регион обладает уникальными природными, историческими и культурными ресурсами, которые могут быть использованы для развития различных видов туризма, ориентированных на специфику данного региона [4]. Донбасс обладает живописными ландшафтами, включая степи, леса, меловые горы и водные объекты, поэтому экологический туризм может включать в себя пешие и велосипедные прогулки по экологическим тропам, наблюдение за птицами и животными, посещение ООПТ и участие в экологических акциях. Промышленное прошлое Донбасса оставило после себя уникальные индустриальные ландшафты, которые могут быть интересны для любителей индустриального туризма, возможна организация безопасных экскурсий на заброшенные шахты, карьеры и заводы, а также посещение действующих промышленных предприятий.

На территории Донбасса проходили важные сражения Великой Отечественной войны. Военно-исторический туризм может включать в себя посещение мемориальных комплексов, музеев военной истории, а также реконструкций исторических событий [3]. Донбасс обладает богатым культурным наследием, включающим в себя народные традиции, ремесла и промыслы. Культурно-познавательный туризм может включать в себя посещение музеев, театров, исторических памятников, а также участие в народных праздниках и фестивалях.

Что касается оздоровительного туризма, то Донбасс обладает минеральными источниками и лечебными грязями, которые могут быть использованы для развития данного направления. Здесь важно обеспечить возможности для создания оздоровительной инфраструктуры: санаториев и пансионатов, предлагающих различные виды оздоровления, лечения и реабилитации.

Развитие малого и среднего бизнеса является существенным фактором создания новых рабочих мест и повышения конкурентоспособности рекреационной индустрии Донбасса. Необходима поддержка предпринимателей, занятых в сфере рекреации и туризма, предоставление им льготных кредитов, грантов и субсидий в сфере рекреации и туризма, а также оказание консультативной и информационной поддержки [2]. Важное условие – создание благоприятных условий для развития малого и среднего бизнеса, упрощение процедур регистрации и лицензирования, снижение административных барьеров, а также обеспечение благоприятного инвестиционного климата. Также нужно наладить организацию обучения и повышения квалификации кадров для предприятий, занятых в сфере рекреации и туризма, с учетом современных требований и тенденций развития индустрии.

Следующим важным аспектом хочу отметить, что для привлечения туристов в Донбасс необходимо эффективное продвижение рекреационного потенциала региона на внутреннем и международном рынках, разработка маркетинговой стратегии, определяющей

целевые рынки, позиционирование региона, а также основные каналы продвижения. Важным условием станет создание привлекательного и узнаваемого туристического бренда, отражающего специфику и уникальность региона [1]. Привлечению потенциальных туристов и инвесторов послужит участие в международных туристических выставках и ярмарках для представления рекреационного потенциала Донбасса, а также активное использование интернета и социальных сетей для продвижения рекреационных возможностей Донбасса, в том числе за счет создания привлекательного веб-сайта, публикации интересных статей и фотографий, проведения онлайн-кампаний.

Обеспечение безопасности и комфорта туристов является также важным фактором привлечения туристов в регион и формирования положительного имиджа Донбасса. А это значит – усиление мер безопасности в рекреационных зонах, в том числе за счет патрулирования территории сотрудниками правоохранительных органов, установки камер видеонаблюдения и организации спасательных служб. Кроме того, обеспечение доступности медицинского обслуживания для туристов, в том числе за счет создания пунктов оказания первой медицинской помощи и организации транспортировки в медицинские учреждения. Составная часть комфорtnого отдыха – повышение качества обслуживания в гостиницах, ресторанах и других объектах сферы обслуживания и туризма, в том числе обучение персонала правилам вежливого и доброжелательного общения с туристами.

Таким образом, стратегическое развитие рекреационных зон Донбасса представляет собой комплексную и многогранную задачу, требующую консолидации усилий государственных структур, предпринимательского сектора и широкой общественности [2]. Реализация предложенных направлений обеспечит не только регенерацию рекреационного потенциала региона, но и создаст предпосылки для его устойчивого развития, что будет способствовать повышению уровня и качества жизни населения, диверсификации экономической структуры и формированию благоприятного имиджа Донбасса. Необходимо подчеркнуть, что развитие рекреационной сферы рассматривается не только как инструмент получения экономических преимуществ, но и как важный вклад в здоровье и благосостояние населения, являющегося главным богатством региона.

## Список литературы

1. Ананян, И. И. Ландшафтно-природных достопримечательностях Шахтерского района и их назначении в формировании туристического кластера / И. И. Ананян, О. А. Кушнирова // Вестник Донбасской национальной академии строительства и архитектуры. – 2018. – Вып. 2018-2 (130) Проблемы архитектуры и градостроительства. – С. 98–104. – URL: [http://donnasa.ru/publish\\_house/journals/vestnik\\_2018-2\(130\).pdf](http://donnasa.ru/publish_house/journals/vestnik_2018-2(130).pdf).
2. Кобанец, Л. А. Направления стратегического развития рекреационной деятельности и туризма в г. Донецке / Л. А. Кобанец // Вестник ДИТБ. Серия: Экономика, организация и управления предприятиями (в туристический сфере). – 2007. – № 11. – С. 138–148.

3. Лукьянова, Л. Г. Рекреационные комплексы : учеб. пособие / Л. Г. Лукьянова, В. И. Цыбух ; под общ. ред. В. К. Федорченко. – К.: Вища шк. 2004. – 346 с.

4. Овчаренко, Л. А. Использование рекреационного потенциала в ускоренном экономическом развитии региона: теория, методология, практика : монография / Л. А. Овчаренко. – Донецк: [б. и.], 2018. – 426 с.

### References

1. Ananyan, I. I. Landscape and natural attractions of the Shakhtarsk district and their purpose in the formation of a tourist cluster / I. I. Ananyan, O. A. Kushnirova // Bulletin of the Donbass National Academy of Civil Engineering and Architecture. - 2018. - Issue 2018-2 (130) Problems of architecture and urban planning. - P. 98-104. - URL: [http://donna.su/publish\\_house/journals/vestnik/2018/vestnik\\_2018-2\\_\(130\).pdf](http://donna.su/publish_house/journals/vestnik/2018/vestnik_2018-2_(130).pdf).
2. Kobanets, L. A. Directions for strategic development of recreational activities and tourism in Donetsk / L. A. Kobanets // Bulletin of DITB. Series: Economy, organization and management of enterprises (in the tourism sector). – 2007. – No. 11. – P. 138–148.
3. Lukyanova, L. G. Recreational Complexes : textbook / L. G. Lukyanova, V. I. Tsybukh ; Under the general editorship of V. K. Fedorchenko. – К.: Vishcha shk. 2004. – 346 p.
4. Ovcharenko, L. A. Use of Recreational Potential in Accelerated Economic Development of the Region: Theory, Methodology, Practice : monograph / L. A. Ovcharenko. – Donetsk: [b. i.], 2018. – 426 p.

DOI: 10.58168/TBiEc2025\_57-61

УДК 336.717.2

## ИННОВАЦИОННЫЕ ПОДХОДЫ К УВЕЛИЧЕНИЮ ПОЧВЕННОГО УГЛЕРОДНОГО ЗАПАСА: СТРАТЕГИИ ПРИМЕНЕНИЯ ОРГАНИЧЕСКИХ ДОБАВОК

### INNOVATIVE APPROACHES TO INCREASING SOIL CARBON STOCK: STRATEGIES FOR ORGANIC ADDITIVES

**Гудкова Н.А.**, преподаватель среднего профессионального образования кафедры химии и биотехнологии ФГБОУ ВО «Воронежский государственный лесотехнический университет имени Г.Ф. Морозова, Воронеж, Россия.

**Томина Е.В.**, д.х.н., доцент, зав. кафедрой химии и биотехнологии ФГБОУ ВО «Воронежский государственный лесотехнический университет имени Г.Ф. Морозова, Воронеж, Россия.

**Gudkova N.A.**, teacher of secondary vocational education of chemistry and biotechnology department FGBOU VO «Voronezh State University of Forestry and Technologies named after G.F. Morozov», Voronezh, Russia.

**Tomina E.V.**, doctor of Chemical Sciences, associate professor, chairwoman of chemistry and biotechnology department at FGBOU VO «Voronezh State University of Forestry and Technologies named after G.F. Morozov», Voronezh, Russia.

**Аннотация:** в свете глобальных климатических изменений увеличение и стабилизация почвенного углеродного запаса становится приоритетной задачей современного землепользования и экологической политики. Рассмотрены различные подходы к увеличению секвестрации С в почве. Выявлен устойчивый тренд эффективности применения органических добавок, таких как компост, биоуголь и солома, для увеличения запасов почвенного углерода. Органические добавки стимулируют удержание С, улучшая структуру почвы и активность микроорганизмов. Статья направлена на развитие современных решений в области углеродного депонирования.

**Abstract:** in the light of global climate change, increasing and stabilising the soil carbon stock becomes a priority task of modern land use and environmental policy. Different approaches to increase C sequestration in soil are considered. A steady trend in the effectiveness of organic additives such as compost, biochar and straw for increasing soil C stocks is identified. Organic additives stimulate C retention by improving soil structure and microbial activity. The article aims to develop modern solutions in the field of carbon sequestration.

**Ключевые слова:** депонирование углерода, запас углерода в почве, биоуголь, преобразование углерода, изменение климата, почвенные микроорганизмы.

**Keywords:** carbon sequestration, soil carbon stock, biochar, carbon conversion, climate change, soil microorganism.

Вопрос секвестрации почвенного углерода (SOC) становится все более актуальным в контексте борьбы с глобальным изменением климата и обеспечения продовольственной безопасности [1]. Повышение содержания SOC является многообещающей стратегией, направленной на смягчение последствий изменения климата, улучшение плодородия почвы и повышение устойчивости сельскохозяйственных систем. В настоящее время существует множество подходов к повышению запасов почвенного углерода, включая внесение органических добавок [1,2,3,4]. Представляются актуальными сравнение и анализ различных стратегий и их эффективности. Основное внимание будет уделено применению органических добавок, таких как компост, биоуголь и солома, и оценке их влияния на секвестрацию углерода.

В условиях современных методов ведения сельского хозяйства и растущей обеспокоенности по поводу изменения климата эффективное использование отходов сельскохозяйственного производства становится все более важным. Солома, как один из основных видов сельскохозяйственных отходов, может оказывать существенное влияние на баланс углерода в почве.

Способность анаэробной микробной предварительной обработки увеличивать скорость разложения различных видов соломы подчеркивает ее значительный потенциал в деградации лигноцеллюлозы [1]. Авторами было установлено, что продолжительность анаэробной микробной предварительной обработки оказывает определяющее действие на скорость разложения соломы через 60 дней в полевых условиях. Максимальная скорость разложения соломы наблюдалась через 6 часов предварительной обработки и достигла 59,03 %, что на 79,37 % больше по сравнению с необработанным контролем.

Отмечается, что предварительная обработка соломы рубцовыми микроорганизмами (РМ) приводила к увеличению общего содержания углерода в почве на 26,06-61,79% в течение 60-дневного эксперимента [1].

Таким образом, предварительная обработка с использованием РМ значительно увеличивает скорость разложения соломы, повышая доступность углерода для микробной переработки и секвестрации, что подтверждает эффективность данной стратегии.

Однако, важно учитывать, что использование анаэробных микроорганизмов может привести к увеличению выбросов  $\text{CH}_4$ , который является парниковым газом. Этот аспект требует тщательной оценки и оптимизации процессов для минимизации негативных последствий.

Одной из областей, представляющих большой интерес для секвестрации углерода в почве, является использование биоугля [2]. Потенциал биоугля для секвестрации углерода связан с:

- массовым выходом биоугля и содержанием в нем углерода;
- стабильностью углерода в биоугле;
- стабильностью биоугля в почве в различных условиях и временных рамках.

Выход фиксированного углерода соответствует эффективности преобразования углерода в биомассе в углерод в биоугле, что может быть использовано в качестве показателя потенциала секвестрации углерода биоуглем.

Вторым ключевым фактором, влияющим на потенциал секвестрации углерода в биоугле, является процентное содержание стабильного углерода. Содержание стабильного углерода в биоугле может существенно зависеть от условий производства и свойств сырья. С точки зрения производства, температура пиролиза является доминирующим параметром, влияющим на стабильность биоугля. С увеличением тяжести производства, включая самую высокую температуру обработки, время пребывания и снижение скорости нагрева, содержание стабильного ароматического углерода в биоугле становится более стабильным в почве и обладает потенциалом поглощения углерода [2].

Кроме того, свойства сырья биомассы, такие как биохимический состав и содержание неорганических элементов, также играют важную роль, влияя на стабильность биоугля. Как правило, биоуголь, произведенный из сырья с высоким содержанием лигнина, часто имеет высокое содержание ароматического углерода и более медленную скорость минерализации, что обеспечивает высокую стабильность в почве и долгосрочный потенциал связывания углерода [2].

В [3] сообщается, что биоуголь, полученный в результате газификации древесины (WGB), является многообещающим инструментом для увеличения секвестрации углерода без ущерба для выбросов парниковых газов или урожайности пшеницы. Биоуголь, полученный при газификации древесины, увеличил содержание углерода в почве в 2,2 раза на глубине 0 – 10 см и в 1,4 раза на глубине 10 – 40 см, и это изменение оставалось стабильным через два года после внесения. Не было отмечено влияния на общее содержание азота в почве, аммонийного азота и pH. Тем не менее, после внесения биоугля было отмечено значительное снижение уровня нитратного азота в почве, что требует дальнейшего изучения его потенциала как стратегии снижения вымывания нитратов. Хотя внесение биоугля привело к небольшому повышению температуры почвы (+0,1°C), не было отмечено никакого влияния на содержание воды в почве, потоки парниковых газов N<sub>2</sub>O, CH<sub>4</sub>, CO<sub>2</sub> в почве или урожайность.

Еще одним перспективным подходом к улучшению секвестрации углерода станет совместное внесение компоста и биоуголя. Совместное применение этих добавок привлекло внимание благодаря их потенциальному синергетическому эффекту.

В [4] установлено влияние совместного применения компоста и биоугля на метаболизм микроорганизмов и секвестрацию углерода в почвах городских зеленых насаждений (UGS). Авторы изучили экоферментную стехиометрию, чтобы понять, как эти добавки влияют на лимитирование питательных веществ и эффективность использования углерода микроорганизмами.

Результаты [4] показали, что совместное применение компоста и биоугля привело к усилиению микробного лимитирования углерода в почве, что выражалось в увеличении

стехиометрического дисбаланса растворенных ресурсов и микробных сообществ, что, в свою очередь, привело к снижению эффективности использования углерода микроорганизмами.

Совместное применение компоста и биоугля привело к увеличению секвестрации органического углерода в почве городских зеленых насаждений, главным образом за счет увеличения поступления углерода из растений. Группа BCC4 (7,5% компоста+4% биоугля, v/v) продемонстрировала самое высокое чистое связывание SOC, что объясняется оптимизированным динамическим балансом между поступлением углерода и микробным метаболизмом [4]. Эти результаты подчеркивают синергетический эффект комбинированного применения компоста и оптимальной дозировки биоугля для повышения способности к секвестрации углерода в почвах UGS.

Однако необходимы дальнейшие исследования для выяснения потенциала компоста и биоугля в увеличении поступления углерода из растений в почвы городских зеленых насаждений. Дальнейшие исследования могут быть сосредоточены на:

- изучении долгосрочных эффектов совместного применения компоста и биоугля;
- оценке влияния на другие характеристики почвы, такие как структура, водоудерживающая способность и доступность питательных веществ;
- исследовании оптимальных пропорций компоста и биоугля для различных типов почв и растительности.

Таким образом, анализ тематических исследований подчеркивает важную роль, которую играют органические добавки в усилении секвестрации почвенного углерода (SOC). Несмотря на различия в подходах, охваченных этими исследованиями, общая тенденция указывает на значительный потенциал этих стратегий в смягчении последствий изменения климата и улучшении состояния почвы.

Анализ этих исследований выявляет возможные опции, но и трудности для разработки стратегий секвестрации SOC. Внесение органических веществ может потребовать оптимизации для минимизации выбросов парниковых газов.

В заключение, можно выделить важные направления для дальнейших исследований в данной области:

- Необходимы долгосрочные исследования, оценивающие устойчивость секвестрации SOC при различных подходах, а также потенциальное влияние на другие экосистемные функции.
- Дальнейшие исследования механизмов, лежащих в основе секвестрации углерода в почве, включая роль микробных сообществ и стабилизацию органического вещества в почве.
- Следует изучить стратегии оптимизации управления для повышения эффективности секвестрации SOC и минимизации любых связанных с этим негативных последствий. Сюда входит определение оптимальных дозировок и комбинаций органических добавок.

## Список литературы

1. Effects of straw returning after anaerobic microbial pretreatment on soil carbon sequestration and emission reduction / L. Wei [et al.] // Environmental Technology & Innovation. – 2025. – Vol. 38. – 15p.
2. A critical review on production, modification and utilization of biochar / Y. Xie [et al.] // Journal of Analytical and Applied Pyrolysis. – 2022. – Vol. 161. – P. 10 – 11.
3. Wood gasification biochar enhances soil carbon sequestration without affecting greenhouse gas fluxes or wheat yield in sub-alkaline soil / L. Trozzo [et al.] // Soil & Tillage Research. – 2025. – V. 251. – 12p.
4. Co-application of compost and biochar promotes soil carbon sequestration: Evidence from eco-enzymatic stoichiometry / Q. Wang [et al.] // Environmental Technology & Innovation. – 2025. – V. 38. – 14p.

## References

1. Effects of straw returning after anaerobic microbial pretreatment on soil carbon sequestration and emission reduction / L. Wei [et al.] // Environmental Technology & Innovation. – 2025. – Vol. 38. – 15p.
2. A critical review on production, modification and utilization of biochar / Y. Xie [et al.] // Journal of Analytical and Applied Pyrolysis. – 2022. – Vol. 161. – P. 10 – 11.
3. Wood gasification biochar enhances soil carbon sequestration without affecting greenhouse gas fluxes or wheat yield in sub-alkaline soil / L. Trozzo [et al.] // Soil & Tillage Research. – 2025. – V. 251. – 12p.
4. Co-application of compost and biochar promotes soil carbon sequestration: Evidence from eco-enzymatic stoichiometry / Q. Wang [et al.] // Environmental Technology & Innovation. – 2025. – V. 38. – 14p.

DOI: 10.58168/TBiEc2025\_62-68

УДК 674.8

## АДДИТИВНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В ПРОИЗВОДСТВЕ ИЗДЕЛИЙ ИЗ ДРЕВЕСИНЫ

ADDITIVE TECHNOLOGIES IN THE PRODUCTION OF WOOD PRODUCTS

**Деркачев П.А.**, студент ФГБОУ ВО «Воронежский государственный лесотехнический университет имени Г.Ф. Морозова», Воронеж, Россия.

**Кантиева Е.В.**, к.т.н., доцент ФГБОУ ВО «Воронежский государственный лесотехнический университет имени Г. Ф. Морозова», Воронеж, Россия.

**Пономаренко Л.В.**, к.т.н., доцент ФГБОУ ВО «Воронежский лесотехнический университет имени Г.Ф. Морозова», Воронеж, Россия.

**Derkachev P.A.**, student of the FGBOU VO Voronezh State University of Forestry and Technologies named after G.F. Morozov, Voronezh, Russia.

**Kantieva E.V.**, candidate of Technical Sciences, associate professor of the FGBOU VO Voronezh State University of Forestry and Technologies named after G.F. Morozov, Voronezh, Russia.

**Ponomarenko L.V.**, candidate of Technical Sciences, Associate Professor, FGBOU VO «Voronezh State University of Forestry and Technologies named after G.F. Morozov», Voronezh, Russia.

**Аннотация:** статья посвящена актуальной теме аддитивных технологий (3D-печати) в производстве изделий из древесины, исследуя их потенциал, преимущества, технологические аспекты и перспективы применения в современной индустрии. В работе рассматриваются основные принципы аддитивного производства, адаптированные к специфике обработки древесных материалов, включая использование биополимеров, композитов на основе натуральных волокон и модифицированных видов древесины.

**Abstract:** the article is devoted to the topical topic of additive technologies (3D printing) in the production of wood products, exploring their potential, advantages, technological aspects and prospects of application in modern industry. The paper discusses the basic principles of additive manufacturing, adapted to the specifics of processing wood materials, including the use of biopolymers, composites based on natural fibers and modified types of wood.

**Ключевые слова:** 3D-печать, древесина, волокно, промышленность, аддитивные технологии

**Keywords:** 3D printing, wood, fiber, industry, additive technologies

Аддитивные технологии, включающие в себя методы послойного создания объектов, такие как 3D-печать, занимают все более значимое место в современном производстве. Их применение охватывает различные отрасли, начиная от медицины и заканчивая машиностроением. В последние годы наблюдается большой рост интереса к использованию

аддитивных технологий в деревообрабатывающей промышленности, что обуславливается их потенциалом для повышения эффективности и экологичности производственных процессов.

Древесина, как природный и возобновляемый ресурс, обладает уникальными свойствами, такими как лёгкость обработки, прочность и эстетическая привлекательность. Эти качества делают её перспективным материалом для аддитивных технологий, особенно в контексте создания сложных конструкций и элементов декора. Использование древесных материалов в аддитивных процессах открывает новые возможности для переработки отходов и создания устойчивых производственных цепочек.

В условиях роста интереса к экологически устойчивым технологиям, аддитивные методы обработки древесины приобретают особую актуальность. Они позволяют значительно снизить количество отходов, оптимизировать использование ресурсов и создавать изделия с уникальными характеристиками. Внедрение этих технологий в деревообрабатывающую промышленность представляет собой важный шаг на пути к устойчивому развитию и инновациям.

Значительное достижение в этой области было достигнуто в 2017 году специалистами Массачусетского технологического института (МТИ). Разработанный ими метод основан на использовании древесного порошка в сочетании со связующими веществами, что позволяет создавать изделия с высокой точностью и минимальными отходами. Эта технология открывает новые возможности для деревообрабатывающей промышленности, позволяя изготавливать сложные формы и конструкции, ранее недоступные с использованием традиционных методов. Вместе с тем, как отмечают исследователи, «сегодняшние технологии обработки древесины в основном являются субтрактивными, за исключением 3D-печати с использованием древесины». Это подчеркивает важность 3D-печати как революционного подхода в обработке древесины, который способен значительно изменить существующие практики в этой сфере [1].

Данные технологии существенно сокращают производственные затраты и время, что делает их привлекательными для различных сфер применения. Использование древесного порошка и связующих веществ не только минимизирует отходы, но и способствует высокой экологичности производства. Важно отметить, что для эффективного использования древесных частиц необходимо контролировать их размер и обеспечивать однородность. Такие методы находят широкое применение в архитектуре, дизайне интерьеров и других областях, где требуется высокая точность и уникальность изделий.

Экструзия волокна является одним из наиболее распространенных способов аддитивного производства из древесины (рис. 1). При этом стоит отметить, что волокно не на 100% состоит из дерева, а лишь содержит 30-40% древесных волокон и 60-70% полимерного компонента в качестве связующего вещества. Волокно способно менять цвет и структуру изделий путем изменения температуры обработки материала.

Примером может служить, нагрев материала до высокой температуры, поэтому можно изготавливать детали более темных цветовых оттенков. Но при этом стоит помнить, что данный материал легко воспламеняется, и следует быть осторожным.

Разработка технологий применения древесно-волокнистых композиций в аддитивных технологиях позволит ежегодно увеличивать рост отрасли более чем на 20% за счёт нового типа недорогого биоразлагаемого материала. Авторы [2] предлагают сочетать два метода экструзионной печати: с использованием полимерной нити и пастообразной композиции, содержащей отходы древесного волокна сосны. Данную композицию предлагается использовать для 3D-печати при изготовлении декоративных изделий сложной формы для мебели.

Моделирование методом жидкостного осаждения — энергоэффективный аддитивный процесс для пастообразных материалов. Авторами [3] проведены исследования пасты на водной основе с карбоксиметилцеллюлозой и древесной мукой. Разработан непрерывно работающий двухшnekовый экструдер для изготовления каркаса стола высотой 18 см.



Рисунок 1 – Волокно

Основное преимущество композитного древесного волокна заключается в том, что оно имеет вид, текстуру и запах натурального дерева (рис.2). Напечатанные из волокна детали можно легко обрабатывать. Тем не менее, у материала есть недостаток — этот материал более хрупкий, чем термопластик, поэтому изделия из него легко ломаются.

Одним из ключевых преимуществ аддитивных технологий в деревообработке является возможность значительного сокращения затрат на сырьё. Это достигается за счёт использования точного дозирования материалов и минимизации отходов. Согласно данным исследования компании Wohlers Associates, благодаря аддитивным методам затраты на производство могут быть снижены до 70%. Это особенно важно в условиях роста цен на древесину и необходимость более рационального использования природных ресурсов. Таким образом, применение 3D-печати в деревообработке способствует не только экономической, но и экологической эффективности.



Рисунок 2 – Образцы с имитацией ценных пород дерева

Аддитивные технологии широко используются для индивидуального и крупносерийного производства [4]. Преимущества таких технологий: выпуск ограниченных партий продукции, ориентированных на индивидуальные потребности, более доступная стоимость разработки и производства, использование сложных геометрических форм и структур, вдохновленных природой; недостатки: дефицит квалифицированных кадров и программ обучения.

Технологии 3D-сканерования и 3D-печати успешно применяются в процессе реставрации мебели [5]. Для создания недостающих деталей стула из фанеры были использованы 3D-сканеры. Полученные данные в формате STL были обработаны, и недостающие детали были напечатаны с помощью системы аддитивного производства. Результаты испытаний восстановленного стула и исходного образца на прочность сопоставимы.



Рисунок 3 – Пример стула, напечатанного на 3D-принтере из древесины

При этом внедрение аддитивных методов значительно сокращает время на разработку и производство новых изделий, что, в свою очередь, повышает конкурентоспособность компаний, использующих эти технологии.

В России, несмотря на то что «технологии 3D-печати пока слабо развиты, но существуют предпосылки их развития в ближайшем будущем», наблюдается рост интереса к данным технологиям [6].

Аддитивные технологии обладают значительными экологическими преимуществами, особенно в контексте снижения отходов производства. По данным исследования 2020 года, использование таких технологий позволяет уменьшить количество отходов на 30-50% по сравнению с традиционными методами, что делает их привлекательными с экологической точки зрения. Это достигается за счет точного дозирования материалов и возможности создания изделий с минимальным количеством излишков. В деревообрабатывающей промышленности это особенно важно, так как позволяет более рационально использовать древесину, снижая нагрузку на лесные ресурсы. Таким образом, аддитивные технологии способствуют более устойчивому производству, снижая экологический след.

Несмотря на экологические преимущества, аддитивные технологии сталкиваются с рядом вызовов, связанных с утилизацией и переработкой материалов. Согласно данным 2018 года, около 90% используемых материалов для 3D-печати составляют пластики, что создает значительную проблему их утилизации. Эти материалы могут накапливаться в окружающей среде, увеличивая объемы пластиковых отходов, если не будут разработаны эффективные методы их переработки. В деревообрабатывающей отрасли это может стать препятствием для широкого внедрения аддитивных технологий, требуя дополнительных исследований и инноваций в области экологически чистых материалов.

Для преодоления экологических вызовов, связанных с использованием аддитивных технологий, разрабатываются инновационные подходы к переработке и вторичному использованию материалов. Например, в 2022 году в Нидерландах была создана технология переработки отходов 3D-печати в новые материалы, которые могут быть использованы повторно. Это открывает перспективы для создания замкнутых циклов производства, где отходы минимизируются, а материалы используются многократно. В деревообрабатывающей промышленности такие подходы способствуют более экологически устойчивому применению аддитивных технологий, снижая их негативное воздействие на окружающую среду.

В заключение можно сказать, что аддитивные технологии, такие как 3D-печать и технологии послойного нанесения, предоставляют значительные преимущества для деревообрабатывающей промышленности. Эти технологии позволяют уменьшить количество отходов, сократить затраты на материалы и обеспечить высокую точность изготовления изделий. Однако с этим были отмечены технические ограничения, такие как ограничение размеров изделий и снижение их прочности при использовании древесных композитов.

Дальнейшие исследования могут быть направлены на разработку новых материалов для аддитивного производства, которые обеспечат улучшенные механические свойства и экологическую устойчивость. Также важно изучить потенциальные способы интеграции аддитивных технологий в существующие производственные процессы с целью максимизации их эффективности и минимизации экологического воздействия.

### **Список литературы**

1. Kromoser B., Reichenbach S., Hellmayr R., Myna R., Wimmer R. Circular economy in wood construction – Additive manufacturing of fully recyclable walls made from renewables: Proof of concept and preliminary data // Construction and Building Materials. — 2022. — Т. 344. — С. 128219.
2. N. P. Midukov, V. S. Kurov, N. V. Evdokimov Biorefining of Wood-Fibre Raw Material in a Material Composition for Additive Technologies / Fibre Chemistry, Volume: 55, Issue: 1, Pages: 53-58. <https://doi.org/10.1007/s10692-023-10426-6>
3. Uwe Bodenschatz, Michael Rosenthal 3D printing of a wood-based furniture element with liquid deposition modeling / European Journal of Wood and Wood Products, Volume: 82, Issue: 1, Pages: 241-244. <https://doi.org/10.1007/s00107-023-01996-7>
4. Lana Jarža, Anka Ozana Čavlović, Stjepan Pervan, Nikola Španić, Miljenko Klarić, Silvana Prekrat Additive Technologies and Their Applications in Furniture Design and Manufacturing / Drvna industrija, Volume: 74, Issue: 1, Pages: 115-128. <https://doi.org/10.5552/drwind.2023.0012>
5. Güllü AKKAŞ, Tuğba ANDAÇ GÜZEL Strength of A Chair Renovated With Additive Production Systems and Reverse Engineering Approach / European Journal of Science and Technology, Jan 7, 2022. – URL: <https://doi.org/10.31590/ejosat.1054613>
6. Беседина К.С., Лавров Н.А., Барсков В.В. Применение аддитивных технологий при получении изделий из полимерных материалов (обзор) // Известия СПбГТИ(ТУ). — 2018. — № 44. — С. 56–57. — DOI 10.15217/issn1998984-9.2018.44.56.
7. Вопросы исследования природных и синтетических полимеров и композитов: тезисы докладов Всероссийской научной студенческой конференции / Санкт-Петербургский государственный университет промышленных технологий и дизайна. — Санкт-Петербург: ФГБОУВО «СПбГУПТД», 2023. — 53 с.
8. Евдокимов Н.В., Мидуков Н.П., Куроу В.С., Старицын М.В., Петров С.Н. Исследование микроструктуры волокон в композиции сырья для применения в аддитивных технологиях // Химические волокна. — 2022. — № 3. — С. 38
9. Шкарина А.И., Кукушкина В.А., Кровопусков П.А. Перспективы применения аддитивных технологий в отечественном производстве // Современные проблемы теории машин. — 2022. — № 13. — С. 131–135. — URL: <https://doi.org/10.26160/2307-342X-2022-13-131-135>.

## References

1. Kromoser B., Reichenbach S., Hellmayr R., Myna R., Wimmer R. Circular economy in wood construction – Additive manufacturing of fully recyclable walls made from renewables: Proof of concept and preliminary data // Construction and Building Materials. — 2022. — T. 344. — C. 128219.
2. N. P. Midukov, V. S. Kurov, N. V. Evdokimov Biorefining of Wood-Fibre Raw Material in a Material Composition for Additive Technologies / Fibre Chemistry, Volume: 55, Issue: 1, Pages: 53-58. <https://doi.org/10.1007/s10692-023-10426-6>
3. Uwe Bodenschatz, Michael Rosenthal 3D printing of a wood-based furniture element with liquid deposition modeling / European Journal of Wood and Wood Products, Volume: 82, Issue: 1, Pages: 241-244. <https://doi.org/10.1007/s00107-023-01996-7>
4. Lana Jarža, Anka Ozana Čavlović, Stjepan Pervan, Nikola Španić, Miljenko Klarić, Silvana Prekrat Additive Technologies and Their Applications in Furniture Design and Manufacturing / Drvna industrija, Volume: 74, Issue: 1, Pages: 115-128. <https://doi.org/10.5552/drwind.2023.0012>
5. Güllü AKKAŞ, Tuğba ANDAÇ GÜZEL Strength of A Chair Renovated With Additive Production Systems and Reverse Engineering Approach / European Journal of Science and Technology, Jan 7, 2022. – URL: <https://doi.org/10.31590/ejosat.1054613>
6. Besedina K.S., Lavrov N.A., Barskov V.V. Application of additive technologies in the production of products from polymer materials (review) // Izvestiya SPbGTI(TU). — 2018. — № 44. — P. 56–57. — DOI 10.15217/issn1998984-9.2018.44.56.
7. Research issues of natural and synthetic polymers and composites: abstracts of the All-Russian Scientific Student Conference / St. Petersburg State University of Industrial Technologies and Design. — Saint Petersburg: FSBO-UVO "SPbGUPTD", 2023. — 53 p.
8. Evdokimov N.V., Midukov N.P., Kurov V.S., Staritsyn M.V., Petrov S.N. Investigation of fiber microstructure in the composition of raw materials for use in additive technologies // Chemical fibers. — 2022. — № 3. — P. 38
9. Shkarina A.I., Kukushkina V.A., Krovopuskov P.A. Prospects of using additive technologies in domestic production // Modern problems of machine theory. — 2022. — № 13. — P. 131–135. — URL: <https://doi.org/10.26160/2307-342X-2022-13-131-135>.

DOI: 10.58168/TBiEc2025\_69-75

УДК 630\*367

## СТРУКТУРА РАБОЧЕГО ВРЕМЕНИ КОРЧЕВАНИЯ НЕЖЕЛАТЕЛЬНОЙ РАСТИТЕЛЬНОСТИ

STRUCTURE OF WORKING TIME FOR REMOVING UNWANTED VEGETATION

**Драпалюк М.В.**, д.т.н., профессор ФГБОУ ВО «Воронежский государственный лесотехнический университет имени Г.Ф. Морозова», Воронеж, Россия.

**Коротких В.Н.**, к.т.н., ООО УК «Продимекс Агро», Воронеж, Россия.

**Платонов А.А.**, к.т.н., доцент ФГБОУ ВО «Воронежский государственный лесотехнический университет имени Г.Ф. Морозова», Воронеж, Россия.

**Drapalyuk M.V.**, doctor of Technical Sciences, Professor FGBOU VO «Voronezh State University of Forestry and Technologies named after G.F. Morozov», Voronezh, Russia.

**Korotkikh V.N.**, candidate of Technical Sciences, LLC UK «Prodimek Agro», Voronezh, Russia.

**Platonov A.A.**, candidate of Technical Sciences, associate professor FGBOU VO «Voronezh State University of Forestry and Technologies named after G.F. Morozov», Voronezh, Russia.

**Аннотация:** при удалении с территорий различного назначения нежелательно произрастающей древесно-кустарниковой растительности нередко применяется метод её корчевания. Особенностями выполнения полевых исследований, разработанного авторами статьи опытного образца корчевального оборудования, являлась необходимость учёта рабочего времени выполнения корчевальной работы. В статье рассматриваются вопросы выявления общей структуры рабочего времени разработанного авторами корчевального оборудования, а также времени остановок работ по корчеванию нежелательной растительности.

**Abstract:** when removing unwanted growing trees and shrubs from territories of various purposes, the method of uprooting them is often used. The peculiarities of the implementation of field studies of the experimental model of uprooting equipment developed by the authors of the article was the need to take into account the working time of uprooting work. The article examines the issues of identifying the general structure of the working time of the uprooting equipment developed by the authors, as well as the time of stoppages of work on uprooting unwanted vegetation.

**Ключевые слова:** нежелательная растительность, удаление, корчевание, время, структура, распределение.

**Keywords:** unwanted vegetation, removal, uprooting, time, structure, distribution.

В настоящее время продолжает оставаться актуальным своевременное и качественное удаление с территорий различного (лесного, сельскохозяйственного и иного) назначения

нежелательно произрастающей растительности [1-4], существование которой наносит вред хозяйствующей деятельности собственников таких территорий. Наряду с широко распространёнными методами сплошного мульчирования (когда растительность удаляется «на корню» специальным агрегатом роторного типа, перерабатывающим её в щепу [5]) или срезания (с оставлением наземной части растительности [6]) нередко применяется метод корчевания, заключающийся в сплошном удалении нежелательной растительности с корневой системой [7, 8].

В рамках инициативно проведённых работ по совершенствованию технических средств корчевания нежелательной древесно-кустарниковой растительности по чертежам исполнительного директора ООО УК «Продимекс Агро», входящего в состав ГК «Продимекс», В.Н. Коротких был изготовлен опытный образец корчевального оборудования. Полевые исследования указанного оборудования, навешенного на трактор LiuGong CLG856H, начались с 2024 г. на различных территориях, включая земли сельскохозяйственного назначения, охранные зоны линий электропередачи, лесные земли (рис. 1).



Рисунок 1 – Рабочие моменты выполнения корчевания растительности

Особенностями выполнения указанных исследований являлась необходимость учёта рабочего времени выполнения корчевальной работы, общая структура которого в течение одного технологического цикла представлена на рис. 2, а. Обозначенные на рис. 2, б величины элементов рабочего времени корчевального оборудования являются усреднёнными и были получены путём статистической обработки объединённой (по трём участкам выполнения работ) выборки полученных экспериментальных данных.

Анализ рассмотренной структуры рабочего времени корчевания нежелательной растительности показывает, что доля времени на выполнение непосредственного корчевания древесно-кустарниковой растительности составляет лишь 11,1 с (9,7 %), при этом значительная доля времени (89,1 с; 78 %) затрачивается на перемещения трактора (рис. 3). Это указывает на такое возможное направление совершенствования технологии применения разработанного корчевального оборудования, как увеличение доли времени на производительную работу при одновременном сокращении доли времени на перемещение трактора с растительностью и (или) без неё.

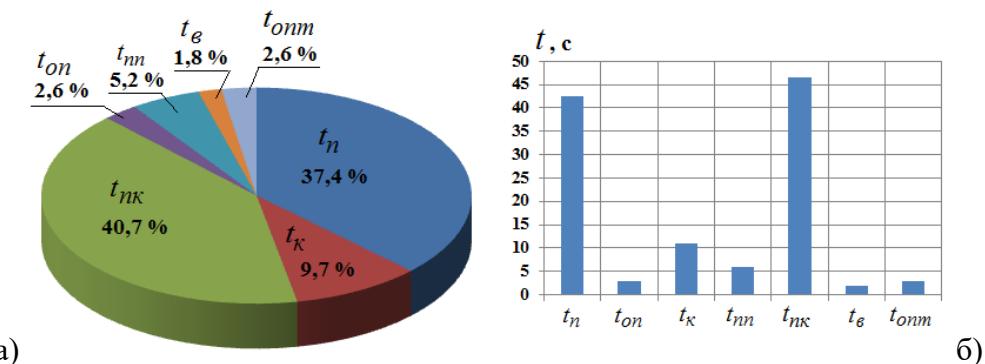


Рисунок 2 – Общая структура рабочего времени корчевального оборудования в течение одного технологического цикла

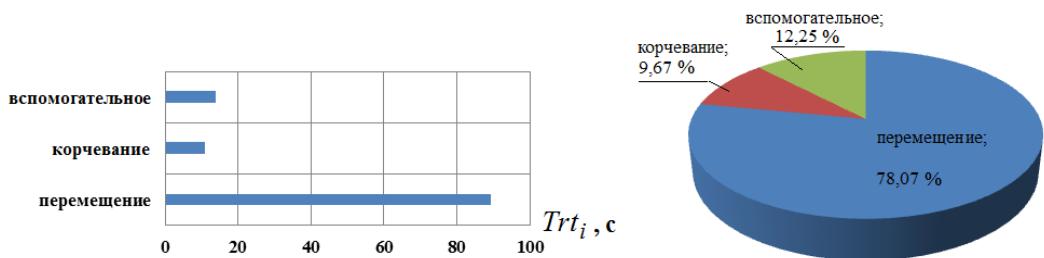


Рисунок 3 – Распределение суммарного технологического времени цикла  $Trt_i$  корчевания нежелательной растительности

Кроме рабочего времени  $Trt$ , затрачиваемого на выполнение непосредственного корчевания нежелательной растительности, на величину производительности работы исследуемого корчевального оборудования большое влияние оказывало суммарное время  $T_{ostm}$  (ч) остановок работ по корчеванию указанной растительности за одну смену. Установлено, что в общей структуре данного времени значительное влияние на величину  $T_{ostm}$  оказывает продолжительность  $t_{tehn} = t_{o psch}^{eksp}$  одной остановки трактора (рис. 4) для проведения вынужденного технического обслуживания корчевального оборудования (его очистки от налипшего слоя почвы и остатков растительности), а также количество  $k$  таких остановок.

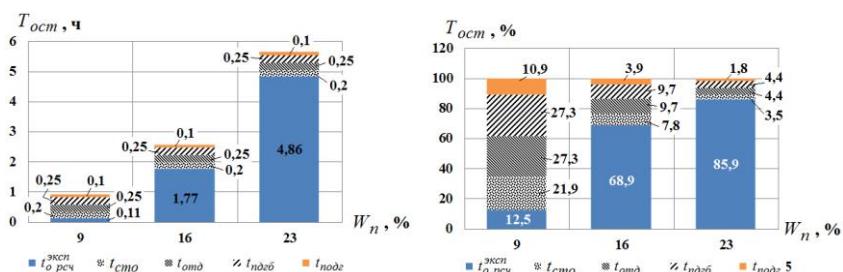
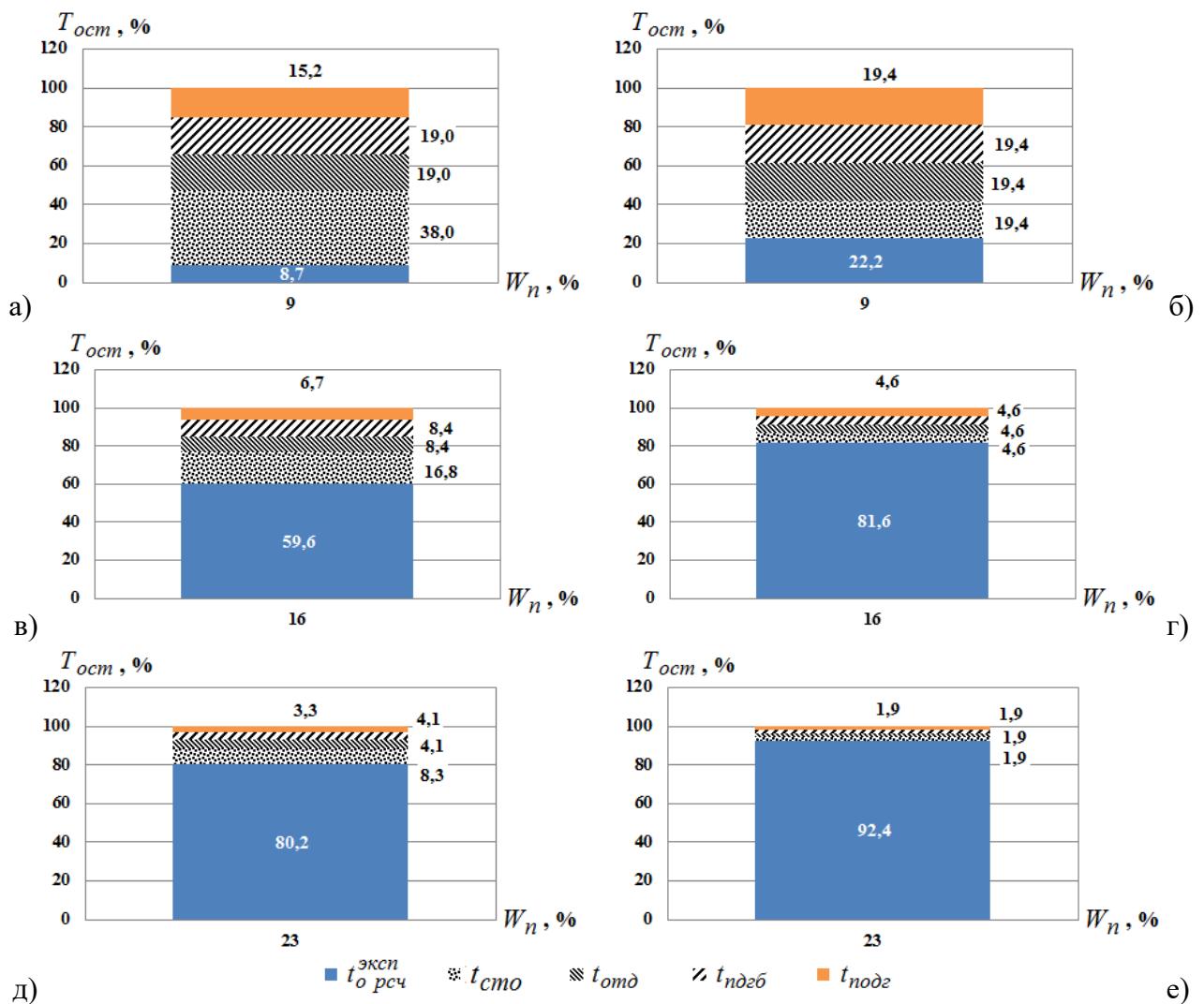


Рисунок 4 – Общая структура времени  $T_{ostm}$  остановок работ по корчеванию

нежелательной растительности при изменении влажности почвенного слоя  $W_n$

При небольшой влажности почвы (в рамках проведённого эксперимента – 9 %) доля времени  $t_{o\ psч}^{\text{эксп}}$  на очистку корчевального оборудования невелика, составляя в зависимости от продолжительности иных остановок работы величину порядка 9...22 % (рис. 5, а, б). При этом величина указанной доли может быть или соизмерима с остальными (рис. 5, б) или быть меньше всех (в том числе – в 4,36 раза меньше времени на техническое обслуживание трактора).



а), в), д) при максимальных величинах времён  $t_{cmo}$ ,  $t_{omd}$ ,  $t_{ndgб}$ ,  $t_{подг}$ ;

б), г), е) при минимальных величинах времён  $t_{cmo}$ ,  $t_{omd}$ ,  $t_{ndgб}$ ,  $t_{подг}$

Рисунок 5 – Общая структура времени  $T_{ocm}$  остановок работ по корчеванию нежелательной растительности по уровням изменения влажности почвенного слоя  $W_n$

Однако с увеличением влажности почвенного слоя  $W_n$  рассматриваемая доля резко возрастает, в том числе вследствие необходимости совершения неоднократных остановок на удаление с поверхности корчевального оборудования налипшего слоя почвы и растительных остатков, достигая при  $W_n = 16\%$  диапазона 59...81 %, а при  $W_n = 23\%$  диапазона 80...92 %. В частности, при влажности  $W_n = 16\%$  увеличивается количество незапланированных, но при этом неизбежных очисток корчевального оборудования (в рамках эксперимента – до трёх), при этом доля времени  $t_{o\_pcч}^{эксп}$  на очистку данного оборудования в 3,5...17,7 раз превышает долю времени на техническое обслуживание трактора и в 8,9...17,7 раз – долю времени на подготовку трактора к работе (рис. 5, в, г). При дальнейшем повышении влажности (в рамках проведённого эксперимента до уровня  $W_n = 23\%$ ) количество незапланированных остановок на очистку возрастало до пяти, при этом доля времени  $t_{o\_pcч}^{эксп}$  на такую очистку превышала долю времени на техническое обслуживание трактора в 9,6...48,6 раза и в 24,3...48,3 раза – долю времени на подготовку трактора к работе (рис. 5, д, е). Одной из причин (и при этом – весьма существенной) увеличения доли времени  $t_{o\_pcч}^{эксп}$  на очистку корчевального оборудования от налипшего слоя почвы и остатков растительности являлся небольшой (в среднем – около 30 мм) диаметр корчуемой растительности (рис. 6).



Рисунок 6 – Измерение диаметра корчуемой растительности

С учётом полученных экспериментальных данных об общей структуре рабочего времени корчевального оборудования и времени остановок работ по корчеванию нежелательной растительности при изменении влажности почвенного слоя авторами

исследования были выявлены такие направления совершенствования технологии применения разработанного корчевального оборудования, как увеличение доли времени на производительную работу при одновременном сокращении доли времени на перемещение трактора с растительностью и (или) без неё, а также неприменение разработанного корчевального оборудования при средних диаметрах подлежащей удалению древесно-кустарниковой растительности менее 50 мм.

### **Список литературы**

1. Бартенев И.М. Борьба с сорной растительностью в защитных лесных насаждениях / И.М. Бартенев. – М: 1976. – 46 с.
2. Цыпук А.М. Повышение эффективности лесовосстановительных работ ресурсосберегающей технологией: автореф. дис. ... докт. техн. наук: 05.21.01 / Цыпук Александр Максимович. – СПб: 1996. – 36 с.
3. Platonov A.A. Modern state of technical means to remove uncontrolled vegetation / A. A. Platonov // Lesnoy Vestnik. Forestry Bulletin. – 2021. – Vol. 25, № 1. – pp. 115-122. – DOI 10.18698/2542-1468-2021-1-115-122.
4. Драпалюк М.В. Современные машины и оборудование для лесного хозяйства на комбинированном ходу / М.В. Драпалюк, А.А. Платонов // Современные проблемы науки и образования. – 2013. – № 3. – С. 12.
5. Антипов Б.В. Мульчерные технологии в полосе отвода железных дорог: монография / Б.В. Антипов, С.Ю. Маркелов, М.Т. Хайдаров. – М: Арсенал, 2013. – 115 с.
6. Иващенев М.В. Технология защиты линий электропередачи от деревьев и кустарников с использованием кустореза с активным рабочим органом / М.В. Иващенев, И.Р. Шегельман // Глобальный научный потенциал. – 2012. – № 4(13). – С. 105-107.
7. Шегельман И. Р. Модернизация навесного корчевателя для ухода за лесом / И.Р. Шегельман, А.С. Васильев, В.М. Лукашевич // Перспективы науки. – 2020. – № 7(130). – С. 63-65.
8. Агарков А.М. Модернизация корчевателя непрерывного и позиционного действия с целью повышения качества корчевания / А.М. Агарков, Е.И. Чеховской // Научный альманах. – 2016. – № 4-3(18). – С. 19-21. – DOI 10.17117/na.2016.04.03.019.

### **References**

1. Bartenev I.M. Weed control in protective forest plantations / I.M. Bartenev. – Moscow: 1976. – 46 p.
2. Tsypuk A.M. Improving the efficiency of forest restoration work using resource-saving technology: author's abstract. dis. ... doctor of technical sciences: 05.21.01 / Tsypuk Aleksandr Maksimovich. – St. Petersburg: 1996. – 36 p.

3. Platonov A.A. Modern state of technical means to remove uncontrolled vegetation / A. A. Platonov // Lesnoy Vestnik. Forestry Bulletin. – 2021. – Vol. 25, № 1. – pp. 115-122. – DOI 10.18698/2542-1468-2021-1-115-122.
4. Drapalyuk M.V. Modern machines and equipment for forestry on a combined rail / M.V. Drapalyuk, A.A. Platonov // Modern problems of science and education. – 2013. – № 3. – P. 12.
5. Antipov B.V. Mulcher technologies in the right-of-way of railways: monograph / B.V. Antipov, S.Yu. Markelov, M.T. Khaidarov. – Moscow: Arsenal, 2013. – 115 p.
6. Ivashnev M.V. Technology of protection of power lines from trees and shrubs using a brush cutter with an active working body / M.V. Ivashnev, I.R. Shegelman // Global scientific potential. – 2012. – № 4(13). – pp. 105-107.
7. Shegelman I.R. Modernization of a mounted stump puller for forest maintenance / I.R. Shegelman, A.S. Vasiliev, V.M. Lukashevich // Prospects of Science. – 2020. – № 7(130). – pp. 63-65.
8. Agarkov A.M. Modernization of a continuous and positional stump puller in order to improve the quality of stump pulling / A.M. Agarkov, E.I. Chekhovskoy // Scientific almanac. – 2016. – № 4-3(18). – pp. 19-21. – DOI 10.17117/na.2016.04.03.019.

DOI: 10.58168/TBiEc2025\_76-82

УДК 630\*228

## **МЕТОДЫ БОРЬБЫ С НЕЖЕЛАТЕЛЬНОЙ РАСТИТЕЛЬНОСТЬЮ:**

### **ДОСТОИНСТВА, НЕДОСТАТКИ, КЛАССИФИКАЦИЯ**

**METHODS OF CONTROLLING UNWANTED VEGETATION:**

**ADVANTAGES, DISADVANTAGES, CLASSIFICATION**

**Драпалюк М.В.**, д.т.н., профессор ФГБОУ ВО «Воронежский государственный лесотехнический университет имени Г.Ф. Морозова», Воронеж, Россия.

**Платонов А.А.**, к.т.н., доцент ФГБОУ ВО «Воронежский государственный лесотехнический университет имени Г.Ф. Морозова», Воронеж, Россия.

**Drapalyuk M.V.**, doctor of Technical Sciences, Professor FGBOU VO «Voronezh State University of Forestry and Technologies named after G.F. Morozov», Voronezh, Russia.

**Platonov A.A.**, candidate of Technical Sciences, associate professor FGBOU VO «Voronezh State University of Forestry and Technologies named after G.F. Morozov», Voronezh, Russia.

**Аннотация:** многолетняя борьба с произрастающей нежелательной древесно-кустарниковой растительностью сформировала совокупность возможных методов воздействия на такую растительность. В статье рассматриваются вопросы применения методов управления произрастанием нежелательной растительности вдоль линейных объектов инфраструктуры, описываются возможности их использования с указанием достоинств и недостатков, приведена разработанная классификация существующих и перспективных механических методов воздействия на нежелательную растительность.

**Abstract:** the long-term struggle against growing unwanted trees and shrubs has formed a set of possible methods of influencing such vegetation. The article examines the issues of applying methods of managing the growth of unwanted vegetation along linear infrastructure facilities, describes the possibilities of their use with an indication of the advantages and disadvantages, and provides a developed classification of existing and promising mechanical methods of influencing unwanted vegetation.

**Ключевые слова:** нежелательная растительность, методы борьбы, управление произрастанием, воздействие, механизация, классификация.

**Keywords:** unwanted vegetation, control methods, growth management, impact, mechanization, classification.

Ведущаяся со времён организации защитных лесных насаждений [1, 2] вдоль линейных объектов инфраструктуры (ЛИО) [3, 4] многолетняя борьба с произрастающей на их территориях нежелательной древесно-кустарниковой растительностью (НДКР) сформировала к настоящему времени совокупность возможных методов воздействия на

такую растительность. Целью данной работы являлась систематизация и классификация таких методов с выявлением их достоинств и недостатков, что позволит более обоснованно назначать те или иные методы воздействия на растительность при варьирующихся условиях её произрастания.

Анализ существующих методов воздействия на НДКР (в целом – е ё удаления) в полосах отвода и охранных зонах линейных объектов инфраструктуры показал, что применяемые в настоящее время методы обладают (ввиду разнообразных климатических зон нашей страны) различной эффективностью и требуют применения разносторонних (нередко – многочисленных и дорогостоящих) машин (механизмов, оборудования [5]) с варьируемой (в соответствующем технологическом процессе) долей ручного труда (рис. 1).

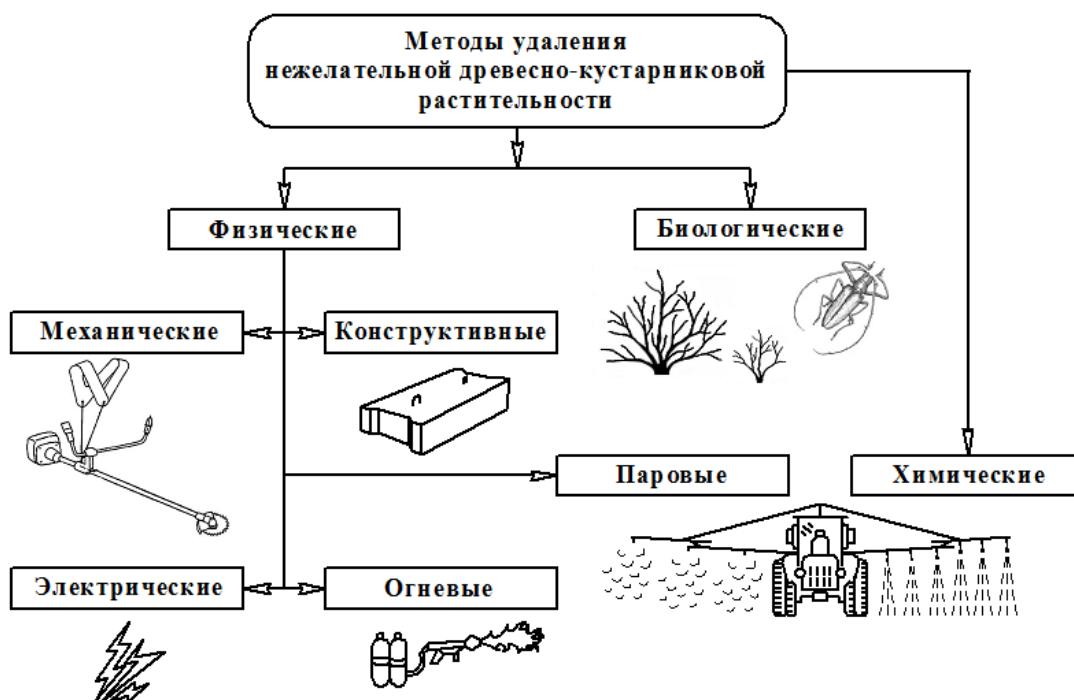


Рисунок 1 – Методы воздействия на НДКР в полосах отвода и охранных зонах линейных объектов инфраструктуры

Выполним описание указанных методов.

### 1. Физические методы воздействия на растительность

Физические методы являются старейшими методами управления произрастанием нежелательной растительности, и в самом общем случае включают в себя её срезание, вырывание, вырубание, выкручивание, выкапывание (а также комбинацию указанных действий), прессование, обрезку, конструктивно предусмотренные на этапе проектирования или внедрённые в процесс эксплуатации ЛИО элементы (ограничивающие или исключающие произрастание НДКР), тщательно контролируемое сжигание, воздействие электрическим током, водяным паром и т.д. Эти методы обеспечивают (в зависимости от степени механизации, применяемых машин, механизмов и оборудования, а также системного

подхода к назначению управляющих воздействий) краткосрочный или долгосрочный контроль над растительностью, как правило, достаточно трудоёмки и материалоёмки, нередко сопровождаются значительным риском травматических повреждений, являются довольно дорогостоящими для применения на больших площадях.

### 1.1 Механический, с применением машин и механизмов:

Краткое описание: Древесно-кустарниковая растительность удаляется механически с помощью оборудования, приводимого в действие от базовой машины (трактора, многофункциональной или специализированной машины, иного транспортного средства, в том числе – дистанционно управляемым).

Использование: в местах, доступных для транспортных средств, в том числе с учётом безопасности выполнения работ на территориях ЛИО, особенно в районах с большой степенью зарастания и/или высокой нежелательной растительностью.

Достоинства: большая производительность, быстрое подавление растительности, круглогодичность применения, экологичность, пожаробезопасность, возможность формирования положительного визуального восприятия результатов работы, при правильно выбранном времени воздействия хорошо предотвращает последующее возобновление растительности семенами.

Недостатки: большая энергоёмкость, неизбирательность (сплошное удаление как нежелательных видов растительности, так и желательных, в том числе допустимых по характеристикам), отсутствие контроля корневой системы, возможность агрессивного повторного возобновления некоторых видов НДКР, затруднённость применения на каменистых, горных или влажных участках, вероятность проведения повторного воздействия.

### 1.2 С применением ручного (в том числе – механизированного) труда:

Краткое описание: Целевая древесно-кустарниковая растительность удаляется механически с помощью ручного инструмента (кустореза, бензопилы, топора или иного).

Использование: в труднодоступных местах при невозможности применения машин и механизмов, в случае отсутствия или экономической нецелесообразности применения машин и механизмов.

Достоинства: малая энергоёмкость, избирательность, круглогодичность применения, экологичность, пожаробезопасность, доступность оборудования, малая чувствительность к погодным условиям проведения работ, применимость для небольших рассредоточенных участков ЛИО.

Недостатки исключительно ручного способа удаления НДКР: трудоёмкость, небольшая производительность, неэффективность для больших территорий, необходимость привлечения большого количества людских ресурсов (в том числе – отвлечённых от выполнения ими своих прямых должностных обязанностей), негативное визуальное восприятие результатов работы (из-за наличия порубочных остатков, в том числе повреждённых и находящихся на поверхности корней/стволов), отсутствие контроля

корневой системы, возможность агрессивного повторного возобновления некоторых видов НДКР, негативное влияние на здоровье исполнителей (шум, выхлопные газы от двигателя механизированного оборудования, усталость), большая вероятность проведения повторного воздействия.

### 1.3 Конструктивный

Краткая характеристика: Конструктивные меры, уменьшающие количество поступающей в зону инфраструктурного объекта воды и почвенных частиц, показывают наилучший профилактический эффект от произрастания нежелательных видов древесно-кустарниковой растительности. Однако из-за высокой стоимости строительства и фактически большого времени простоя они не экономичны только лишь в рамках борьбы с растительностью. Поэтому необходимо, чтобы элементы конструкций инфраструктурных объектов, призванные оказывать помощь в борьбе с нежелательной растительностью, проектировались и реализовывались на практике ещё на стадии строительства ЛИО.

Описание: заключается в формировании вдоль или вокруг инфраструктурного объекта искусственной среды, препятствующей появлению, прорастанию и последующему размножению нежелательной растительности.

Использование: в местах с большой потенциальной степенью зарастания при значительности эстетической составляющей содержания ЛИО.

Достоинства: круглогодичность применения, быстрое подавление растительности, контроль над корневой системой, применимость для больших участков ЛИО, эстетичность, формирование чётких границ объектов ЛИО, пожаробезопасность, нечувствительность к погодным условиям, хорошо предотвращает последующее возобновление растительности,

Недостатки: неэкологичность, высокая стоимость строительства, трудоёмкость возведения, неизбирательность,

### 2. Биологический

Краткая характеристика: Биологический контроль растительности, направленный на регулирование видового состава и густоты НДКР, основывается на концепции, согласно которой экологические принципы могут использоваться для контроля над естественными стадиями развития растений, при этом взаимосвязи в природе используются вдоль полос отвода и охранных зон для создания относительно стабильных растительных сообществ, которые стремятся в дальнейшем поддерживать себя. Выборочное удаление целевых видов древесно-кустарниковой растительности при сохранении желательных низкорастущих видов ДКР приводит к более высокому процентному соотношению кустарников и деревьев малой высоты при долгосрочном перспективном сокращении количества стволов высоких деревьев. Оставляя желаемые виды низкорастущих кустарников, предпринимается сознательная попытка стимулировать эти растения за счёт последующего снижения конкуренции за воду, питательные вещества и солнечный свет. Концентрация усилий на таких растениях и поддержание бережливого и энергичного их роста способствует распространению низкорастущей растительности по полосам отвода и охранным зонам.

Создание низкорослого растительного покрова замедляет естественное развитие сукцессии (последовательной смены одних растительных сообществ другими на данной территории [6]) растений до стадии кульминации, предотвращая вторжение и развитие нежелательных высоких растущих деревьев. По мере того, как низкорослые растительные сообщества становятся более плотными, количество экземпляров нежелательной древесно-кустарниковой растительности будет уменьшаться, а потребность в постоянном уходе за ними будет снижаться.

Описание: заключается в культурном выращивании (содействию развития) желательной растительности (стабильных низкорослых сообществ местных видов) для предотвращения появления (подавления) высокорослой и склонной к бурному самовозобновлению нежелательной древесно-кустарниковой растительности (в том числе – инвазивных видов). Отдельно или в совокупности метод может включать выпуск вредителей или паразитов (преимущественно насекомых) для долгосрочной борьбы с целевой растительностью.

Использование: в местах, недоступных для транспортных средств, удалённых от транспортных путей сообщения, в том числе при незначительности эстетической составляющей содержания ЛИО.

Достиоинства: круглогодичность применения, экологичность, стимулирование к возобновлению местных желательных видов, применимость для небольших рассредоточенных участков ЛИО.

Недостатки: неэстетичность, необходимость осуществления постоянного контроля и ухода за желательной растительностью, возможность произрастания непроектных видов НДКР, вероятность ослабления вредителями или паразитами целевых видов растительности.

### 3. Химический

Краткая характеристика: Препятствуя прорастанию и росту нежелательных видов, плотность которых обычно увеличивается после применения механических методов борьбы, использование гербицидов способствует созданию низкорослых желательных растительных сообществ. По мере того, как эти сообщества укореняются, количество несовместимых экземпляров деревьев и кустарников уменьшается, а будущие затраты на обслуживание сокращаются. Эти растительные сообщества также обеспечивают более стабильную среду, чем циклическая среда, которая следует за использованием методов механического контроля.

Описание: Древесно-кустарниковая растительность подвергается воздействию химических препаратов, наносимых на листья и стволы (стволы).

Использование: в местах, недоступных для транспортных средств, при требуемых больших объёмах работ и временных ограничениях.

Достиоинства: большая производительность, малая энергоёмкость, пожаробезопасность, лёгкость нанесения химикатов, быстрое подавление растительности.

Недостатки: неизбирательность (возможность попадания химических препаратов на культурные, в том числе – сельскохозяйственные, растения), неэкологичность (возможность загрязнения окружающей среды), неэстетичность (необходимость удаления отмерших частей растительности), некруглогодичность применения (в период облиствления), зависимость от погодных условий, снижение эффективности на участках с большой степенью зарастания, отсутствие контроля корневой системы, возможность агрессивного повторного возобновления некоторых видов НДКР, негативность общественного мнения.

Разработанная в рамках данного исследования классификация существующих и перспективных механических методов воздействия на нежелательную растительность представлена на рис. 2.

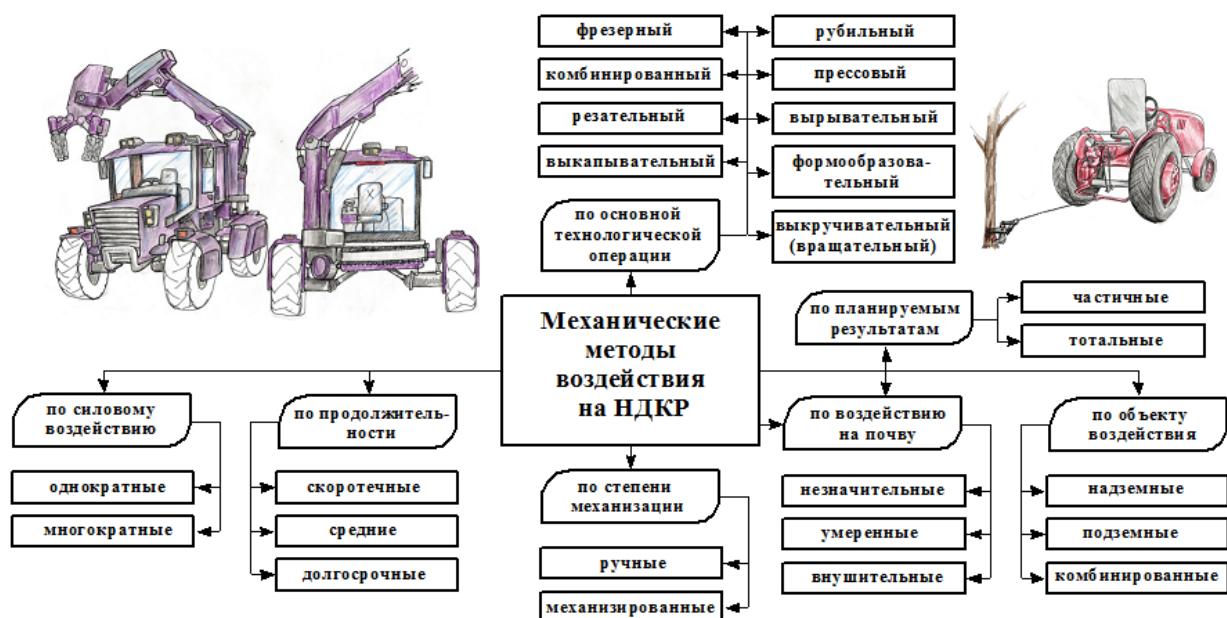


Рисунок 2 – Классификация существующих и перспективных механических методов воздействия на нежелательную растительность

Разработанная классификация позволит более обоснованно назначать те или иные методы воздействия на растительность при варьирующихся условиях её произрастания.

### Список литературы

1. Бартенев И.М. Борьба с сорной растительностью в защитных лесных насаждениях / И.М. Бартенев. – М: 1976. – 46 с.
2. Бартенев И.М. Технология и механизация выращивания защитных лесных насаждений / И.М. Бартенев, В.Г. Шаталов. – Воронеж: Воронежский политехнический институт, 1991. – 66 с.
3. Платонов А.А. Современная классификация линий трубопроводного транспорта - как объектов для формирования защитных лесонасаждений / А.А. Платонов, М.А. Платонова //

Транспорт: наука, образование, производство («Транспорт-2025»): Сборник статей Международной научно-практической конференции, Воронеж, 23-25 апреля 2025 года. – Воронеж: Ростовский государственный университет путей сообщений, 2025. – С. 182-186.

4. Платонов А.А. О допустимой степени зарастания нежелательной растительностью территорий линейных инфраструктурных объектов / А.А. Платонов // Повышение эффективности лесного комплекса: Материалы Восьмой Всероссийской национальной научно-практической конференции с международным участием, Петрозаводск, 24 мая 2022 года. – Петрозаводск: Петрозаводский государственный университет, 2022. – С. 153-155.

5. Жданов Ю.М. Машины для создания и содержания защитных лесных насаждений: Краткий каталог научных разработок технических средств отдела (сектора) механизации ГНУ ВНИАЛМИ Россельхозакадемии / Ю.М. Жданов, В.Н. Хорошавин, В.Г. Юферев. – Волгоград: Всероссийский научно-исследовательский агролесомелиоративный институт, 2012. – 36 с.

6. Биологический энциклопедический словарь / Под ред. М.С. Гилярова. – М: Сов. энциклопедия, 1989. – 864 с.

## References

1. Bartenev I.M. Weed control in protective forest plantations / I.M. Bartenev. – Moscow: 1976. – 46 p.
2. Bartenev I.M. Technology and mechanization of growing protective forest plantations / I.M. Bartenev, V.G. Shatalov. - Voronezh: Voronezh Polytechnic Institute, 1991. – 66 p.
3. Platonov A.A. Modern classification of pipeline transport lines - as objects for the formation of protective forest plantations / A.A. Platonov, M. A. Platonova // Transport: science, education, production («Transport-2025»): Collection of articles of the International scientific and practical conference, Voronezh, April 23-25, 2025. – Voronezh: Rostov State University of Transport, 2025. – pp. 182-186.
4. Platonov A.A. On the permissible degree of overgrowing of linear infrastructure facilities with unwanted vegetation / A.A. Platonov // Improving the efficiency of the forest complex: Proceedings of the Eighth All-Russian National Scientific and Practical Conference with International Participation, Petrozavodsk, May 24, 2022. – Petrozavodsk: Petrozavodsk State University, 2022. – pp. 153-155.
5. Zhdanov Yu.M. Machines for the creation and maintenance of protective forest plantations: Brief catalog of scientific developments of technical means of the mechanization department (sector) of the State Scientific Institution VNIALMI of the Russian Agricultural Academy / Yu.M. Zhdanov, V.N. Khoroshavin, V.G. Yuferov. – Volgograd: All-Russian Research Institute of Agroforestry and Melioration, 2012. – 36 p.
6. Biological Encyclopedic Dictionary / Ed. by M.S. Gilyarov. – Moscow: Sov. Encyclopedia, 1989. – 864 p.

DOI: 10.58168/TBiEc2025\_83-88

УДК 581.132

**СЕЗОННАЯ ПРОДУКТИВНОСТЬ ФОТОСИНТЕЗА У ДРЕВЕСНЫХ ПОРОД  
РОДА BETULA, POPULUS, PINUS В УСЛОВИЯХ ЛЕСОСТЕПНОЙ ЗОНЫ  
ЕВРОПЕЙСКОЙ ЧАСТИ РОССИИ**

SEASONAL PHOTOSYNTHETIC PRODUCTIVITY IN TREE SPECIES OF THE  
GENUS BETULA, POPULUS, AND PINUS IN THE FOREST-STEPPE ZONE OF THE  
EUROPEAN PART OF RUSSIA

**Евлаков П.М.**, к.б.н., заведующий лаборатории ПЦР анализа НИИ ИТЛК ВГЛТУ, ФГБОУ ВО «Воронежский государственный лесотехнический университет имени Г.Ф. Морозова», Воронеж, Россия.

**Рыжкова В.С.**, младший научный сотрудник лаборатории анализа ПЦР НИИ ИТЛК ФГБОУ ВО «Воронежский государственный лесотехнический университет им. Г.Ф. Морозова», Воронеж, Россия.

**Жужукин К.В.**, к.т.н., старший преподаватель ФГБОУ ВО «Воронежский государственный лесотехнический университет имени Г.Ф. Морозова», Воронеж, Россия.

**Evlakov P.M.**, candidate of Biological Sciences, Head of the Laboratory of PCR Analysis at the Scientific Research Institute of ITLK VGLTU, Voronezh State University of Forestry and Technologies named after G.F. Morozov, Voronezh, Russia

**Ryzhkova V.S.**, junior researcher of the Laboratory of PCR Analysis at the Scientific Research Institute of ITLK VGLTU, Voronezh State University of Forestry and Technologies named after G.F. Morozov, Voronezh, Russia

**Zhuzhukin K.V.**, candidate of Technical Sciences, lecturer, Voronezh State University of Forestry and Technologies named after G.F. Morozov, Voronezh, Russia

**Аннотация:** в данной работе рассматриваются сезонные изменения фотосинтетической продуктивности межсекционного гибрида тополя ‘Э.с.-38’, берёзы повислой ‘Угличская-1’ и сосны обыкновенной в условиях лесостепной зоны Европейской части России. Исследования проводились на протяжении вегетационного сезона 2024 года, характеризующегося продолжительным дефицитом почвенного увлажнения. Для опытных лиственных растений тополя и берёзы был установлен одновершинный характер сезонной динамики фотосинтетической продуктивности, в то время как сосна обыкновенная продемонстрировала высокую устойчивость к засушливым условиям и поддерживала продуктивность в июне и сентябре. Выявлены различные адаптивные механизмы у каждого из видов, что способствует сохранению многокомпонентного растительного сообщества в регионе.

**Abstract:** this paper examines seasonal changes in photosynthetic productivity of the intersectional hybrid of poplar ‘E.s.-38’, silver birch ‘Uglyancheskaya-1’ and scots pine in the forest-steppe zone of the European part of Russia. The studies were conducted during the 2024 growing season, characterized by a prolonged deficit of soil moisture. A single-peaked nature of the

seasonal dynamics of photosynthetic productivity was established for the experimental deciduous plants of poplar and birch, while Scots pine demonstrated high resistance to drought conditions and maintained productivity in June and September. Various adaptive mechanisms were identified in each of the species, which contributes to the preservation of the multicomponent plant community in the region.

**Ключевые слова:** фотосинтетическая продуктивность, береза, тополь, сосна обыкновенная, вегетационный период

**Keywords:** photosynthetic productivity, birch, poplar, scots pine, vegetation period

Внутрисезонные изменения фотосинтетической продуктивности у опытных деревьев межсекционного гибрида тополя ‘Э.с.-38’, березы повислой ‘Углинческая-1’ и сосны обыкновенной можно рассматривать как проявление физиологического механизма, обеспечивающего стабильное существование этих видов в условиях лесостепной зоны Европейской части России.

Вегетационный сезон 2024 года характеризовался аномально ранним началом и продолжительным дефицитом почвенного увлажнения. За исключением июля, в котором выпало значительное количество осадков, и он оказался наиболее благоприятным для фотосинтеза лиственных деревьев, в частности, берёзы повислой.

В ранневесенний период преобладающими лимитирующими факторами являлись резкие температурные колебания воздуха и почвы. Тем не менее, опытными растениями тополя ‘Э.с.-38’ усваивалось достаточно большое количество  $\text{CO}_2$ . Значения фотосинтетической продуктивности у растений тополя в апреле были наибольшими за весь вегетационный период и составляли 33,0 моль/ $\text{м}^2/\text{день}$  (рисунок 1).

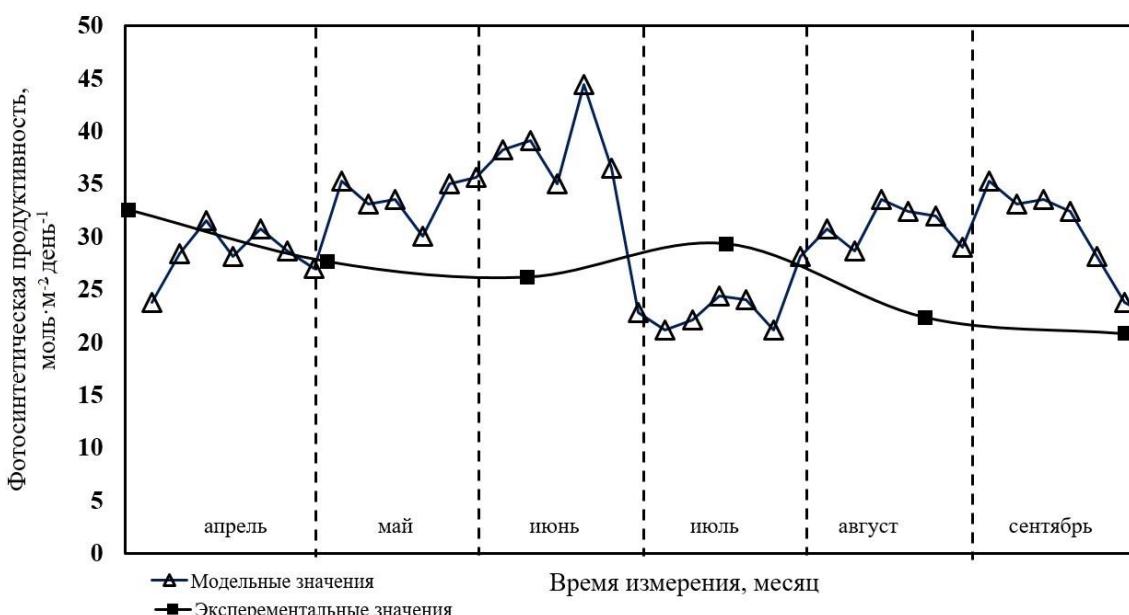


Рисунок 1 – Сезонная фотосинтетическая продуктивность межсекционного гибрида тополя ‘Э.с.-38’

По разнице между рассчитанной (модельной) и реальной фотосинтетической сезонной продуктивностью можно оценить потери фотосинтетической продуктивности опытных лиственных и хвойных пород при неблагоприятном воздействии факторов. На рисунках 1 и 2 показано, что влияниеочных заморозков в начале мая, недостатка влаги в почве (ГТК в мае-июне варьировал от 0,6 до 0,74), а также высокого уровня интенсивности радиации привело к значительным расхождениям сезонных изменений реальной и рассчитанной фотосинтетической продуктивности растений тополя ‘Э.с.-38’ и берёзы повислой ‘Уг.-1’. Так, в мае воздействие внешних факторов понизило продуктивность фотосинтеза растений тополя на 15% относительно рассчитанного максимума, а в июне – на 17%. У растений берёзы депрессия фотосинтеза привела к снижению продуктивности на 17% в мае и на 12% в июне.

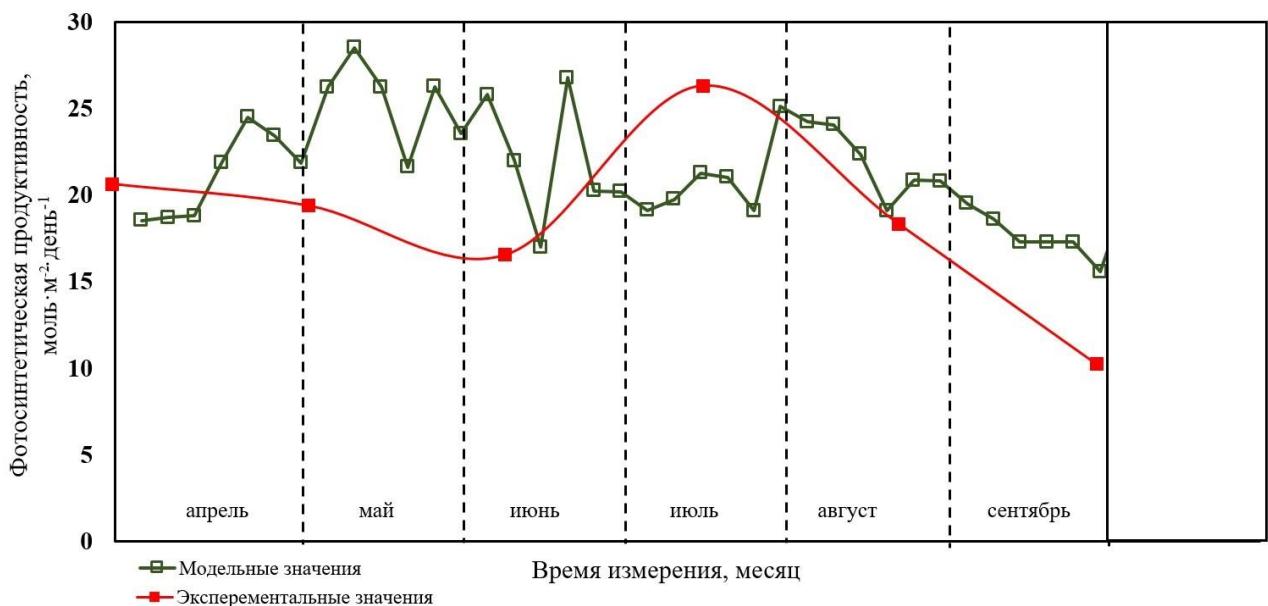


Рисунок 2 – Сезонная фотосинтетическая продуктивность берёзы повислой ‘Уг.-1’

Однако, для фотосинтеза сосны обыкновенной засушливые условия в весенне-летний период оказались наиболее комфортными. Сравнение сезонных изменений экспериментальной и расчётной сезонной продуктивности показало их хорошую сходимость в мае и июне (рисунок 3).

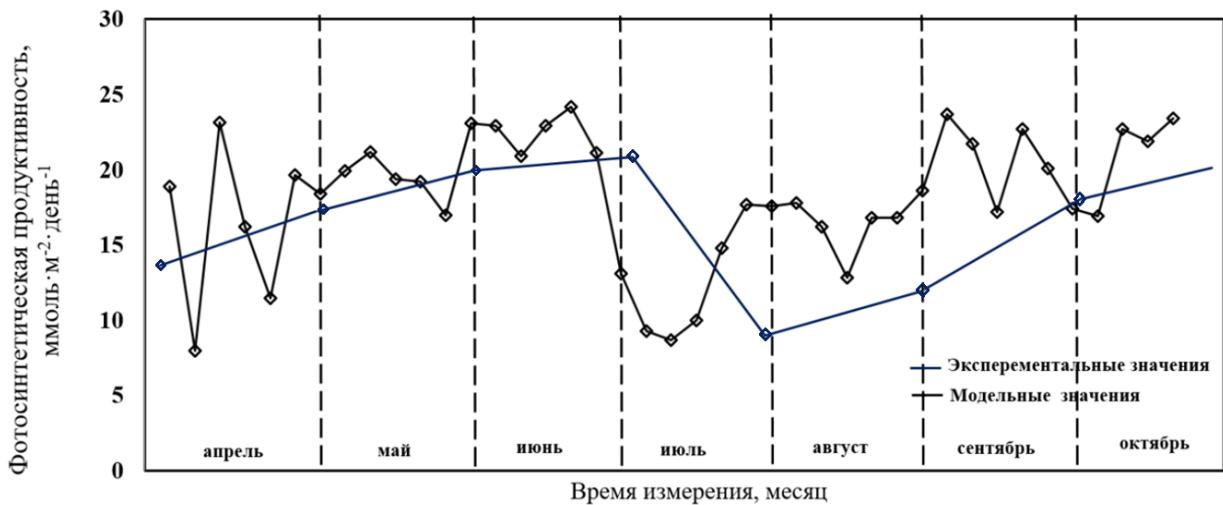


Рисунок 3 – Сезонная фотосинтетическая продуктивность сосны обыкновенной

По данным для условий лесостепного Предбайкалья известно, что при снижении запасов почвенной влаги в верхнем полуметровом слое ниже 30 мм и понижении относительной влажности до 15-20 % преимущество в сохранении стабильного уровня фотосинтетической продуктивности остаётся за сосной [1]. Что касается ночных заморозков в начале весенне-летнего периода, то они не оказывали существенного влияния на ФП растений сосны. В наших исследованиях максимальный уровень реальной фотосинтетической продуктивности у сосны обыкновенной отмечали в конце июня-начале июля.

В летний период наиболее активен фотосинтез травянистых и листопадных видов растений [1]. Так, у берёзы повислой ‘Уг.-1’ в июле наблюдали максимальные значения реальной фотосинтетической продуктивности (27,5 моль/м<sup>2</sup>/день), превышающие модельные почти на 19%.

На увеличение фотосинтетической деятельности берёзы повислой благоприятно влияло сочетание оптимальной температуры воздуха и почвы, а также достаточное количество влаги. Значения реальной ФП тополя ‘Э.с.-38’ в июле превышали рассчитанные модельные значения на 13%. У растений сосны обыкновенной зафиксировали резкий спад фотосинтетической продуктивности в этот период. Аналогичную видоспецифическую реакцию деревьев в условиях умеренной засухи наблюдали также у дуба и ели в условиях экспериментальной экологической станции Били Кржиж, Чешская Республика [2].

В августе высокие температуры и недостаток почвенной влаги приводили к развитию засухи. В ходе наших исследований, мы отмечали отрицательное воздействие сложившихся условий на фотосинтетическую продуктивность лиственных пород. Вероятно, водный стресс, возникающий в результате ограничения поступления воды через корни растений, приводил к снижению водного потенциала ксилемы ствола и побегов [3]. Сосна обыкновенная, напротив, демонстрировала постепенное увеличение фотосинтетической деятельности. Стимулирующий эффект мягких стрессовых условий отмечался также у других видов растений [4, 5].

У всех опытных растений наблюдали расхождение между модельной и реальной фотосинтетической сезонной продуктивностью, значения последней были ниже.

В осенний период снизившийся уровень освещённости снимал перегрев кроны и одновременно понижал фотосинтетическую активность лиственных растений. Эти условия в сочетании с продолжительной засухой определили снижение фотосинтетической продуктивности у опытных растений тополя ‘Э.с.-38’ и берёзы повислой ‘Углинческая-1’. Однако, несмотря на то что для светолюбивой сосны низкий уровень освещённости тоже является лимитирующим фактором, сентябрьская погода была чрезвычайно благоприятной для её фотосинтеза и фотосинтетической продуктивности, которые в этот период значительно увеличились.

В сентябре также наблюдали чёткие различия между экспериментальной и реальной фотосинтетической продуктивностью у всех опытных пород деревьев. Различия потенциально возможной и реальной ассимиляции были обусловлены участием в работе фотосинтетического аппарата регулирующих механизмов.

Рассмотренные особенности внутрисезонной динамики фотосинтетической продуктивности позволяют сделать вывод, что наименее благоприятными для углеродного питания опытных лиственных пород тополя ‘Э.с.-38’ и берёзы повислой ‘Углинческая-1’ оказались условия сухого весенне-летнего и летнего периода, за исключением, июля, в который оптимальное почвенное увлажнение активно использовалось растениями берёзы для достижения высоких значений фотосинтетической продуктивности ( $27,5 \text{ моль}/\text{м}^2/\text{день}$ ), и первой декады апреля, в которую значения фотосинтетической продуктивности у растений тополя были наибольшими за весь вегетационный период ( $33,0 \text{ моль}/\text{м}^2/\text{день}$ ). Высокий фотосинтетический потенциал сосны выявлялся, напротив, в июне и сентябре.

Таким образом, для опытных лиственных растений тополя и берёзы был установлен одновершинный характер сезонной динамики фотосинтетической продуктивности. Это указывает на то, что максимальные значения фотосинтетической активности у данных видов совпадают с определёнными условиями, что, в свою очередь, обуславливает их повышенную чувствительность к изменениям факторов окружающей среды в межсезонье. В отличие от лиственных пород, у сосны обыкновенной наблюдался двухвершинный характер динамики продуктивности фотосинтеза, что свидетельствует о большей устойчивости и адаптивности этого вида к сезонным изменениям и условиям окружающей среды. Это позволяет соснове поддерживать высокую фотосинтетическую продуктивность в более широком диапазоне времени года.

Поскольку все опытные растения обладают собственными адаптивными механизмами, обеспечивающими их выживание в неблагоприятных условиях, при смене погодных условий в течение вегетационного сезона преимущество для высокого уровня фотосинтеза получают разные виды, что способствует существованию многокомпонентного растительного сообщества на территории экспериментального калибровочного карбонового полигона Воронежской области.

## Список литературы

1. Суворова, Г.Г. Фотосинтетическая продуктивность хвойных древостоев Иркутской области / Г.Г. Суворова, Е.В. Попова; отв.ред. Р.К. Саляев; Рос. Акад. Наук, Сиб. отд-ние, Сиб. ин-т физиол. и биохим. растений. – Новосибирск: Академическое издательство "Гео", 2015. – 95 с.
2. Ofori-Amanfo, K. K. Interactive effect of elevated CO<sub>2</sub> and reduced summer precipitation on photosynthesis is species-specific: the case study with soil-planted Norway spruce and sessile oak in a mountainous forest plot / K. K. Ofori-Amanfo, K. Klem, Veselá, B. [et al.] // Forests. – 2020. – Vol. 12. – №. 1. – P. 42 – 50.
3. Khalil, A. A. M. Does xylem ABA control the stomatal behavior of water-stressed sycamore (*Acer pseudoplatanus* L.) / A. A. M. Khalil, J. Grace // J. Exp. Bot. – 1993. – Vol. 44. – P. 1127–1134.
4. Drought response of five conifer species under contrasting water availability suggests high vulnerability of Norway spruce and European larch / M. Lévesque, M. Saurer, R. Siegwolf [et al.] // Glob. Chang. Biol. – 2013. – Vol. 19. – P. 3184–3199.
5. Differences in pigment composition, photosynthetic rates and chlorophyll fluorescence images of sun and shade leaves of four tree species / H. K. Lichtenthaler, A. Ač, M. V. Marek, [et al.] // Plant Physiol. Biochem. – 2007. – V. 45. – P. 577–588.

## References

1. Suvorova, G.G. Fotosinteticheskaya produktivnost' hvojnyh drevostoev Irkutskoj oblasti / G.G. Suvorova, E.V. Popova; otv.red. R.K. Salyaev; Ros. Akad. Nauk, Sib. otd-nie, Sib. in-t fiziol. i biohim. rastenij. – Novosibirsk: Akademicheskoe izdatel'stvo "Geo", 2015. – 95 s.
2. Ofori-Amanfo, K. K. Interactive effect of elevated CO<sub>2</sub> and reduced summer precipitation on photosynthesis is species-specific: the case study with soil-planted Norway spruce and sessile oak in a mountainous forest plot / K. K. Ofori-Amanfo, K. Klem, Veselá, B. [et al.] // Forests. – 2020. – Vol. 12. – №. 1. – P. 42 – 50.
3. Khalil, A. A. M. Does xylem ABA control the stomatal behavior of water-stressed sycamore (*Acer pseudoplatanus* L.) / A. A. M. Khalil, J. Grace // J. Exp. Bot. – 1993. – Vol. 44. – P. 1127–1134.
4. Drought response of five conifer species under contrasting water availability suggests high vulnerability of Norway spruce and European larch / M. Lévesque, M. Saurer, R. Siegwolf [et al.] // Glob. Chang. Biol. – 2013. – Vol. 19. – P. 3184–3199.
5. Differences in pigment composition, photosynthetic rates and chlorophyll fluorescence images of sun and shade leaves of four tree species / H. K. Lichtenthaler, A. Ač, M. V. Marek, [et al.] // Plant Physiol. Biochem. – 2007. – V. 45. – P. 577–588.

DOI: 10.58168/TBiEc2025\_89-93

УДК 630\*6

## ПЕРСПЕКТИВЫ ПОЛУЧЕНИЯ УГЛЕРОДНЫХ ЕДИНИЦ ПРИ ПРОВЕДЕНИИ РУБОК УХОДА

### PROSPECTS FOR OBTAINING CARBON UNITS THROUGH THINNING ACTIVITIES

**Галактионов О. Н.** д.т.н., доцент ФГБОУ ВО «Петрозаводский государственный университет», Петрозаводск, Россия.

**Елхова М.А.**, преподаватель ФГБОУ ВО «Петрозаводский государственный университет», Петрозаводск, Россия.

**Galaktionov O.N.**, doctor of engineering Sciences, associate professor FGBOU VO «Petrozavodsk State University», Petrozavodsk, Russia.

**Elkhova M.A.**, lecturer FGBOU VO «Petrozavodsk State University», Petrozavodsk, Russia.

**Аннотация:** в данной статье рассматривается проведение рубок ухода как способ увеличения углерододепонирующей функции леса в связи с общемировой проблемой глобального потепления. Проведен анализ международного рынка углеродных единиц, а также показаны немногочисленные действующие климатические проекты формирующего российского. В статье рассмотрена возможность получения углеродных квот за счет проведения уходовых работ за лесом. На текущем этапе данная возможность представлена как дополнительный источник дохода в качестве мотивации для арендаторов для планирования и регулярного проведения рубок ухода. Рассмотрен потенциал возможности модернизации процесса проведения рубок ухода в будущем за счет привлечения роботизированного лесного помощника.

**Abstract:** this article examines the implementation of thinning as a method for increasing the carbon sequestration function of forests in light of the global problem of climate change. An analysis of the international carbon unit market has been conducted, as well as a presentation of the few existing climate projects in the formative stage in Russia. The article discusses the possibility of obtaining carbon quotas through the implementation of forest care operations. At the current stage, this opportunity is presented as an additional source of income and motivation for leaseholders to plan and regularly conduct thinning. The potential for modernizing the thinning process in the future through the involvement of a robotic forest assistant is also considered.

**Ключевые слова:** углеродная квота, рубки ухода, ресурсосбережение, лесоуправление.

**Keywords:** carbon unit, thinning, resource conservation, forest management.

Актуальность.

Глобальное потепление является общемировой проблемой, которая требует незамедлительного решения от всех стран. Главными поглотителями углерода выступают

леса, и Российская Федерация является обладателем обширных лесных территорий. Несмотря на то, что леса – возобновляемый ресурс, они требуют грамотных, комплексных и регулярных мер по управлению ними [1]. Также важным моментом является то, что существующее поглощение никаким образом не участвует в формировании углеродных единиц, необходимы конкретные действия направленные на увеличение поглощения углерода [2]. Рубки ухода – являются одними из таких мер, которые могут влиять как на качество получаемой древесины в результате сплошных рубок, так и на прирост древесины, что в свою очередь, может увеличить поглощение углерода [3]. Но, стоит отметить, что данные мероприятия являются достаточно затратными и поэтому для арендаторов необходимы дополнительные мотивации для того, чтобы у них был стимул и интерес заниматься рубками ухода. Одним из таких решений может оказаться формирующийся рынок продажи углеродных единиц.

Углеродная единица – это объем парниковых газов, соответствующий одной тонне углекислого газа. Предприятиям устанавливается лимит для выбросов углерода в окружающую среду, но некоторые организации с энергоемкими процессами могут превышать эти пределы. Соответственно, другие предприятия могут организовывать экологические проекты, и генерировать углеродные единицы, которые могут продавать тем, кому недостаточно своих квот [4].

Мировой рынок торговли углеродными квотами не является до конца сформированным, но уже есть определенные положительные результаты в этом направлении. Европейская система торговли квотами на выбросы (ETS) – система, реализованная Европейским союзом и согласно отчету ETS за 2023 год помогла сократить выбросы от промышленных предприятий на 47% по сравнению с 2005 годом. Национальный углеродный рынок Китая запущен в 2021 году и является крупнейшим в мире. Международные цены за углеродную единицу сильно различаются, и размах колебаний составляет от 1 USD в Казахстане и до 93 USD в Великобритании [5].

В нашей стране также начинает формироваться рынок продажи углеродных единиц за счет реализации климатических проектов. Функционирует реестр учета зарегистрированных проектов с сентября 2022 года, в котором фиксируется их планируемое количество углеродных единиц за период реализации проекта и уже полученное число углеродных единиц, которое можно реализовать с помощью торговых площадок [6].

#### **Содержание.**

В настоящее время на территории Российской Федерации зарегистрировано 64 климатических проекта, направленных на сокращение, предотвращение и увеличение поглощения выбросов парниковых газов. Количество проектов, которые планируют увеличение поглощения углерода на данный момент 3:

1. Сахалинский эксперимент по регулированию выбросов углерода в окружающую среду и формированию углеродных квот.

2. Лесоклиматический проект АО «РУСАЛ КРАСНОЯРСК» «Авиационная охрана от пожаров лесного участка на территории Нижне-Енисейского лесничества, Сымского участкового лесничества, поселок Ярцево, Красноярский край, Россия».

3. Создание защитных насаждений на территории филиала АО "КАУСТИК" "Волгоградская ТЭЦ-3".

Сахалинский эксперимент уже продемонстрировал положительные результаты в плане сокращения углеродных выбросов - по итогам 2023 года нетто-выбросы парниковых газов снизились почти в 2 раза от 2021 года – с 1367 тыс. до 732 тыс. тонн С, а также между двумя региональными участниками эксперимента оформлена сделка купли-продажи единиц выполнения квоты, и зачет превышения выбросов над установленной регионом квотой на парниковые газы [7]. Важно отметить, что стоимость углеродной единицы на Сахалине является фиксированной: стоимость 1 тонны выбросов углерода составляла 1000 руб. с 1 марта 2023 г. по 31 декабря 2028 г. Также в конце 2023 г. состоялся первый аукцион по продаже углеродных единиц на Национальной товарной бирже, по результатам которого средневзвешенная стоимость продажи 1 углеродной единицы составила 700 руб..

Республика Карелия как обладатель обширных лесных ресурсов может также иметь возможность получения углеродных единиц для продажи в результате проведения рубок ухода. Стоит отметить, процесс формирования углеродных квот в результате рубок ухода является процессом долгосрочным, и результаты можно получить только через несколько десятков лет после проведения работ. Но так как основным источником дохода является продажа древесины в результате сплошной рубки, то можно рассматривать продажу углеродных единиц как дополнительный источник прибыли. В этом случае реализация таких проектов становится перспективной.

Таким образом, для расчета получения возможных углеродных единиц необходимо рассчитать разность между поглощением углерода при естественном процессе роста древостоя и поглощением при проведении рубок ухода, также учесть выбросы углерода в окружающую среду от техники, которая будет использоваться при данных мероприятиях. Примерный план формирования углеродных единиц представлен на рисунке 1.

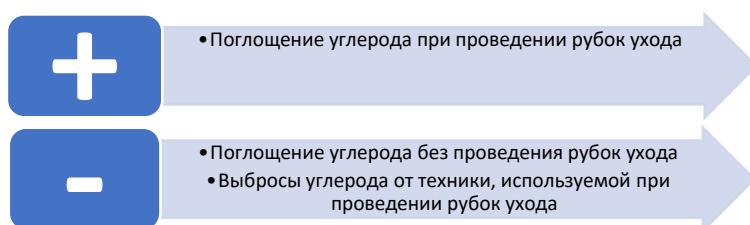


Рисунок 1 - Предполагаемая схема формирования углеродных квот при проведении рубок ухода

Также важным моментом, влияющим на увеличение поглощения углерода лесом являются параметры проведения рубок ухода. Главными такими параметрами являются

объем изымаемой древесины, возраст древостоя при проведении рубок ухода, интервал времени между проводимыми работами. На рисунке 2 представлены варианты использования лесосеки: в первом случае уходовые работы не производились, лес произрастал естественным образом, во втором случае в течении оборота рубки были произведены N рубок ухода объемом V в период произрастания t.



Рисунок 2 – Варианты использования лесосеки

Таким образом, важно определить такой план проведения уходовых мероприятий при котором будет достигаться большее поглощение углерода, чем при естественном его произрастании.

При проведении уходовых работ также стоит учитывать повреждаемость древостоя, что оказывает негативное влияние на прирост, и, соответственно, на поглощение углерода. Особенно это касается крупногабаритной техники, поэтому желательно использовать оборудование, максимально соответствующее возрастным и породным характеристикам лесной территории. Наиболее щадящим является способ валки с бензопилой, но данный процесс является достаточно трудоемким. Большую помощь в решении этой проблемы может оказать роботизированный лесной помощник – автоматизация процесса минимизировала бы с одной стороны тяжелый труд рубщика и с другой - повреждения древостоя по сравнению с тяжелой техникой. Но создание такого агрегата – очень сложный процесс, так как лесной рельеф является крайне неоднородным и присутствует огромное количество препятствий, который лесной помощник должен преодолевать.

#### Заключение

Рубки ухода являются важным инструментом для грамотного лесоуправления, в результате которых можно повысить качество древесины, увеличить запасы древостоя и поглощение углерода лесами. Соответственно, нужны дополнительные меры стимулирования для арендаторов, чтобы они более тщательно относились к планированию и проведению рубок ухода. Главным образом, это касается крупных арендаторов, так как у них возможность нести значительные затраты на проведение рубок ухода, но в долгосрочном периоде появляется возможность дополнительного заработка за счет продажи углеродных единиц. Также представляется интерес разработка роботизированного лесного помощника, который может сократить трудоемкие рутинные ручные процессы и минимизировать повреждения по сравнению с тяжелой лесной техникой.

## Список литературы

1. Лескинен П., Линдлер М., Веркерк П.Й., Набуурс Г.Я., Ван Брусселен Й., Куликова Е., Хассегава М. и Леринк Б.(ред)2020. Леса России и изменение климата. Что нам может сказать наука 11. Европейский институт леса.
2. Кокорин А.О., Луговая Д.Л. Поглощение СО<sub>2</sub> лесами России в контексте Парижского соглашения // Устойчивое лесопользование. 2018. № 2 (54). С. 13–18.
3. Желдак В. И., Сычева А. Н., Дорошенкова Э. В., Липкина Т. В., Прока И. Ю. Лесоводственная оценка потенциала влияния рубок лесовозобновления на депонирование и сохранение углерода лесными экосистемами // Актуальные проблемы лесного комплекса. 2022. № 61. С. 88–93.
4. Лапицкая, О. В. Теория устойчивого природопользования и принципы устойчивого лесопользования как научная основа управления лесами и лесным хозяйством Беларуси // Вестник Гомельского государственного технического университета им. П.О. Сухого. 2023. № 1(92). С. 48-56
5. ICAP. – URL: <https://icapcarbonaction.com/en>. Дата обращения: 18.05.2025.
6. Реестр углеродных единиц. – URL: <https://carbonreg.ru/ru/>. Дата обращения: 18.05.2025.
7. Министерство экономического развития Российской Федерации. – URL: <https://economy.gov.ru/material/news/>. Дата обращения: 18.05.2025.

## References

1. Leskinen P., Lindler M., Verkerk P.J., Nabuurs G.J., Van Brusselen J., Kulikova E., Hasegawa M., and Lierink B. (eds) 2020. Forests of Russia and Climate Change. What Science Can Tell Us 11. European Forest Institute.
2. Kokorin A.O., Lugovaya D.L. CO<sub>2</sub> Absorption by Russian Forests in the Context of the Paris Agreement // Sustainable Forest Management. 2018. No. 2 (54). pp. 13–18.
3. Zheldak V. I., Sycheva A. N., Doroshenkova E. V., Lipkina T. V., Proka I. Yu. Forest Management Assessment of the Impact Potential of Harvesting on Carbon Sequestration and Storage by Forest Ecosystems // Current Issues of the Forest Complex. 2022. No. 61. pp. 88–93.
4. Lapitskaya, O. V. The Theory of Sustainable Natural Resource Management and the Principles of Sustainable Forest Management as the Scientific Basis for Forest and Forestry Management in Belarus // Bulletin of the Gomel State Technical University named after P.O. Sukhoi. 2023. No. 1(92). pp. 48-56.
5. ICAP. – URL: <https://icapcarbonaction.com/en>. Date of access: 18.05.2025.
6. Carbon Unit Registry. – URL: <https://carbonreg.ru/ru/>. Date of access: 18.05.2025.
7. Ministry of Economic Development of the Russian Federation. – URL: <https://economy.gov.ru/material/news/>. Date of access: 18.05.2025.

DOI: 10.58168/TBiEc2025\_94-99

УДК 630<sup>\*</sup>907.1

**ПРИМЕНЕНИЕ ПАКЕТА PHOTOSYNTHESIS ДЛЯ МОДЕЛИРОВАНИЯ  
ПРОЦЕССОВ ФОТОСИНТЕЗА РАСТЕНИЙ В ПРОГРАММНОЙ СРЕДЕ R**  
**APPLICATION OF THE PHOTOSYNTHESIS PACKAGE FOR MODELING PLANT  
PHOTOSYNTHESIS PROCESSES IN THE R SOFTWARE ENVIRONMENT**

**Жужукин К.В.**, к.т.н., старший преподаватель ФГБОУ ВО «Воронежский государственный лесотехнический университет имени Г.Ф. Морозова», Воронеж, Россия.

**Евлаков П.М.**, к.б.н., заведующий лаборатории ПЦР анализа НИИ ИТЛК ВГЛТУ, ФГБОУ ВО «Воронежский государственный лесотехнический университет имени Г.Ф. Морозова», Воронеж, Россия.

**Zhuzhukin K.V.**, candidate of Technical Sciences, lecturer, Voronezh State University of Forestry and Technologies named after G.F. Morozov, Voronezh, Russia

**Evlakov P.M.**, candidate of Biological Sciences, Head of the Laboratory of PCR Analysis at the Scientific Research Institute of ITLK VGLTU, Voronezh State Forestry Engineering University named after G.F. Morozov, Voronezh, Russia.

**Аннотация:** в данной статье представлено краткое описание модели фотосинтеза для C<sub>3</sub> растений, разработанная Грэмом Фаргхаром, Сюзанной фон Кеммерер и Джозефом Берри, которая призвана помочь в интерпретации измерений газообмена в процессе ассимиляции углекислого газа листьями и представлении C<sub>3</sub> фотосинтеза в контексте других систем, таких как регуляция устьицами и функция концентрации углекислого газа при C<sub>4</sub> фотосинтезе. Модель способна прогнозировать стационарные скорости ассимиляции CO<sub>2</sub> при различных условиях окружающей среды, включая интенсивность света, температуру, концентрации CO<sub>2</sub> и O<sub>2</sub>, основываясь на кинетических характеристиках основного фермента фотосинтеза Рубиско. Модель может использоваться для оценки активности Рубиско в условиях *in vivo* и способности хлоропласта переносить электроны.

**Abstract:** this paper presents a brief description of a model of photosynthesis for C<sub>3</sub> plants developed by Graham Farquhar, Susanna von Kemmerer and Joseph Berry, which is designed to aid in the interpretation of gas exchange measurements during leaf CO<sub>2</sub> assimilation and to represent C<sub>3</sub> photosynthesis in the context of other systems such as stomatal regulation and the CO<sub>2</sub> concentration function of C4 photosynthesis. The model is able to predict steady-state rates of CO<sub>2</sub> assimilation under a variety of environmental conditions including light intensity, temperature, CO<sub>2</sub> and O<sub>2</sub> concentrations based on the kinetics of the key photosynthetic enzyme Rubisco. The model can be used to estimate *in vivo* Rubisco activity and chloroplast electron transfer capacity.

**Ключевые слова:** фотосинтетическая продуктивность, интенсивность видимого фотосинтеза, транспирация, фотосинтетически активная радиация, моделирование.

**Keywords:** photosynthetic productivity, intensity of visible photosynthesis, transpiration, photosynthetically active radiation, modeling.

Фотосинтез, являясь ключевым экологическим фактором, формирующим среду в биосфере, находится в непосредственной зависимости от различных внешних условий. Понимание этих взаимосвязей имеет важное значение для эффективного регулирования фотосинтетических процессов и повышения продуктивности в разных природно-климатических зонах сельскохозяйственного производства [1]. Интенсивность фотосинтеза – важный показатель активности темновой фазы фотосинтеза, показывающий скорость поглощения углекислого газа листьями. Модель способна прогнозировать стационарные скорости ассимиляции CO<sub>2</sub> при различных условиях окружающей среды, включая интенсивность света, температуру, концентрации CO<sub>2</sub> и O<sub>2</sub>, основываясь на кинетических характеристиках основного фермента фотосинтеза Рубиско.

Чистая скорость ассимиляции в данной модели определяется при помощи формулы 1.

$$A = V_C - 0.5V_0 - R_d, \quad (1)$$

где A – чистая скорость ассимиляции CO<sub>2</sub>;

V<sub>C</sub> и V<sub>0</sub> – скорости карбоксилазы и оксигеназы Рубиско;

R<sub>d</sub> – дневное дыхание, включающие высвобождение митохондриальных CO<sub>2</sub>, происходящее при освещении, отличном от фотодыхания.

Это уравнение (1) можно записать в другом виде (2):

$$A = V_C(1 - 0.5\phi) - R_d, \quad (2)$$

где φ – отношение скоростей оксигенации к карбоксилированию V<sub>C</sub>/V<sub>0</sub>.

Отношение скорости оксигенации к скорости карбоксилирования φ определяется исключительно кинетическими константами Рубиско:

$$\phi = \frac{V_0}{V_c} = \left( \frac{1}{S_{\frac{C}{O}}} \right) \frac{O}{C} = \left( \frac{V_{0max}}{K_o} \frac{K_c}{V_{cmax}} \right) \frac{O}{C} \quad (3)$$

где S<sub>o/C</sub> – относительная специфичность Рубиско;

С и О – pCO<sub>2</sub> и pO<sub>2</sub> хлоропласта;

V<sub>cmax</sub>, V<sub>0max</sub>, K<sub>c</sub> и K<sub>o</sub> — максимальные скорости и константы Михаэлиса-Ментен карбоксилирования и оксигенации соответственно.

При подстановке в уравнение 2, R<sub>d</sub> = 0, A = 0 при φ = 2. Хлоропласт pCO<sub>2</sub>, при котором это происходит, получил название Г\* [645], и из приведенного выше уравнения следует, что проверка уравнения (3) показывает, что

$$\Gamma^* = \frac{0.50}{S_{\frac{C}{O}}} = \gamma * 0 \quad (4)$$

и

$$\phi = \frac{2\Gamma^*}{C} \quad (5)$$

Подставив значения в уравнения 3 можем увидеть, что

$$A = (1 - \Gamma^*/C)V_c - R_d \quad (6)$$

Скорость фотодыхания ( $V_{phr}$ ) равна половине скорости оксигенации и определяется как  $(\Gamma^*/C)V_c$  и может быть рассчитана на основе измерений газообмена по следующему уравнению 8:

$$V_{phr} = \frac{\Gamma^*}{C - \Gamma^*} (A + R_d) \quad (7)$$

Поскольку  $O_2$  конкурентно ингибитирует рибулозо-бифосфат карбоксилирование по отношению к  $CO_2$ , скорость насыщенного рибулозо-бифосфат карбоксилирования определяется выражением 9

$$W_c = \frac{C V_c max}{C + K_c (1 + \frac{O}{K_o})} \quad (8)$$

Используя выражение 9 и подставив  $V_c$  в выражение 7 получим

$$A_c = \frac{(C - \Gamma^*) V_c max}{C + K_c (1 + \frac{O}{K_o})} - R_d \quad (9)$$

Скорость регенерации рибулозо-бифосфат карбоксилазы, ограниченная транспортом электронов, определяется выражением 11.

$$W_j = \frac{J}{(4 + \frac{8\Gamma^*}{C})} \quad (10)$$

Заменив  $W_j$  на  $V_c$  в уравнении (7) дает выражение для скорости ассимиляции  $CO_2$ , ограниченной регенерацией рибулозо-бифосфат (или транспортом электронов):

$$A_j = \frac{(C - \Gamma^*) J}{4C + 8\Gamma^*} - R_d \quad (11)$$

Для связи потенциальной скорости транспорта электронов  $J$  с облучением используется следующее эмпирическое уравнение [646]:

$$\theta J^2 - J(I_2 + J_{max}) + I_2 J_{max} = 0 \quad (12)$$

где  $I_2$  — полезный свет, поглощаемый фотосистемой II;

$J_{max}$  — максимальная скорость транспорта электронов,

$\theta$  — эмпирический коэффициент кривизны (0,7).

$I_2$  связан с падающим излучением  $I$  следующим соотношением (формула 14).

$$I_2 = I \cdot abs \cdot \frac{1-f}{2} \quad (13)$$

Поглощение солнечного света (abs) листьев обычно составляет около 0,85, а  $f$  используется для поправки на спектральное качество света ( $f \sim 0,15$ ). Знаменатель 2 равен 2, поскольку мы предполагаем, что половина поглощенного света должна достичь каждой фотосистемы. Уравнение можно решить относительно  $J$  следующим образом (формула 14).

$$J = \frac{I_2 + J_{max} - \sqrt{(I_2 + J_{max})^2 - 4\theta I_2 J_{max}}}{2\theta} \quad (14)$$

При высоком парциальном давлении  $CO_2$ , особенно в сочетании с высокой освещенностью или низким парциальным давлением  $O_2$  или при низких температурах, скорость ассимиляции  $CO_2$  иногда может ограничиваться скоростью, с которой триозофосфаты используются в синтезе крахмала и сахарозы. Тогда

$$W_p = \frac{3T_p}{1 - \frac{\Gamma^*}{C}} \quad (15)$$

Скорость ассимиляции CO<sub>2</sub> определяется выражением 17.

$$A_p = 3T_p - R_d \quad (16)$$

где  $T_p$  — скорость поступления неорганического фосфата в хлоропласт и равна скорости экспорта триозофосфата из хлоропласта. В этих условиях А нечувствителено к изменениям парциального давления CO<sub>2</sub> и O<sub>2</sub>.

Уравнения 9,11,16 описывают базовую модель C<sub>3</sub> (18).

$$A = (1 - \Gamma^*/C) \cdot \min \{W_c, W_j, W_p\} - R_d \quad (17)$$

Или используя выражения 10, 12, 17 когда C > Γ\*

$$A = \min \{A_c, A_j, A_p\} \quad (18)$$

Также модель учитывает параметры и их температурные зависимости. В зависимости от применения модели большинство значений параметров могут быть присвоены априори, оставляя только  $V_{c max}$ ,  $J_{max}$  и  $g_i$  (проводимость диффузии CO<sub>2</sub> из межклеточного воздушного пространства в хлоропласт). Модель учитывает ряд параметров, которые определяют условия функционирования листа растения. Эти параметры включают в себя, например, максимальный объем CO<sub>2</sub>, который может быть использован для фотосинтеза  $V_{c max}$ , максимальную скорость фотосинтеза  $J_{max}$  и проводимость диффузии CO<sub>2</sub> из межклеточного воздушного пространства в хлоропласти  $g_i$ .

В зависимости от условий применения модели, значения большинства параметров могут быть определены заранее на основе известных или предполагаемых значений. Например, значение  $V_{c max}$  может быть определено на основе знаний о максимальном объеме CO<sub>2</sub>, которое может быть использовано для фотосинтеза в данном типе растений.

Однако, некоторые параметры, такие как  $g_i$ , могут потребовать переопределения или уточнения на основе экспериментальных данных или наблюдений. Это связано с тем, что проводимость диффузии CO<sub>2</sub> зависит от множества факторов, таких как структура и размер клеток, температура, влажность и т.д., которые могут варьироваться в зависимости от конкретных условий эксперимента или окружающей среды. Таким образом, модель позволяет учесть различные параметры и их зависимости от температуры, влажности и других факторов, что делает ее более точной и применимой к широкому спектру условий.

Кинетические константы Rubisco одинаковы у C<sub>3</sub> видов, и обычно используются одни и те же K<sub>c</sub>, K<sub>o</sub> и S<sub>o</sub> для всех C<sub>3</sub> видов высших растений.

Температурная зависимость кинетических констант может быть описана функцией Аррениуса вида (19).

$$\text{Parameter}(T) = \text{Parameter}(25^\circ\text{C}) \times \exp \exp \left[ \frac{(t-25)E}{298R(273+t)} \right] \quad (19)$$

Зависимость J<sub>max</sub> от температуры была оценена *in vitro* для определения параметров E, S, H в следующем выражении (20)

$$J_{max} = J_{max}(25^{\circ}\text{C}) \exp \exp \left( \frac{(T-298)E}{298RT} \right) * \frac{\left[ 1 + \exp \exp \left( \frac{298S-H}{298R} \right) \right]}{\left[ 1 + \exp \exp \left( \frac{ST-H}{RT} \right) \right]} \quad (20)$$

Для определения оптимальной температуры используется выражение 21

$$T_{opt} = H \left[ S + R \ln \ln \left( \frac{H}{E} - 1 \right) \right] \quad (21)$$

Уравнения (20) и (21) могут быть использованы совместно для построения кривых температурного отклика при измерениях скорости переноса электронов *in vivo* или *in vitro* уравнение 22.

$$J(t_L) = J(t_0) e^{-(\frac{t_L-t_0}{\Omega})^2} \quad (22)$$

где  $t_L$  — температура листа ( $^{\circ}\text{C}$ );

$J(t_0)$  — скорость переноса электронов при оптимальной температуре;  $t_0$ ,

$\Omega$  — разница в температуре от  $t_0$ , при которой  $J$  падает до  $e^{-1}$  (0,37) от своего значения при  $t_0$ .

Уравнение 23 для активации Рубиско в зависимости от температуры листьев:

$$a_R = \frac{1}{1 + e^{0.3(T_1 - S_2)}} \quad ) \quad (23)$$

где  $a_R$  — активная доля Рубиско;

$S_2$  — температура, при которой половина Рубиско неактивна (варьируется от 303 К для хвойных с игольчатыми листьями до 313 К для тропических вечнозеленых деревьев)

Связь между  $A$  и  $g_i$  определяется выражением 24:

$$A = g_i(C_i - C_c) \quad (24)$$

При подстановке в уравнение 25 выражения  $A_c$  (10) и  $A_j$  (12) получаем 25 и 26.

$$A_c^2 - A_c \{ g_i(C_i + K_c(1 + O/K_o)) + V_{c max} + R_d \} + g_i \{ V_{c max}(C_i - \Gamma^*) - R_d(C_i + K_c(1 + O/K_o)) \} = 0 \quad (25)$$

$$A_j^2 - A_c \left\{ g_i(C_i + 2\Gamma^*) + \frac{J}{4} + R_d \right\} + g_i \left\{ \frac{(C_i - \Gamma^*)J}{4} - R_d(C_i + 2\Gamma^*) \right\} = 0 \quad (26)$$

Наличие значительного сопротивления внутренней диффузии  $\text{CO}_2$  влияет как на количественную зависимость между скоростью усвоения  $\text{CO}_2$  и максимальной активностью Rubisco, так и на форму кривой реакции на  $\text{CO}_2$ . Внутренняя проводимость по  $\text{CO}_2$  может быть оценена различными способами, в том числе путем одновременных измерений изотопной дискриминации углерода комбинированных измерений флуоресценции хлорофилла и газообмена.

Описанная здесь модель фотосинтеза обеспечивает количественную основу, которую можно использовать в качестве исследовательского инструмента для разработки и интерпретации как полевых, так и лабораторных экспериментов. Исследования как *in vivo*, так и *in vitro* дали нам информацию о параметризации скорости усвоения  $\text{CO}_2$ , ограниченной Rubisco, а исследования с трансгенными растениями с мутантными Rubisco показали прогностическую силу этой модели в этом отношении.

Работа выполнена в рамках государственного задания Министерства науки и высшего образования Российской Федерации №1023013000020-6.4.1.2 «Отбор хозяйствственно ценных и

устойчивых к изменению климата древесных культур, отличающихся высокой биологической продуктивностью и потенциалом секвестрации с учетом региональных почвенно-климатических особенностей для реализации климатических проектов (FZUR-2023-0002).

### **Список литературы**

1. Смашевский, Н.Д. Экология фотосинтеза / Н.Д. Смашевский // Экология фотосинтеза. – Астрахань: Астраханский вестник экологического образования, 2014. – №. 2 (28). – С. 165-180. – ISBN 978-5-9926-0987-5.
2. Farquhar, G. D. An empirical model of stomatal conductance / G. D. Farquhar, S. C. Wong // Functional Plant Biology. – 1984. – Vol. 11. – No. 3. – P. 191-210.
3. Ögren E. Photosynthetic light-response curves: I. The influence of CO<sub>2</sub> partial pressure and leaf inversion / E. Ögren, J. R. Evans // Planta. – 1993. – Vol. 189. – No. 2. – С. 182–190.

### **References**

1. Smashevsky, N.D. Ecology of photosynthesis / N.D. Smashevsky // Ecology of photosynthesis. - Astrakhan: Astrakhan Bulletin of Environmental Education, 2014. - No. 2 (28). - P. 165-180. - ISBN 978-5-9926-0987-5.
2. Farquhar, G. D. An empirical model of stomatal conductance / G. D. Farquhar, S. C. Wong // Functional Plant Biology. - 1984. - Vol. 11. - No. 3. - P. 191-210.
3. Ögren E. Photosynthetic light-response curves: I. The influence of CO<sub>2</sub> partial pressure and leaf inversion / E. Ögren, J. R. Evans // Planta. - 1993. - Vol. 189. – No. 2. – pp. 182–190.

DOI: 10.58168/TBiEc2025\_100-106

УДК 332.1

## УГЛЕРОДНЫЕ РЫНКИ И ИХ ВЛИЯНИЕ НА ФИНАНСОВУЮ СТАБИЛЬНОСТЬ

### CARBON MARKETS AND THEIR IMPACT ON FINANCIAL STABILITY

**Зиновьева И.С.**, д.э.н., профессор, ФГБОУ ВО «Воронежский государственный лесотехнический университет имени Г.Ф. Морозова», Воронеж, Россия.

**Мосур А.Е.**, студент ФГБОУ ВО «Воронежский государственный лесотехнический университет имени Г.Ф. Морозова», Воронеж, Россия.

**Zinov'yeva I. S.**, Doctor of Economic Sciences, Professor of Voronezh State University of Forestry and Technologies named after G.F. Morozov, Voronezh, Russia.

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

**Аннотация:** в данной статье рассматриваются ключевые аспекты углеродных рынков как инструмента борьбы с изменением климата путем снижения углеродного следа. Анализируются такие виды углеродных рынков, как рынки соответствия и добровольные рынки; типы и механизмы торговли углеродными кредитами; положительные и отрицательные черты данных рынков и их влияние на экономику и экологию. Рассмотрены платформы торговли углеродными кредитами, одной из которых является крупнейшая Система торговли выбросами Европейского союза (EU ETS). Представлены цены за углеродную единицу в 2024-2025 гг. и влияние углеродных рынков на выручку по отраслям. Делается акцент на необходимости развития углеродного рынка в России.

**Abstract:** this article examines the key aspects of carbon markets as a tool to combat climate change by reducing the carbon footprint. The types of carbon markets such as compliance markets and voluntary markets, types and mechanisms of carbon credit trading, positive and negative features of these markets and their impact on the economy and the environment are analyzed. Carbon credit trading platforms are considered, one of which is the largest Emissions Trading System of the European Union (EU ETS). Prices per carbon unit in 2024-2025 are presented and the impact of carbon markets on revenue by industry. The emphasis is placed on the need to develop the carbon market of Russia.

**Ключевые слова:** углеродные рынки, углеродные кредиты, добровольные рынки, рынки соответствия, углеродное регулирование.

**Keywords:** carbon markets, carbon credits, voluntary markets, compliance markets, carbon regulation.

Изменение климата – это одна из наиболее значимых угроз для современного мира, которая оказывает влияние на экологические, социальные и экономические сферы. Чтобы справиться с данной угрозой общество и государство активно развивает и разрабатывает

механизмы, которые направлены, на снижение выбросов разнообразных газов, в том числе парниковых. Одним из таких механизмов являются углеродные рынки. Это рынки, которые представляют собой торговую систему купли-продажи углеродных единиц или квот. Углеродные рынки – это эффективный экономический инструмент, который способствует достижению экологических целей с использованием рыночных механизмов. Несмотря на значительное воздействие углеродных рынков на снижение выбросов, их функционирование влечет за собой ряд проблем и сложностей. Одна из главных проблем – это волатильность цен на углеродные кредиты, что оказывает значительное влияние на финансовую стабильность как отдельных стран, так и мира в целом.

Совет European Community в 1993 году ввел в действие механизм мониторинга выбросов CO<sub>2</sub> и других парниковых газов на территории стран Европейского союза. В 2000 году идеология сокращения выбросов и постепенного отказа от ископаемого топлива была изложена в Зеленой книге «На пути к Европейской стратегии обеспечения надежности энергетических поставок», а в 2005 году заработала Европейская система торговли квотами на выбросы парниковых газов (The European Union Emissions Trading System, EU ETS). В настоящее время она охватывает примерно 36% выбросов парниковых газов. Сейчас в России существует обязательный и добровольный рынки углеродных единиц. Обязательный рынок углеродных единиц пока формируется в России только в качестве эксперимента на Сахалине. Эксперимент продлится до конца 2028 года [1]. На 2025 год стоит задача подписания подобных меморандумов с 10 странами – Бразилия, ОАЭ, Саудовская Аравия, Вьетнам, Таиланд, Индонезия, Египет, Оман, Китай, Сингапур.

Мировой рынок углеродных кредитов находится в постоянном развитии, в 2024 году был оценен в 114,8 млрд. долларов США, и по оценкам экспертов вырастет с 2025 по 2034 год на 15,8% [2].

Последнее время углеродные рынки показывают значительный рост, что обусловлено повышением осведомленности о проблемах климата и усилением государственного регулирования (рисунок 1).

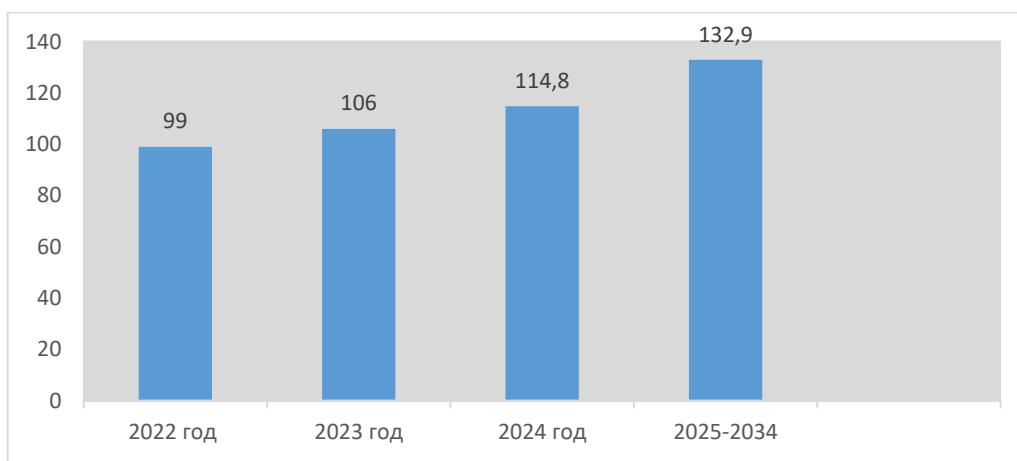


Рисунок 1 – Объем рынка углеродных кредитов и прогноз за 2025-2034гг., млрд. долл. США

Рост связан не только с увеличением числа участников рынков, но и с развитием технологий мониторинга углеродных выбросов, а это повышает доверие к углеродным кредитам.

Эксперты ООН сохраняют оптимизм, предсказывая, что объем мирового углеродного рынка к 2050 году может достигнуть \$1 трлн. Эта цифра примерно соответствует сегодняшнему ежегодному объему выбросов CO<sub>2</sub> (чуть более 40 млрд тонн) при цене тонны выброса около \$50, близкой к нынешней европейской цене [1].

Цены на углеродных рынках подвержены частым колебаниям, особенно это касается добровольного углеродного рынка. Значительные колебания цен связаны с политическими решениями, а также с тем, что данный рынок имеет переизбыток предложения углеродных кредитов и невысокую цену на них из-за отсутствия регулирования спроса и предложения. Соотношение использованных углеродных единиц на добровольном рынке и выпущенных единиц представлено на рисунке 2 [4].

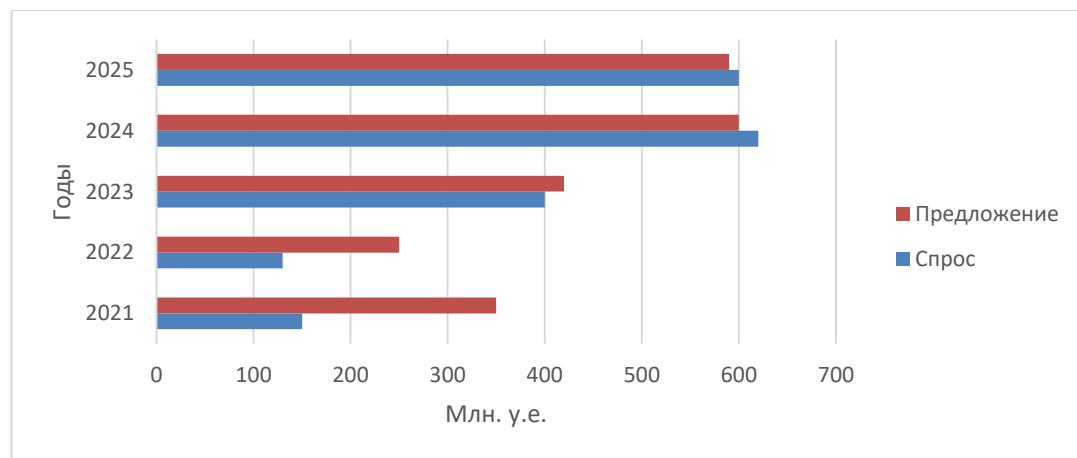


Рисунок 2 – Соотношение спроса и предложения углеродных единиц 2021-2025 гг.

Также влияют рыночные условия, экономический климат и уровень активности участников рынка. Волатильность цен оказывает значительное влияние и на финансовую стабильность. Резкое изменение цен создаёт неопределенность для компаний, что приведет к изменению их финансовых стратегий и увеличению рисков, значительным убыткам, особенно если они зависят от фиксированных цен или недостаточно диверсифицированы.

Инвесторы и финансовые институты тоже сталкиваются с рисками. Финансовые учреждения, такие как банки, испытывают увеличение кредитного риска при финансировании проектов, которые зависят от углеродных рынков. Если цены на кредит резко упадут, то возможно снижение рентабельности таких проектов, из-за чего увеличивается вероятность дефолта. В отраслях народного хозяйства углеродные рынки и кредиты играют различную роль (рисунок 3).

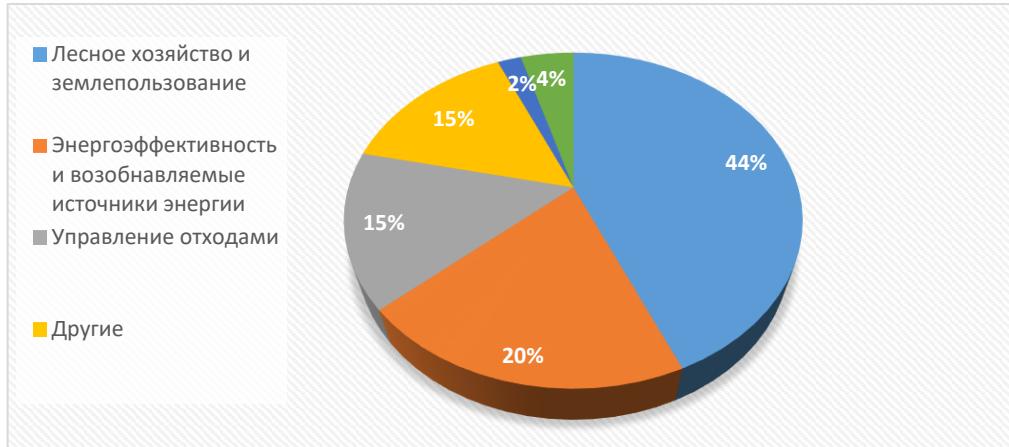


Рисунок 3 – Объем выручки рынка углеродных кредитов по отраслям, 2024 год [6]

Углеродные кредиты существуют двух основных типов: добровольные и обязательные. Добровольные кредиты используются компаниями для достижения экологических целей, таких как улучшение имиджа или выполнение норм корпоративной социальной ответственности. Обязательные кредиты регулируются национальными или международными инструментами, такие как Киотский протокол, и входят в обязательные схемы торговли выбросами. Протокол обязует индустриально развитые страны ограничивать и сокращать выбросы парниковых газов в соответствии с согласованными национальными обязательствами. Сенат Бразилии 13 ноября 2024 года одобрил законопроект о регулировании обязательных и добровольных углеродных рынков в стране.

Углеродные единицы покупают и продают на аккредитованных биржах. В 2024 году стоимость углеродной единицы в России составила 1000 рублей. Весной 2025 года стоимость углеродной единицы составила 900 рублей. В добровольном сегменте цены варьируются [7].

Чтобы продать углеродную единицу, нужно: зарегистрироваться в реестре углеродных единиц; зарегистрировать свой климатический проект; отчитаться о выполнении проекта; получить углеродную единицу на счет; предложить сэкономленные углеродные единицы предприятиям напрямую или выставить на торги на бирже.

Купить углеродные единицы, соответственно, можно также на бирже или связавшись с компанией, ведущей климатический проект. Сообщества могут коллективно участвовать в инициативах по зарабатыванию углеродных кредитов. Некоторые из этих методов включают: общественные солнечные проекты; инициативы по озеленению городов; программы по переработке и управлению отходами; программы повышения энергоеффективности [11].

С развитием технологий, таких как искусственный интеллект (ИИ), потребление электроэнергии в мире растет колоссальными темпами. Центры обработки данных, которые используют работу ИИ, потребляют огромное количество энергии, что приводит к выбросам CO<sub>2</sub>. Углеродные кредиты с каждым годом приобретают все большую популярность во всем мире, что позволяет компаниям уменьшать свой углеродный след. Крупные технологические компании, такие как Google, Meta и Microsoft, являются активными пользователями

углеродных рынков, путем осуществления инвестиций в экологические проекты. В перспективе для решения проблем роста цен на углеродные кредиты рынок может постепенно выйти на глобальный уровень, при условии устранения внутринациональных ограничений для международной торговли углеродными оффсетами, а также объединении систем торговли кредитами на региональном уровне.

Торговля углеродными кредитами очень скоро может стать обязательным элементом международных экономических и политических соглашений, тогда рынок углеродных кредитов будет одним из крупнейших мировых рынков нематериальных активов, подобно рынкам криптовалюты, произведений искусства и предметов высокой моды.

### **Список литературы**

1. Сибур Клиентам. Углеродный рынок становится мировым. – Официальный сайт – ПАО «Сибур Холдинг». – URL:<https://magazine.sibur.ru/publication/trends/uglerodnyy-rynek-stanovitsya-mirovym/?ysclid=m9bng2wsgt480452632> (дата обращения 20.03.2025).
2. Министерство экономического развития Российской Федерации: официальный сайт. – Москва. 18 ноября 2024. – URL: [https://www.economy.gov.ru/material/news/minekonomrazvitiya\\_rossii\\_k\\_koncu\\_2024\\_goda\\_strany\\_briks\\_podpishut\\_memorandum\\_o\\_partnyorstve\\_po\\_uglerodnym\\_rynkam.html](https://www.economy.gov.ru/material/news/minekonomrazvitiya_rossii_k_koncu_2024_goda_strany_briks_podpishut_memorandum_o_partnyorstve_po_uglerodnym_rynkam.html) (дата обращения 20.03.2025) – Текст: электронный.
3. Алексеев, С. Современные страховые технологии / С. Алексеев. – Текст: непосредственный // Не слишком ли преувеличена значимость экологических проблем? – 2021. – № 6 (89). – С. 62–63.
4. International Carbon Action partnership: официальный сайт – Торговля выбросами во всем мире: отчет о состоянии ICAP, 2023 г. – URL: <https://icapcarbonaction.com/en/publications/emissions-trading-worldwide-2023-icap-status-report> (дата обращения 20.03.2025) – Текст: электронный.
5. Бобошко, В.И. Развитие малого и среднего предпринимательства как фактор обеспечения экономической безопасности и социальной стабильности России // Инновационное развитие экономики / В.И. Бобошко, Е. А. Ревин. – Текст: непосредственный – 2023. – № 3 (75). – С. 7.
6. Global Market Insights: сайт – Размер рынка углеродных кредитов – по типу, по конечному использованию, анализу, доле, прогнозу роста, 2025–2034 гг. Ankit Gupta, Shashank Sisodia. – URL:<https://www.gminsights.com/ru/industry-analysis/carbon-credit-market> (дата обращения 20.03.2025) —Текст: электронный.
7. Бондаренко, Н. Е. Механизм углеродного пограничного регулирования как инструмент трансформации экологических стандартов в глобальных сетях создания стоимости / Н. Е. Бондаренко. – Текст: непосредственный // ЦИТИСЭ. – 2024. – № 3. – С. 409-419.

8. Реестр углеродных единиц. Предельные тарифы на услуги оператора реестра установлены постановлением Правительства РФ 30.03.2022 № 518 : официальный сайт. – АО «Контур», Гогунская Оксана. – URL: <https://carbonreg.ru/tariff/> (дата обращения 20.03.2025) – Текст: электронный.

9. Высоков, В. В. Климатические риски в меняющихся экономических условиях // БАНКОВСКОЕ ОБОЗРЕНИЕ. – 2023. – Февраль. – С. 20–21.

10. Жукова, Е.В. Управление ESG-рисками организации в процессе устойчивого развития: канд. экон. наук / Е. В. Жукова. – Текст: непосредственный. – 2023. – С. 73-95.

11. Мудрецов, А.Ф. Климатические проекты: новые возможности и риски эколого-экономической политики // Проблемы рыночной экономики / А. Ф. Мудрецов, А.Н. Павлов. – 2023. – № 3. – С. 93-100. – URL: <https://doi.org/10.33051/2500-2325-2023-3-93-100> (дата обращения 20.03.2025).

12. SLEX Crypto Exchange: сайт / UAB Slavi Development Corp // Подъем Углеродных Кредитов: Ответ на экологические нормы: 27 мая 2024 г. – URL: <https://blog.slex.io/carbon-credits/> (дата обращения 20.03.2025) – Текст: электронный.

## References

1. Sibur to Clients. The carbon market is becoming global. – Official website – PJSC Sibur Holding. – URL: <https://magazine.sibur.ru/publication/trends/uglerodnyy-rynok-stanovitsya-mirovym/?ysclid=m9bng2wsgt480452632> (date of request 20.03.2025).

2. Ministry of Economic Development of the Russian Federation: official website. – Moscow. November 18, 2024. – URL: [https://www.economy.gov.ru/material/news/minekonomrazvitiya\\_rossii\\_k\\_koncu\\_2024\\_goda\\_strany\\_briks\\_podpisut\\_memorandum\\_o\\_partnyorstve\\_po\\_uglerodnym\\_rynkam.html](https://www.economy.gov.ru/material/news/minekonomrazvitiya_rossii_k_koncu_2024_goda_strany_briks_podpisut_memorandum_o_partnyorstve_po_uglerodnym_rynkam.html) (date of request 20.03.2025) – Text: electronic.

3. Alekseev, S. Modern insurance technologies / S. Alekseev. – Text: direct // Is the importance of environmental problems too exaggerated? – 2021. – № 6 (89). – С. 62–63.

4. International Carbon Action partnership: official website – Emissions trading worldwide: ICAP status report, 2023 – URL: <https://icapcarbonaction.com/en/publications/emissions-trading-worldwide-2023-icap-status-report> (accessed 20.03.2025) – Text: electronic.

5. Boboshko, V.I. Development of small and medium entrepreneurship as a factor in ensuring economic security and social stability of Russia // Innovative development of the economy / V.I. Boboshko, E.A. Revin – Text: direct – 2023. – № 3 (75). – С. 7.

6. Global Market Insights: сайт – Carbon Credits Market Size - By Type, By End Use, Analysis, Share, Growth Forecast, 2025–2034 Ankit Gupta, Shashank Sisodia. – URL:<https://www.gminsights.com/ru/industry-analysis/carbon-credit-market> (date of request 20.03.2025) – Text: electronic.

7. Bondarenko, N. E. The mechanism of carbon border regulation as a tool for transforming environmental standards in global value chains / N. E. Bondarenko. – Text: direct // CITISE. – 2024. – № 3. – C. 409-419.
8. Carbon Units Registry. Maximum tariffs for registry operator services are established by RF Government Resolution No. 518 of 30.03.2022: official website. – JSC Kontur, Oksana Gogunskaya – URL: <https://carbonreg.ru/ru/tariff/> (date of request 20.03.2025) – Text: electronic.
9. Vysokov, V. V. Climate risks in changing economic conditions // BANKING REVIEW. – 2023. – February. – C. 20–21.
10. Zhukova, E.V. Management of ESG risks of an organization in the process of sustainable development: Ph.D. in Economics / E.V. Zhukova. – Text: direct. – 2023. – C. 73-95.
11. Mudretsov, A.F. Climate projects: new opportunities and risks of environmental and economic policy // Problems of market economy / A.F. Mudretsov, A.N. Pavlov. – 2023. – № 3. – C. 93-100. – URL: <https://doi.org/10.33051/2500-2325-2023-3-93-100> (date of request 20.03.2025).
12. SLEX Crypto Exchange: сайт / UAB Slavi Development Corp // Carbon Credits Rise: Response to Environmental Regulations: May 27, 2024. – URL: <https://blog.slex.io/carbon-credits/> (date of request 20.03.2025). – Text: electronic.

DOI: 10.58168/TBiEc2025\_107-112

УДК 330.34

## ПРОБЛЕМЫ ПЕРЕХОДА РФ К УСТОЙЧИВОМУ РАЗВИТИЮ И «ЗЕЛЕНОЙ» ЭКОНОМИКЕ

### PROBLEMS OF TRANSITIONM RF TO SUSTAINABLE DEVELOPMENT AND GREEN ECONOMY

**Зиновьева И.С.**, д.э.н., профессор ФГБОУ ВО «Воронежский государственный лесотехнический университет имени Г.Ф. Морозова», Воронеж, Россия. **Zinov'yeva I.S.**, doctor of Economics, Professor, Voronezh State University of Forestry and Technologies named after G.F. Morozov, Voronezh, Russia.

**Спасских Д.В.**, студент ФГБОУ ВО «Воронежский государственный лесотехнический университет имени Г.Ф. Морозова», Воронеж, Россия. **Spasskikh D.V.**, student, Voronezh State University of Forestry and Technologies named after G.F. Morozov, Voronezh, Russia.

**Аннотация:** статья исследует сложности, с которыми сталкивается Россия на пути к устойчивому развитию и внедрению принципов «зеленой» экономики. Анализируются основные барьеры, включая экономические, технологические, социальные и политические аспекты. Предлагаются возможные пути решения, такие как усиление государственной поддержки, активизация международного партнерства, повышение уровня экологической грамотности населения и модернизация инфраструктуры. В статье приводятся примеры успешных инициатив в России, включая Каскад ГЭС на реке Чуя, а также рассматривается опыт мировых лидеров, таких как Германия и Китай. Особое внимание уделяется важности комплексного подхода для обеспечения экологической устойчивости и долгосрочного экономического роста.

**Abstract:** the article explores the challenges Russia faces on its path to sustainable development and the adoption of «green» economy principles. It analyzes key barriers, including economic, technological, social, and political aspects. Possible solutions are proposed, such as strengthening state support, enhancing international partnerships, raising the level of environmental awareness among the population, and modernizing infrastructure. The article provides examples of successful initiatives in Russia, including the Chuya River Cascade of Hydroelectric Power Plants, and examines the experience of global leaders such as Germany and China. Particular attention is paid to the importance of an integrated approach to ensuring environmental sustainability and long-term economic growth.

**Ключевые слова:** устойчивое развитие, «зеленая» экономика, низкоуглеродное развитие, возобновляемые источники энергии (ВИЭ), энергоэффективность, климатические изменения, экологическая политика, «зеленые» технологии, экологическая модернизация, «зеленые» финансы, устойчивое потребление.

**Keywords:** sustainable development, «green» economy, low-carbon development, renewable energy sources (RES), energy efficiency, climate change, environmental policy, «green» technologies, ecological modernization, «green» finance, sustainable consumption.

В современных условиях глобальных климатических изменений, истощения природных ресурсов и усиления экологических рисков устойчивое развитие и «зеленая» экономика занимают центральное место в мировой повестке. Для России, располагающей значительными запасами природных богатств, переход к устойчивой модели экономического роста является не только вызовом, но и перспективой для модернизации. Тем не менее, этот процесс сопровождается множеством сложностей, требующих системного подхода к их устраниению.

Вашалова Т. В. определяет устойчивое развитие как модель поступательного развития общества, при которой достигается баланс между экономическим ростом, социальным благополучием и сохранением окружающей среды для удовлетворения потребностей как нынешнего, так и будущих поколений [1].

Пахомова Н. В. и соавт. определяют «зеленую» экономику как экономическую систему, обеспечивающую устойчивое развитие через приоритетное внедрение низкоуглеродных и ресурсосберегающих технологий, учет экологического фактора как ключевого элемента стоимости и трансформацию производственных моделей в соответствии с принципами циркулярной экономики [5]. «Зеленая» экономика не только снижает нагрузку на природу, но и открывает новые возможности для инноваций и устойчивого роста.

Связь между устойчивым развитием и «зеленой» экономикой очевидна: «зеленая» экономика служит инструментом для достижения целей устойчивого развития, предлагая конкретные решения для экологических и социальных проблем (рисунок 1).

Устойчивое развитие подразумевает баланс между экономическим ростом, социальным благополучием и экологической стабильностью. «Зеленая» экономика, в свою очередь, ориентирована на снижение углеродного следа, повышение энергоэффективности и использование (ВИЭ).

Экологическая ситуация в России требует пристального внимания в связи с сохраняющимися значительными объемами выбросов парниковых газов. Согласно данным Российского национального кадастра, представленным в статистическом бюллетене Росстата за 2023 год, в 2021 году общий объем выбросов парниковых газов (без учета сектора землепользования и лесного хозяйства) составил 2,16 млрд тонн СО<sub>2</sub>-эквивалента [3]. Основными источниками выбросов выступили: энергетический сектор (1,68 млрд тонн или 77,8% от общего объема), промышленные процессы (259,5 млн тонн, 12,0%), сельское хозяйство (121,3 млн тонн, 5,6%) и обращение с отходами (96,7 млн тонн, 4,5%).

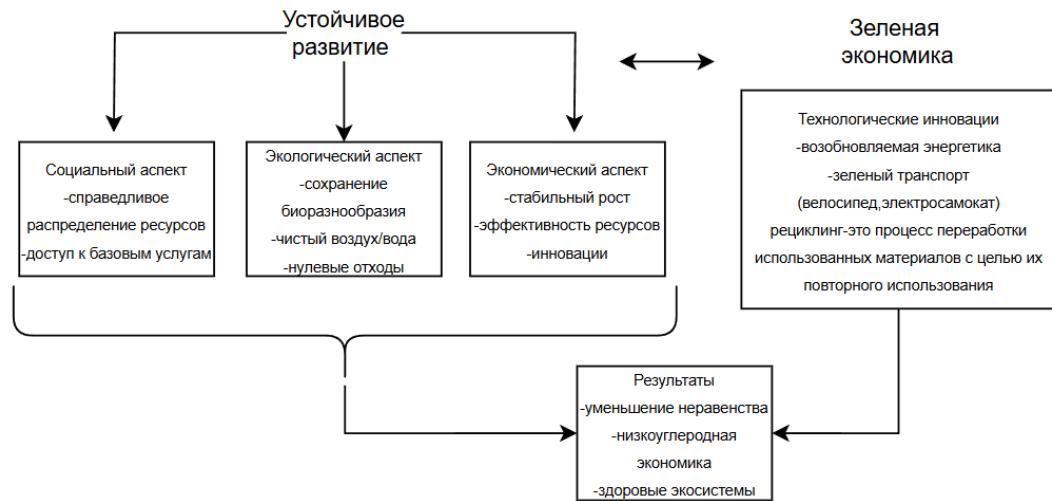


Рисунок 1 – Связь устойчивого развития и «зеленой» экономики

В то же время в России предпринимаются шаги по развитию «зеленой» экономики. В частности, в 2021 году была принята Стратегия низкоуглеродного развития, рассчитанная до 2050 года. Ее цель - сокращение выбросов на 80% к середине столетия. Однако выполнение этой стратегии сопряжено с существенными препятствиями, которые замедляют прогресс. В этой связи можно выделить основные проблемы перехода РФ к устойчивому развитию и «зеленой» экономике:

1. Экономические барьеры. Переход к «зеленой» экономике требует значительных инвестиций. Например, развитие ВИЭ в России пока отстает от мировых лидеров: доля возобновляемых источников в энергобалансе страны составляет менее 1%. Основной причиной является высокая стоимость технологий и отсутствие стимулов для бизнеса.
2. Технологические ограничения. Россия испытывает дефицит современных технологий в области энергоэффективности и переработки отходов. Большинство предприятий используют устаревшее оборудование, что увеличивает их экологический след.
3. Социальные и культурные факторы. Уровень экологической грамотности населения остается низким. Многие граждане не осознают важности раздельного сбора мусора или энергосбережения. Кроме того, бизнес часто воспринимает экологические инициативы как дополнительные затраты, а не как возможность для развития.
4. Политические и институциональные проблемы. Недостаточная координация между регионами и федеральным центром, а также коррупция и бюрократические барьеры замедляют реализацию экологических проектов.

Возможными путями решения обозначенных проблем могут стать:

1. Развитие государственной поддержки. Для стимулирования «зеленых» инициатив необходимо ввести налоговые льготы и субсидии для предприятий, внедряющих экологичные технологии. Также важно увеличить финансирование научных исследований в области ВИЭ и энергоэффективности.

2. Международное сотрудничество. Россия активно развивает партнерство с другими странами в сфере экологии, участвуя в глобальных проектах. Например, сотрудничество с «Зеленым климатическим фондом» и программами Всемирного банка позволяет привлекать иностранные инвестиции и современные технологии для решения экологических задач.

3. Повышение экологической осведомленности. Важную роль в переходе к устойчивому развитию играет экологическое просвещение. Реализация образовательных программ, поддержка природоохранных НКО и популяризация «зеленых» инициатив помогают формировать ответственное отношение общества к окружающей среде.

4. Развитие инфраструктуры. Снижение зависимости от ископаемого топлива требует модернизации промышленности и расширения использования возобновляемых источников энергии (ВИЭ). В России уже строятся солнечные и ветровые электростанции, что создает основу для будущего энергоперехода.

Один из яких примеров «зеленой» экономики в России – Каскад ГЭС на реке Чуя в Республике Алтай. Этот проект объединяет несколько гидроэлектростанций, вырабатывающих энергию за счет силы воды, что делает его экологически устойчивым и эффективным. Каскад ГЭС не только обеспечивает регион экологически чистой энергией, но и способствует снижению зависимости от ископаемого топлива, а также создает дополнительные рабочие места для местного населения. Это який пример того, как внедрение «зеленых» технологий может быть эффективным даже в условиях сложного рельефа и относительно низкой плотности населения.

В мировом контексте лидерами в области «зеленой» экономики являются Германия и Китай. Как отмечает Закиров А., Германия добилась впечатляющих результатов в развитии ветроэнергетики, став одним из мировых лидеров в этом секторе. Страна значительно нарастила мощности ветрогенерации благодаря масштабным проектам как на суше, так и на морских территориях. Эти инициативы не только снизили зависимость от традиционного топлива, но и создали значительное количество новых рабочих мест [2].

В области электромобильности, как подчеркивает автор, Германия демонстрирует успешную модель государственной поддержки. Внедрение системы субсидий для покупателей электрокаров и налоговых льгот, сопровождаемое активным развитием зарядной инфраструктуры, привело к существенному росту популярности экологичного транспорта среди населения [2].

Китай, в свою очередь, является мировым лидером в производстве солнечных панелей и ветровых турбин. Страна не только обеспечивает свои внутренние потребности в чистой энергии, но и экспортит оборудование и технологии по всему миру. Как отмечает Банк России, Китай последовательно реализует амбициозную стратегию достижения углеродной нейтральности к 2060 году. Ключевыми элементами этой политики стали: система двойного контроля энерго- и углеродоемкости, активное развитие возобновляемой энергетики и масштабные реформы в сфере экологически чистых технологий. Эти меры позволили Китаю в 2023 году ввести в строй солнечные электростанции суммарной мощностью, сопоставимой

с общемировыми показателями предыдущего года, а также занять лидирующие позиции на рынке электромобилей, обеспечив 60% глобальных продаж данной продукции [4].

Таким образом переход к устойчивому развитию и формированию «зеленой» экономики представляет собой сложный, но крайне важный этап для России. Для преодоления существующих экономических, технологических и социальных препятствий необходимо укрепление усилий со стороны государства, бизнеса и гражданского общества. Лишь объединив ресурсы и направив их на достижение общих целей, можно создать условия для экологической стабильности и обеспечить долгосрочный экономический прогресс, который станет надежной основой для будущих поколений.

### **Список литературы**

1. Ващалова, Т. В. Устойчивое развитие: учебное пособие для вузов / Т. В. Ващалова. - 3-е изд., испр. и доп. - Москва: Издательство Юрайт, 2021. - 186 с. - (Высшее образование). - ISBN 978-5-534-07850-3. - Текст: электронный // Образовательная платформа Юрайт [сайт]. - URL: <https://urait.ru/bcode/472536> (дата обращения: 04.04.2025). Режим доступа: для зарегистрир., пользователей.
2. Закиров, А. Германия скоро полностью перейдёт на зелёную экономику. Зачем это нужно? / А. Закиров. - Текст: электронный // VC.RU [сайт]. - 2023. - URL: <https://vc.ru/u/2410926-albert-zakirov/1093747-germaniya-skoro-polnostyu-pereidet-na-zelenuyu-ekonomiku-zachem-eto-nuzhno> (дата обращения: 2.04.2025). — Режим доступа: свободный.
3. Охрана окружающей среды в России. 2023: статистический бюллетень / Федеральная служба государственной статистики. - Москва: Росстат, 2023. - 105 с. - Текст: электронный // Официальный сайт Росстата. — URL: [http://ssl.rosstat.gov.ru/storage/mediabank/oxr\\_bul\\_2023.pdf](http://ssl.rosstat.gov.ru/storage/mediabank/oxr_bul_2023.pdf) (дата обращения: 4.04.2025). Режим доступа: свободный
4. Переход к «зеленой» экономике: международный опыт и уроки для России: аналитическая записка / Банк России. - Москва: Банк России, 2024. - 23 с. - Текст: электронный // Официальный сайт Банка России [сайт]. — URL: [https://cbr.ru/Content/Document/File/166501/analytic\\_note\\_20241018\\_dfs.pdf](https://cbr.ru/Content/Document/File/166501/analytic_note_20241018_dfs.pdf) (дата обращения: 4.04.2025). – Режим доступа: свободный.
5. Экономика природопользования и экологический менеджмент: учебник для вузов / Н. В. Пахомова, К. К. Рихтер, Г. Б. Малышков, А. В. Хорошавин. – 2-е изд., перераб. и доп. – Москва: Издательство Юрайт, 2025. – 411 с. – Текст: электронный // Образовательная платформа Юрайт [сайт]. – URL: <https://urait.ru/bcode/557270> (дата обращения: 02.04.2025). Режим доступа: для зарегистр., пользователей.

## References

1. Vashchalova, T. V. Sustainable development: a textbook for universities / T. V. Vashchalova. - 3rd ed., ispr. and add. Moscow: Yurait Publishing House, 2021. 186 p. (Higher education). – ISBN 978-5-534-07850-3. – Text: electronic // Educational platform Yurayt [website]. -URL: <https://urait.ru/bcode/472536> (date of request: 04.04.2025). Access mode: for registered users.
2. Zakirov, A. Germany will soon fully switch to a green economy. Why is this necessary? / A. Zakirov. - Text: electronic // VC.RU [website]. – 2023. – URL: <https://vc.ru/u/2410926-albert-zakirov/1093747-germaniya-skoro-polnostyu-pereidet-na-zelenuyu-ekonomiku-zachem-eto-nuzhno> (date of request: 2.04.2025). – Access mode: free.
3. Environmental protection in Russia. 2023: Statistical bulletin / Federal State Statistics Service. - Moscow: Rosstat, 2023. – 105 p. – Text: electronic // Official website of Rosstat. – URL: [http://ssl.rosstat.gov.ru/storage/mediabank/oxr\\_bul\\_2023.pdf](http://ssl.rosstat.gov.ru/storage/mediabank/oxr_bul_2023.pdf) (date of request: 4.04.2025). Access mode: free.
4. Transition to a green economy: international experience and lessons for Russia: analytical note / Bank of Russia. - Moscow: Bank of Russia, 2024. - 23 p. - Text: electronic // Official website of the Bank of Russia [website]. – URL: [https://cbr.ru/Content/Document/File/166501/analytic\\_note\\_20241018\\_dfs.pdf](https://cbr.ru/Content/Document/File/166501/analytic_note_20241018_dfs.pdf) (date of request: 4.04.2025). – Access mode: free.
5. Economics of environmental management and environmental management: a textbook for universities / N. V. Pakhomova, K. K. Richter, G. B. Malyshkov, A.V. Khoroshavin. – 2nd ed., revised. and add. – Moscow: Yurayt Publishing House, 2025. – 411 p. – Text: electronic // Yurayt educational platform [website]. – URL: <https://urait.ru/bcode/557270> (date of request: 02.04.2025). Access mode: for registered users.

DOI: 10.58168/TBiEc2025\_113-116

УДК 674

**МЕБЕЛЬНЫЕ ИНТЕРЬЕРЫ СОВРЕМЕННОГО МИРА: ИСКУССТВО  
ОБЪЕДИНЕНИЯ СТИЛЯ, ИННОВАЦИЙ И КОМФОРТА**  
**FURNITURE INTERIORS OF THE MODERN WORLD: THE ART OF COMBINING  
STYLE, INNOVATION AND COMFORT**

**Ищенко Т.Л.**, к.т.н., доцент ФГБОУ ВО **Ishchenko T.L.**, candidate of Technical Sciences, «Воронежский лесотехнический университет имени Г.Ф. Морозова», Россия, Воронеж. государственный Associate Professor, FGBOU VO «Voronezh State University of Forestry and Technologies named after G.F. Morozov», Voronezh, Russia.

**Грачев Д.С.**, магистрант группы ТЛК4-241-ОМ ФГБОУ ВО «Воронежский лесотехнический университет имени Г.Ф. Морозова», Россия, Воронеж. государственный master's student of the group TLC4-241-OM FGBOU VO «Voronezh State University of Forestry and Technologies named after G.F. Morozov», Voronezh, Russia.

**Ефимова Т.В.**, к.т.н., доцент, Россия, **Efimova T.V.**, candidate of Technical Sciences, Воронеж. Associate Professor, Voronezh, Russia.

**Аннотация:** в статье рассмотрены как новые тенденции в дизайне преображают жилые пространства, сочетая экологичность, высокие технологии и утонченную эстетику для создания уникальной атмосферы дома.

**Abstract:** the article examines how new design trends are transforming living spaces, combining environmental friendliness, high technology and sophisticated aesthetics to create a unique home atmosphere.

**Ключевые слова:** мебельные интерьеры, современный дизайн, инновации в интерьере, минимализм, экологически чистые материалы, умный дом, модульная мебель, эргономика, устойчивое развитие.

**Keywords:** furniture interiors, modern design, interior innovations, minimalism, eco-friendly materials, smart home, modular furniture, ergonomics, sustainable development.

В современном мире, где пространство становится не просто местом обитания, а отражает индивидуальность и ценность, мебельные интерьеры играют важнейшую роль. Каждая деталь, от выбора дивана до расстановки аксессуаров, несет в себе идею функциональности, комфорта и эстетики. Сегодня мы наблюдаем стремительный сдвиг от классических форм к инновационным решениям, в основе которых лежит внедрение технологий, экологически чистых материалов и гибких дизайнерских решений. Эти изменения не только влияют на то, как мы обустраиваем свои дома, но и определяют культурные и социальные тенденции современного общества.

История мебельного дизайна – это увлекательное путешествие от рукотворных изделий древних цивилизаций до смелых архитектурных сооружений наших дней. С начала XX века, с появлением модернизма, в дизайне стали появляться новые идеи: функциональность, минимализм и отказ от излишеств. В 1960- 1980х годах, когда индустриализация достигла своего пика, производство сделало качественную мебель доступной обширному кругу потребителей. Однако, такая мебель часто уступала по эстетике изделиям ручной работы, обладающей своей индивидуальностью и художественной ценностью. Современные этапы развития определяется синтезом двух направлений: высокотехнологичное производство теперь сочетается с авторским подходом к дизайну, а экологические стандарты играют все большую роль к подбору материала. Сегодня мебельные интерьеры представляют собой результат сложного диалога между традициями и инновациями, где каждая мелочь продумана до мелочей и нацелена на создание идеального пространства для работы и жизни [1].

Минимализм перестал быть просто модным трендом. Эта идеология, которая утверждает, что меньше – значит больше. Простые линии, нейтральная палитра, функциональные решения, позволяют создать пространства и гармонии. Нынешние дизайнеры стремятся к тому, чтобы мебель не только украшала пространство, но и несла определенные функции. Например, диваны с возможность трансформации в спальное место или столы со встроенными устройствами для зарядки техники, стали привычными в современных интерьерах.

В эпоху защиты окружающей среды, мебельные интерьеры испытывают переход с использование экологических чистых материалов и методов производства. Растет популярность натурального дерева, переработанных материалов и экологических покрытий. Многие дизайнеры опираются на создание мебели, которая не только крепкая и долговечная, но и минимально воздействует на природу при ее создании. Эко-тенденции также подразумевают внедрение циркулярной экономики, где старая мебель перерабатывается и вновь используется в дизайне нового пространства.

Современные интерьеры стремятся к максимальной компактности и многогранности для каждого пользователя. Модульная мебель позволяет легко изменять конфигурацию пространства, убирая или добавляя элементы в зависимости от ситуаций. Индивидуальный подход к дизайну позволяет достроить интерьер под личные предпочтения и желания, что, в свою очередь, становится преимуществом на мебельном рынке [2].

Цифровые технологии и интернет радикально изменили подход к планированию и реализации проектов. Онлайн-платформы, 3D-визуализация, виртуальная реальность и интерактивные приложения позволяют покупателям не только наблюдать за процессом, но и принимать в нем активное участие. Это способствует большей прозрачности и индивидуализации проекта, позволяя дизайнерам учитывать мелкие детали и пожелания заказчика. Дизайнерские студии все чаще используют цифровые инструменты для проведения научных исследований, анализа трендов и создания примеров. Данный подход

позволяет оптимизировать процесс работы, уменьшить сроки реализации и добиться высочайшего качества результата. Цифровая революция превращает процесс обустройства жилья в творческий процесс между человеком и машиной, где технологии служат инструментом для воплощения идей [3].

Каждый стремится преобразить свой интерьер, сегодня имеет возможность выбирать из многочисленных вариантов – от классических решений до ультрасовременных интерьеров, наполненных технологическими новинками. В условиях глобализации, где доступ к знаниям и технологиям никогда не был таким простым, любой желающий может найти или создать свой уникальный стиль, подбирая лучшие традиции мирового дизайна с личными предпочтениями и инновационными решениями. Процесс создания собственного идеального интерьера, становится не только профессиональным вызовом для дизайнера, но и настоящим творческим поиском для владельца. Путь, на котором каждая незначительная деталь имеет вес, где каждый элемент говорит о личности, мечтах и ценностях своего хозяина. И в этом процессе, мебель, становится не просто предметом быта, а настоящим указателем, который отражает внутренний мир человека и его стремления [4, 5].

В мире, где каждый аспект нашей жизни тесно связан с технологическим прогрессом и культурными изменениями, мебельные интерьеры становятся живой хроникой времени. Они рассказывают и отражают наши мечты, об ожиданиях будущего и о том, как мы пытаемся создать пространство, которые будет радовать и вдохновлять нас каждый день. Будущее дизайны обещают быть еще более технологичными и экологичными, так как человеческая креативность объединяется для создания уникальных и функциональных пространств, отвечающих современным потребностям.

Таким образом, современная мебель – это не только эстетика и комфорт, но и инструмент для создания гармонии в пространстве, способный изменить наш взгляд на дом и работу. В условиях постоянных изменений и стремительного развития технологий, именно мебельные интерьеры становятся тем уникальным элементом, который помогает нам сохранять связь с прошлым, наслаждаться настоящим и с оптимизмом смотреть в технологичное будущее.

### **Список литературы**

1. Ганцева, Н.Н. Стиль Регентства в истории мебельного искусства //Николай Николаевич Соболев-ученый, художник, педагог. Коллективная монография на основе материалов научной конференции. – Москва, 2020. – С. 98-104.
2. Софиева, Н.И. Дизайн интерьера: стили, тенденции, материалы / Н.И. Софиева. – Эксмо, 2012. – 656 с.
3. Васильева, Н.А. Дизайн частного дома. Эволюция и современные тенденции оформления жилых пространств /Н.А. Васильева, А.П. Мальцева //Инновации в социокультурном пространстве: материалы XIII Международной научно-практической конференции. – Благовещенск, 2020. – С. 20-24.

4. Старикин, А.В. Дизайн интерьеров помещений и виртуальное проектирование заказов на изготовление корпусной мебели в САПР «БАЗИС» / А.В. Старикин, П.Ю. Бунаков //Дизайн и производство мебели. – 2008. – №. 2. – С. 56-59.
5. Сталинская, Г.Д. Принципы и приемы формирования винтажного интерьера средствами мебельного дизайна / Г.Д. Сталинская // Искусство и культура. – 2018. – № 3. -С. 51-60.
6. История кухни: как менялся дизайн / Т. В. Ефимова [и др.]; Т. В. Ефимова, Т. Л. Ищенко, Л. В. Пономаренко, Д. С. Грачев// Деревообрабатывающая промышленность. - 2024. - № 2. - С. 38-50.

### **References**

1. Gantseva, N.N. Regency style in the history of furniture art //Nikolai Nikolaevich Sobolev is a scientist, artist, and teacher. A collective monograph based on the materials of the scientific conference. Moscow, 2020. pp. 98-104. 2. Sofieva, N.I. Interior design: styles, trends, materials / N.I. Sofieva. – Eksmo, 2012. – 656 p.
2. Sofieva, N.I. Interior Design: Styles, Trends, Materials / N.I. Sofieva. – Eksmo, 2012. – 656 p.
3. Vasilyeva, N.A. Design of a private house. Evolution and modern trends in the design of living spaces / N.A. Vasilyeva, A.P. Maltseva //Innovations in the socio-cultural space: proceedings of the XIII International Scientific and Practical Conference. Blagoveshchensk, 2020. pp. 20-24.
4. Starikov, A.V. Interior design and virtual design of orders for the manufacture of cabinet furniture in CAD «BASIS» / A.V. Starikov, P.Y. Bunakov //Design and manufacture of furniture. – 2008. – No. 2. – pp. 56-59.
5. Stalinskaya, G.D. Principles and techniques of forming a vintage interior by means of furniture design / G.D. Stalinskaya // Art and culture. – 2018. – No. 3. -pp. 51-60.
6. History of the kitchen: how the design changed / T. V. Efimova [et al.]; T. V. Efimova, T. L. Ishchenko, L. V. Ponomarenko, D. S. Grachev // Woodworking industry. - 2024. - No. 2. - P. 38-50.

DOI: 10.58168/TBiEc2025\_117-120

УДК 674

## СОСТОЯНИЕ РЫНКА ПРОИЗВОДСТВА ДРЕВЕСНО-СТРУЖЕЧНЫХ ПЛИТ В РОССИИ

MARKET STATE OF WOOD-SHINGLE PLATES IN RUSSIA

**Ищенко Т.Л.**, к.т.н., доцент ФГБОУ ВО **Ishchenko T.L.**, candidate of Technical Sciences, «Воронежский государственный лесотехнический университет имени Г.Ф. Морозова», Россия, Воронеж. **Ishchenko T.L.**, candidate of Technical Sciences, «Voronezh State University of Forestry and Technologies named after G.F. Morozov», Voronezh, Russia.

**Грачев Д.С.**, магистрант группы ТЛК4-241-ОМ ФГБОУ ВО «Воронежский лесотехнический университет имени Г.Ф. Морозова», Россия, Воронеж. **Grachev D.S.**, master's student of the group TLC4-241-OM FGBOU VO «Voronezh State University of Forestry and Technologies named after G.F. Morozov», Voronezh, Russia.

**Ефимова Т.В.**, к.т.н., доцент, Россия, **Efimova T.V.**, candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Voronezh, Russia.

**Аннотация:** в статье рассмотрены состояние рынка производства древесно-стружечных плит в России, перспективы отрасли до 2030 года.

**Abstract:** the article examines the state of the wood chipboard production market in Russia and the industry's prospects until 2030.

**Ключевые слова:** древесно-стружечные плиты, состояние рынка, перспективы, производители плитных материалов.

**Keywords:** particle board, market conditions, prospects, and manufacturers of board materials.

В мире лидером по выпуску древесно-стружечных плит остаётся Китай – в 2023 г. его производство достигло 34,74 млн. м<sup>3</sup>, что в несколько раз превосходит объёмы других стран. На втором месте по объёму – Россия с ~6,905 млн. м<sup>3</sup> (2023). Далее следуют Польша (5,710 млн. м<sup>3</sup>), Германия (5,480 млн. м<sup>3</sup>), США (4,473 млн. м<sup>3</sup>) и Бразилия (3,680 млн. м<sup>3</sup>). Доля Китая в глобальном выпуске древесных плит приближается к 40%, России – порядка 4%.

В России производство древесно-стружечных плит (ДСтП) растёт – по данным Росстата и отраслевых ассоциаций, в 2023 г. было выпущено 11,6 млн м<sup>3</sup> (увеличение на 12% к 2022). По прогнозу Ассоциации мебельной и деревообрабатывающей промышленности (АМДПР), в 2024 г. рост составит ещё ≈5–8%, до рекордных 12,2–13,1 млн. м<sup>3</sup>. Так, АМДПР ожидает объёмы около 13,1 млн. м<sup>3</sup> в 2024 (включая ОСП-плиты), что станет рекордом отрасли. В апреле 2024 г. производство ДСтП в РФ превысило аналогичный период 2023 г. на двузначный процент. При этом по итогам 2024 г. (данных Росстата ещё нет) ожидается

снижение остальной лесопромышленной продукции (например, фанеры и пиломатериалов) из-за общей тенденции рынка.

В России основные производители ДСтП – крупные деревообрабатывающие холдинги и международные группы. Крупнейшие компании с совокупной мощностью производства (по оценкам, м<sup>3</sup> в год):

- Kronospan (Россия) – владеет пятью заводами в Подмосковье и Калужской области, с общей мощностью около 2 млн. м<sup>3</sup> ДСтП/ЛДСтП в год.
- Egger – два завода (Шуя и Гагарин) общей мощностью около 873 тыс. м<sup>3</sup> ДСтП (плюс 350 тыс. м<sup>3</sup> MDF).
- Swiss Krono (Швейцария) – завод в Шарье (Костромская обл.) производит ~700 тыс. м<sup>3</sup> плит (ДСтП/ДВП) и 500 тыс. м<sup>3</sup> MDF в год.
- Sveza Group – фанерная компания из Костромы, с филиалом «Свеза-Кострома», выпускает ДСтП (~100 тыс. м<sup>3</sup>) параллельно с фанерой.
- «Феликс» (РФ) – группа в Тверской обл. (Жарковский ДОК) выпускает ДСтП, MDF и изделия из них (точные объемы не раскрываются).
- Череповецкий фанерно-мебельный комбинат (ЧФМК) – п. Вохтога (Вологодская обл.) – выпускает в том числе до 520 тыс. м<sup>3</sup> ДСтП/ЛДСтП в год.
- IKEA (до 2013) – завод Indova Novgorod (ныне «Слотекс») – мощность до 500 тыс. м<sup>3</sup> шлифованной ДСтП и 25 млн. м<sup>2</sup> ЛДСтП.

Глобально крупнейшие игроки – ведущие европейские и южноамериканские концерны. Среди них – Kronospan (Австрия; мировая доля рынка 5–10%), Egger (Австрия), Arauco (Чили), Norbord/West Fraser (Канада), Roseburg (США), Weyerhaeuser, Georgia-Pacific, турецкий Kastamonu и др. Согласно анализу, именно Kronospan и Egger вместе с компаниями Norbord, Roseburg, Arauco, Duratex (Бразилия), Weyerhaeuser и другими занимают основные сегменты мирового рынка ДСтП.

Россия является нетто-экспортером ДСтП. В последние годы экспорт был сосредоточен главным образом на страны СНГ и Средней Азии. По итогам января–августа 2022 г. экспорт составил (3,8% за год) [1].

Основные покупатели российского ДСтП – страны СНГ: Казахстан (~27%), Узбекистан (~20%), Беларусь (8%), Азербайджан (6%), Таджикистан (6%). Кроме того, небольшие объемы поставляются в другие страны Азии и Европы (например, упоминается Польша как импортер российской ДСтП). В последние годы Россия фактически перекрывает внутренний спрос собственным производством, поэтому доля импорта невелика и продолжает снижаться. По данным таможни, в 2023 г. крупнейшими поставщиками ДСтП в РФ были Польша, Австрия, Италия, Китай, Турция (примерно \$14,4 млн., \$2,5 млн, \$2,3 млн, \$1,0 млн и \$0,65 млн соответственно) – но эти объемы сравнительно малы.

Динамика торговли за последние 5 лет: прежде объемы экспорта росли на фоне импортозамещения, но после 2021 г. экспорт вышел на плато (и не подчинялся санкциям, т.к. основные рынки – СНГ). Импорт ДСтП в Россию упал почти до нуля: в 2017–2019 гг. он

составлял лишь несколько процентов внутреннего рынка и в основном шёл из Белоруссии и ЕС, а к настоящему времени полностью удовлетворяется национальным производством.

Рынок ДСтП тесно связан с мебельной и строительной отраслью. Рост жилищного строительства, увеличившийся спрос на мебель и ремонт подстегивают потребление ДСтП. Так, в 2024 г. производство мебели в РФ выросло на 20–24% (натурально/стоимостью) по сравнению с 2023, что во многом стимулирует и спрос на ДСтП.

Цены производителей ДСтП за 2023–2024 годы значительно выросли. По данным АМДПР, средняя цена ДСтП сорта «высший» (Е1) в марте 2024 г. составляла 17 800 руб./м<sup>3</sup>, что на 29% выше уровня марта 2023 г. Аналитики связывают это с ростом себестоимости сырья и логистики, а также с активным спросом на фоне импортозамещения и роста производства мебели. Цены на ламинированные ДСтП (ЛДСтП) также выросли (до ~173 руб./м<sup>2</sup> в марте 2024, +20% к марта 2023).

Ключевые рыночные тренды: увеличение доли эко-сертифицированной продукции и формальдегидной безопасности. Под давлением «зелёных» стандартов и новых регламентов Европейского союза (категории Е1/Е0 по выбросам формальдегида) заводы переходят на низкоэмиссионные смолы и наращивают долю переработанных отходов в составе плит. Одновременно развивается сегмент лёгких и влагостойких плит, применяются инновационные клеящие системы (био-смолы, MUF-смеси). Рост интереса к «круговой экономике» стимулирует утилизацию древесных отходов: многие комбинаты перерабатывают опилки и низкосортную древесину, включая в формулу ДСП отходы мебельного производства и тонкорежа.

Производители ДСтП активно внедряют современные технологии для повышения экологичности и эффективности. К примеру, компания Swiss Krono на заводе в Шарье завершила переоснащение производства: введена новая высокопроизводительная линия ДСтП (~396 тыс. м<sup>3</sup>/год) и обеспечена переработка дополнительных ~400 тыс. м<sup>3</sup> низкокачественной древесины в год. Egger (Швейцария) инвестирует сотни миллионов евро в модернизацию: в 2021–2024 гг. запущены новые цеха ламинирования и планируется обновление оборудования с учётом экологических требований. Kronospan проводит техническое перевооружение на своих российских фабриках (Егорьевск, Электрогорск) с целью расширения ассортимента (ЛДСтП, МДФ, OSB) и повышения энергоэффективности.

Другие инновации: применение безформальдегидных и биокомпонентных связующих, технологии сушки стружки с рекуперацией тепла, роботизация и ИИ-контроль качества на производственных линиях. Некоторые компании разрабатывают легкие усиленные ДСтП (на основе сотовых или пенопластовых наполнителей) для каркасного домостроения. В целом тенденция – «зеленизация» отрасли: увеличение доли отходов (спилов, опилок, переработанных плит) в сырьевой базе и снижение удельного расхода формальдегида.

По прогнозам экспертов, мировой рынок ДСтП будет расти умеренно. Согласно аналитике Mordor Intelligence, глобальный объём рынка вырастет с ~108,5 млн м<sup>3</sup> (2025) до ~122,8 млн м<sup>3</sup> (2030) при CAGR около 2,5%. Основной рост обеспечивают страны Азии

(преимущественно Китай и Индия) за счёт расширения мебельного и строительного секторов. Для России перспективы также положительны: ожидается дальнейшее укрепление тенденции импортозамещения и роста внутреннего спроса. Ассоциация мебельной промышленности прогнозирует, что даже при сохранении темпов ~5–10% в год производство ДСП в РФ может превысить 15–18 млн. м<sup>3</sup> к 2030 г. (включая OSB) – при условии роста жилищного строительства и доступного финансирования.

Факторы роста в России: развитие мебельного и деревянного домостроения, национальные проекты (например, «Жильё и городская среда»), доля локализованного производства крупных зарубежных компаний (что снизило зависимость от импорта). К 2030 г. ситуация может улучшиться за счёт масштабирования «зелёных» технологий (сертификация FSC, Экомаркировка) и увеличения эффективности – например, по модели замкнутого цикла, когда отходы от производства плит используются для выпуска новых панелей или топливных пеллет [1].

Риски развития: сырьевая база (достаточность лесосырья и его логистика), международные санкции и валютные колебания, конкуренция со стороны МДФ/ХДФ и альтернативных материалов (прогноз Mordor указывает на угрозу замещения ДСП более прочными МДФ-плитами), а также усиление экологических норм (EU Ecolabel, REACH). В глобальном контексте нестабильность цен на сырье (лесоматериалы) и непредсказуемость строительства после пандемии могут также влиять на спрос. Тем не менее текущие тренды и государственная политика поддерживают сегмент ДСТП как один из драйверов отечественной ЛПК: даже на фоне санкций российские производители не испытывают острых перебоев сбыта, а производство готовых плит остаётся конкурентоспособным на СНГ-рынках.

### **Список литературы**

1. Статистика. – URL: <https://www.fao.org/statistics/ru/>. - Загл. с экрана.

### **References**

1. Statistics. – URL: <https://www.fao.org/statistics/ru/>. - Title from the screen.

DOI: 10.58168/TBiEc2025\_121-130

УДК 630\*27

## ЛАНДШАФТНАЯ ОРГАНИЗАЦИЯ ТЕРРИТОРИЙ ЛЕЧЕБНЫХ УЧРЕЖДЕНИЙ LANDSCAPE ORGANIZATION OF THE TERRITORIES OF MEDICAL INSTITUTIONS

**Карташова Н.П.**, кандидат **Kartashova N.P.**, candidate of Agricultural сельскохозяйственных наук, доцент ФГБОУ Sciences, Associate Professor, FGBOU VO ВО «Воронежский государственный «Voronezh State University of Forestry and лесотехнический университет им. Г.Ф. Technologies named after G.F. Morozov», Морозова, Россия, Воронеж. Voronezh, Russia.

**Штепа Е.Н.**, кандидат **Shtepa E.N.**, candidate of Agricultural Sciences, сельскохозяйственных наук, доцент ФГБОУ Associate Professor, FGBOU VO «Voronezh ВО «Воронежский государственный State University of Forestry and Technologies лесотехнический университет им. Г.Ф. named after G.F. Morozov», Voronezh, Russia. Морозова, Россия, Воронеж.

**Карташов Е.К.**, студент автомобильного **Kartashov E.K.**, student of the automobile факультета ФГБОУ ВО «Воронежский Faculty FGBOU VO «Voronezh State University государственный лесотехнический of Forestry and Technologies named after G.F. университет им. Г.Ф. Морозова, Россия, Morozov», Voronezh, Russia. Воронеж.

**Аннотация:** в современных условиях урбанизированной среды и ухудшения экологических условий роль объектов озеленения становится весьма многообразной в культурно-просветительном, социальном и экологическом отношении. Особую роль имеют насаждения на территориях лечебных учреждений. Так как такие объекты необходимо озеленять и благоустраивать, учитывая потребности пациентов, посетителей и персонала. Современные правила и стандарты, разработанные для озеленения и благоустройства территорий объектов здравоохранения, не учитывают все критерии оценки пространств и влияния на пациентов, в связи, с чем возникла необходимость выявления, анализа и систематики всех факторов благоустройства и озеленения таких территорий. В результате установления всех факторов основной целью исследования является разработка научно-обоснованных предложений и практических рекомендаций по озеленению и благоустройству территорий медицинских учреждений с целью создания зеленого каркаса и экологически-сбалансированной, комфортной архитектурно-природной среды.

**Abstract:** in modern conditions of an urbanized environment and deteriorating environmental conditions, the role of landscaping facilities is becoming very diverse in cultural, educational, social and environmental terms. Plantings on the territories of medical institutions have a special role. As such facilities need to be landscaped and landscaped, taking into account the needs of patients, visitors and staff. Modern rules and standards developed for landscaping and

landscaping of healthcare facilities do not take into account all criteria for assessing spaces and the impact on patients, and therefore it became necessary to identify, analyze and systematize all factors of landscaping and landscaping of such territories. As a result of the identification of all the factors, the main purpose of the study is to develop scientifically sound proposals and practical recommendations for landscaping and landscaping the territories of medical institutions in order to create a green framework and an ecologically balanced, comfortable architectural and natural environment.

**Ключевые слова:** лечебные учреждения, ландшафтная организация, озеленение, благоустройство, критерий комфортности, объемно-пространственная структура.

**Keywords:** medical institutions, landscape organization, landscaping, landscaping, comfort criterion, spatial structure.

Исследования, проведенные в последние пятьдесят лет, продемонстрировали, как внешняя среда может служить ресурсом для восстановления и реабилитации. Если рассматривать озелененные территории с точки зрения оздоровления, то необходимо рассмотреть аспекты дизайна, связанные не только с пассивным восприятием окружающей среды, но и также связанные с активным взаимодействием с природой. Считается, что создание комфортной и здоровой среды обитания способствует ощущению эмоционального комфорта и благополучия. Невозможно персонализировать среду, так как это приводит к появлению чувства отчужденности от нее, ее чужеродности и, как следствие, чувству незащищенности, неуверенности, «потере себя». Персонализация среды имеет важное значение в терапии, во многом определяя особый характер взаимодействия пользователей медицинских учреждений с окружающим их пространством. Необходимо определить рамки для выявления потенциала территорий медицинских учреждений, которые могут быть спроектированы как среда, благоприятная для здоровья. Для пользователей больниц интенсивного лечения наиболее актуально воздействие впечатлением от сада, его дизайном и содержанием.

Основополагающей идеей исследования территорий больниц с целью выявления ландшафтной организации является идея экологического каркаса территории как средостабилизирующего природно-антропогенного (природно-техногенного) образования, который должен быть сформирован на разных уровнях (страна, регион, местность). Особенности ландшафтного планирования любого лечебного заведения характеризуется определенной, только ему присущей спецификой. При благоустройстве такой территории необходимо соблюдать определенные нормативы, которые тесно связаны с ее функциональным назначением. Организация территории больницы должна обеспечить надлежащий гигиенический и противоэпидемический режим, а также лечебно-охранительный комфорт, независимо от системы ее застройки. Для этой цели территорию больницы по функциональному признаку разделяют на следующие зоны: а) лечебных

корпусов для неинфекционных больных; б) лечебных корпусов для инфекционных больных; в) поликлиники; г) садово-парковая; д) патологоанатомического корпуса; е) хозяйственная [1,2]. Относительно выделенных зон необходимо рекомендовать определенные типы садово-парковых насаждений, варианты благоустройства, направленные на создание благоприятных условий.

Сами компоненты ландшафта выраженным лечебным действием не обладают, однако они создают благоприятный фон для эффективного воздействия. Внешне территория больницы может, воздействовать на стороннего наблюдателя при помощи средств материала, композиции, света, цвета, акустики. Система архитектурных потребностей включает в себя:

- потребности в безопасности информационной, функциональной, экологической, материально-технологической;
- экологические потребности комфорта и здоровой среды жизнедеятельности;
- структурно-логические потребности в рациональной организации пространства;
- семантику среды, которая обеспечивает потребности в смысловой ориентации среди архитектурных форм и пространств;
- эстетические потребности в художественной выразительности архитектурных форм и пространств;
- эмоционально-психологические потребности в общении и отзыве среды.

Во время проектирования медицинских учреждений важно помнить об этих аспектах и внедрять их в организацию новой архитектурной среды, в которой создается окружение, способствующее всеми своими составляющими полноценному процессу оздоровления и восстановления пациентов [3].

В контексте благоустройства территорий медицинских учреждений можно выделить благотворные факторы такие, как: привлекательные качества, которые желательны и предпочтительны и факторы риска - те, которые могут привести к тому, что человек не сможет пользоваться им, которые могут представлять реальную опасность для человека при использовании садового пространства [4].

Критерий комфортности (физической и психической) содержит основные требования: создание условий для минимальных затрат и усилий для удовлетворения своих нужд и обеспечение своевременной возможности отдыха, компенсации усилий с учетом состояния здоровья посетителей.

Благоприятная для здоровья среда — это не только доступная и безопасная среда. Для оптимизации здоровья окружающая среда также должна быть интересной, привлекательной и стимулирующей [2].

Опираясь на учебно-методическую литературу, статьи в научных изданиях и нормативно-правовые акты Российской Федерации можно выделить следующие качества комфортности внешней среды лечебного учреждения:

- экологичность, при которой учитывается микроклимат и состояние древесных насаждений;

- современность и актуальность среды – это значит разнообразие услуг на территории, ее натуралистичность;

- идентичность и разнообразие – это привлекательность озелененной территории.

При ландшафтной организации территорий медицинских учреждений, установление и сохранение благоприятной окружающей среды, в частности, чистого воздуха, является важной задачей. При этом возникает достаточно ответственный вопрос — подбор древесно-кустарниковых насаждений, оказывающих благоприятное воздействие на организм человека. При выборе ассортимента нужно учитывать не только эстетические качества, но и их санитарно-гигиенические свойства.

Зелёные насаждения должны быть подобраны так, чтобы максимально воздействовать на процесс реабилитации людей с ослабленным иммунитетом, подверженных заболеваниям, а также защиты от внешних негативных факторов: пыли, шума, радиации, излишнего воздействия ветра и солнечного излучения.

При выборе насаждений, требуется уделить внимание на их свойства, влияющие непосредственно на процесс оздоровления больного. Определяющие фактором для этого являются: фитонцидность и выделение кислорода [5].

Оздоровляющее действие насаждений связано главным образом с их структурой, а также индивидуальными качествами растений. Это взаимоотношения растений с местом, с людьми и растений с другими растениями. Их способность привлекать и зачаровывать, смена сезонных моментов доставляет удовольствие не только нашим глазам, но и нашему духу. Когда растения подобраны правильно, то посадка становится чем-то большим, чем сумма отдельных частей. В объемно-пространственной организации объекта должна быть заложена возможность развития его во времени, учитываться его характер и функциональное использование. Зимой структура проявляется еще более явно. Поэтому подбор ассортимента растений должен вестись с учетом всех этих качеств [7].

Таким образом, именно полноценная объемно-пространственная структура территории и зеленых насаждений обеспечивает ее эффективность и комфортность, которые так важны для людей, находящихся в состоянии нездоровья и чувствительностью к окружающей среде. С физиологической точки зрения, благоприятные условия окружающей природной обстановки приводят к снятию стойких очагов раздражения в коре головного мозга, что имеет большое лечебное значение. В каждом лечебном учреждении должен быть создан свой архитектурно-парковый ландшафт. И если он, гармоничен по пропорциям, цвету, формам, то имеет большое положительное воздействие на психику. Если же безвкусен и не организован (хаотичен), то он лишен этого качества [8].

Объектами исследования послужили территории учреждений здравоохранения, расположенных в разных районах города Воронеж (табл.1).

На основе комплексного ландшафтно-визуального анализа территорий лечебных учреждений были выявлены и проанализированы факторы риска, т.е. те качества среды, которые не позволяют чувствовать себя комфортно на их территориях. В контексте существующего благоустройства территорий медицинских учреждений можно выделить характерные диссонирующие элементы внешней среды лечебных учреждений г. Воронежа (табл. 2).

Таблица 1 - Перечень объектов, изученных в ходе ландшафтно-визуального анализа

№	Объект	Местоположение
1	Областная клиническая больница	В лесопарковой зоне города, вдали от промышленных предприятий
2	Больница №2 им. Федяевского	В центральной части города, примыкает магистраль городского значения
3	Больница скорой медицинской помощи №1 (БСМП)	Окружена магистралями общегородского и районного движения, вблизи промышленная зона
4	Больница скорой медицинской помощи №8 (БСМП)	Вблизи жилая зона, магистраль районного значения, промзона
5	Больница скорой медицинской помощи №10 (БСМП «Электроника»)	Вблизи - массив насаждений, жилая зона

Таблица 2 - Характерные диссонирующие элементы благоустройства и озеленения территорий лечебных учреждений г. Воронежа

№	Диссонирующие элементы благоустройства/факторы риска	Характеристика
		3
1	Въездная группа - ворота, стойки и домик охраны	Локальное поле визуального дискомфорта.
2	Парковка	Нехватка парковочных мест и вместе с тем большие площади открытой парковки вблизи корпусов. Локальное поле визуального дискомфорта.
3	Отсутствие интерактивной системы связанных ориентиров	Низкая или примитивная информационная насыщенность

Продолжение таблицы 2

1	2	3
4	Границы территории. Забор	Локальное поле визуального дискомфорта. Если территория лечебного учреждения граничит с крупной автомобильной дорогой, то данное сооружение не защищает от пыли, механического шума и звуков автомобильного движения.
5	Здания и сооружения. Фасады	Давление застройки на ландшафт. Значительные по площади монотонные фасады, которые являются вертикальными закрытыми типами пространственных структур и образуют визуально гомогенную среду.
6	Переходные зоны, галереи, входная зона, переходы между корпусами. Площадки для отдыха	Локальное поле визуального дискомфорта. Растительность отсутствует.
7	Вид из окна	Локальное поле визуального дискомфорта. Общая панорама и виды однообразны.
8	Дорожно-тропиночная сеть	Однотипные монотонные дорожные покрытия низкого качества на всей территории. Маршруты только транзитного назначения, совмещенные с движением автотранспорта, отсутствуют пешеходные прогулочные маршруты. Отсутствует маркировка пешеходных зон, ориентированная на тактильное и зрительное восприятие маршрута движения. Пересечение маршрутов под острым углом, в местах пересечения отсутствуют площадки. Отсутствуют места отдыха.
9	Активный рисунок мощения	Излишняя декоративность вызывает раздражение и может вызвать головокружение.
10	Бесструктурная посадка деревьев	Отсутствие ярусности, взаимодействия открытых и сомкнутых участков растительности, четко различимых границ между различными типами растительности - усложняет восприятие ландшафта, вызывает или поддерживает состояние отрешенности и уныния.
11	Аллеи	Аллеи закрытого типа могут восприниматься как тоннель, отсутствие возможностей, страх, тревога, стресс.

Окончание таблицы 2

1	2	3
12	Загущенные посадки	Препятствуют обзору. Недостаток освещенности, недоразвитость крон, напочвенного покрова фитомассы, снижению кислорода, снижению избыточной влажности воздуха. Такие условия вызывают дискомфорт, ощущения тревоги и угрозы.
13	Монотонность и маловыразительность насаждений.	Бедность ассортимента. Растительность - преимущественно лиственные деревья и кустарники. Необоснованное сочетание растений. Единовременность начала и конца вегетации.

Таким образом, выделенные диссонирующие элементы на территориях исследуемых больниц в первую очередь нуждаются в анализе возможности реконструкции или минимизации влияния на ландшафт. Так для такого диссонирующего элемента, как въездная группа больше всего подходит открытая конструкция при этом, данное архитектурное сооружение должно выглядеть убедительно и быть единым архитектурным ансамблем с медицинским учреждением. Парковка, представляющая полностью запечатанную в асфальт территорию без растений, должна иметь озеленение в виде одиночных посадок, живой изгороди по периметру и покрытие может быть из плитки, утопленной в газон. Рекомендуется установка информационных стендов с тактильно-звуковой мнемосхемой для ориентирования посетителей, а также использовать линейные посадки вдоль дорог, направляющие движение. При этом высота ствола до кроны деревьев на пути движения должна быть не менее 2,0 м. По периметру больниц забор может представлять собой арт-объект. Чтобы фасад зданий не был столь монотонным и не вызывал угнетающего чувства рекомендуется вертикальное озеленение. Кроме того, вертикальное озеленение и создание садов на крышах улучшают вид из окон больницы, что положительно сказывается на самочувствии пациентов.

Дорожно-тропиночная сеть должна иметь антискользящую поверхность мощения, равномерное покрытие. Рисунок мощения должен быть комбинированный, фактурный, маркирующий маршруты и опасные зоны. При этом не стоит использовать слишком активный рисунок мощения, так как излишняя декоративность может вызвать раздражение, а также спровоцировать головокружение у больных.

При проектировании озеленения, очень важно правильно подобрать список растений, которые можно использовать, учитывая не только экологические и агротехнические условия выращивания, но и факторы безопасности и психологического влияния растений на пациентов. Выявили следующие принципы подбора растений: безопасность,

агротехнические преимущества, сенсорное взаимодействие, декоративность, лечебный эффект и физическое взаимодействие.

Руководствуясь принципами размещения растений на территориях больниц, можно добиться наибольшего восстановительного эффекта и вовлечения пациентов в процесс взаимодействия с садом.

Изучение теоретического обзора по созданию терапевтических пространств показывает, что контакт человека с природой, в условиях пребывания его в медицинском учреждении, положительно влияет на эмоциональное состояние и способствует скорейшему выздоровлению. Поэтому, при проектировании и реорганизации территорий лечебных учреждений, необходимо создание естественного природного окружения, обладающего терапевтическим эффектом.

При анализе основных теорий взаимодействия человека с природой, были выявлены основные функции, которые должны выполнять терапевтические пространства:

1. Снижение уровня стресса.
2. Обеспечение контакта с природой
3. Предоставление места для отдыха
4. Снижение уровня усталости
5. Отвлечение от проблем

Ландшафтная организация территорий лечебных учреждений, как инструмент благоустройства больничной среды, необходимо проектировать с соблюдением следующих принципов:

1. Принцип планирования
2. Руководящий принцип
3. Требования для конкретных элементов благоустройства и озеленения
4. Принцип подбора и размещения растений

При ландшафтной организации территорий лечебных учреждений следует уделять значительное внимание следующим элементам и качествам:

- входная группа и ворота;
- парковка;
- система ориентиров;
- типы садово-парковых насаждений и ассортимент;
- граница объекта;
- здания и сооружения;
- вид из окна;
- обеспечение безопасного передвижения.

Озеленение территории медицинских учреждений с помощью правильного подбора древесно-кустарниковой растительности, создает благоприятные условия для поддержания лечебного режима и здоровья прибывающих на территории пациентов. При формировании паркового пейзажа на территории медицинских учреждений учитываются создаваемые

группами деревья и кустарники, которые стимулируют и успокаивают организм человека. Так, например, на территории детских больниц применяется разнообразный ассортимент цветов, деревьев и кустарников в различных сочетаниях, что имеет не только декоративное и оздоровительное, но и учебно-познавательное значение. При подборе ассортиментов растений для парков детских больниц недопустимы колючие и ядовитые деревья, кустарники и травянистые растения.

В результате проведенного анализа, можно сделать вывод, что данная тема тесно связана со здоровьем человека и будет всегда актуальна. По результату проведенной работы, мы создаем среду, способную погрузить пациентов в мир спокойствия и гармонии, где отсутствует тревога и стресс, где они не испытывают волнение или страх, а наоборот чувствуют себя спокойно и комфортно. Основываясь на полученных данных, рассмотрены возможности организации оздоровительной среды на территории больниц. Грамотная организация пространства и внешний облик окружающей среды будут гармонично сочетаться и работать на осуществление главной цели – лечению находящихся здесь людей.

### **Список литературы**

1. Райнер Т., Вест К.; пер. с англ. А.В. Русановой. Посадки в постприродном мире. Дизайн растительных сообществ для создания жизнестойких ландшафтов / Харьков: Читариум, 2019. - 272 с.
2. Боговая, И. О. Озеленение населенных мест : учеб.пособие / И. О. Боговая, В. С. Теодоронский. – Изд. 2-е, стер. – СПб.; М.; Краснодар : Лань, 2012. – 240 с.
3. Свод правил СП 158.13330.2014 «Здания и помещения медицинских организаций. Правила проектирования» (утв. приказом Министерства строительства и жилищно-коммунального хозяйства РФ от 18 февраля 2014г. N 58/пр).
4. Dushkova D. and Ignatieva M: New trends in urban environmental health research: Article in Geography environment sustainability, 2020, pp. 160-172.
5. Лукьянова В.Р. Принципы подбора ассортимента древесно-кустарниковой растительности для озеленения территорий медицинских учреждений / В.Р. Лукьянова, Д.В. Лаврушкин // Вестник ландшафтной архитектуры. Москва, 2019.- Вып. 18. - С. 50-52.
6. Карташова, Н.П. Ландшафтно-экологическая оценка территории больницы (на примере городской больницы г. Воронежа) / Н.П. Карташова, А.С. Селиванова // Лесотехнический журнал. 2017. Т. №2 (26). С 128-134.
7. Горохов, В.А. Городское зеленое строительство : учеб. пособие для вузов / В.А. Горохов. – М.: Стройиздат, 1991. - 416 с.

## References

1. Rainer T., West K.; trans. from English by A.V. Rusanova. Plantings in the post-natural world. Design of plant communities to create resilient landscapes / Kharkov: Chitarium, 2019. - 272 p.
2. Bogovaya, I. O. Greening of populated areas : textbook / I. O. Bogovaya, V. S. Teodoronsky. - 2nd ed., reprinted - St. Petersburg; Moscow; Krasnodar: Lan, 2012. - 240 p.
3. Code of rules SP 158.13330.2014 "Buildings and premises of medical organizations. Design rules" (approved by order of the Ministry of Construction and Housing and Communal Services of the Russian Federation dated February 18, 2014 N 58 / pr).
4. Dushkova D. and Ignatieva M: New trends in urban environmental health research: Article in Geography environment sustainability, 2020, pp. 160-172.
5. Lukyanova V.R. Principles of selection of assortment of trees and shrubs for landscaping of territories of medical institutions / V.R. Lukyanova, D.V. Lavrushkin // Bulletin of landscape architecture. Moscow, 2019.- Issue. 18. - P. 50-52.
6. Kartashova, N.P. Landscape and ecological assessment of the hospital territory (on the example of the Voronezh city hospital) / N.P. Kartashova, A.S. Selivanova // Forestry journal. 2017. Vol. No. 2 (26). P. 128-134.
7. Gorokhov, V.A. Urban green construction : textbook for universities / V.A. Gorokhov. – M.: Stroyizdat, 1991. - 416 p.

DOI: 10.58168/TBiEc2025\_131-135

УДК 63

**«ДЛЯ НАС ШУМЯТ ЕГО ДУБРАВЫ»**  
**«HIS OAK FORESTS ARE NOISY FOR US»**

**Квасов О.Н.**, доктор исторических наук, заведующий кафедрой социально-гуманитарных наук ФГБОУ ВО «Воронежский государственный лесотехнический университет им. Г.Ф. Морозова», Воронеж, Россия.

**Kvasov O.N.**, doctor of Historical Sciences, Head of the Department of Social Sciences and Humanities, associate professor FGBOU VO «Voronezh State University of Forestry and Technologies named after G.F. Morozov, Voronezh, Russia.

**Аннотация:** в статье рассматривается эпизод социально-политической борьбы начала XX в. в Воронежской губернии, в ходе которого 8 октября 1907 г. трагически погиб выдающийся ученый-дубравник лесничий Теллермановского казенного леса Г.А. Курнатовский. Автором анализируются обстоятельства покушения и констатируются причины преступления.

**Abstract:** the article examines an episode of the socio-political struggle of the early twentieth century in the Voronezh province, during which, on October 8, 1907, an outstanding scientist, forester of the Tellerman state Forest, G.A. Kurnatovsky, tragically died. The author analyzes the circumstances of the assassination attempt and states the causes of the crime.

**Ключевые слова:** Г.А. Курнатовский, партизанская борьба, экспроприации, Первая российская революция.

**Keywords:** G.A. Kurnatovsky, partisan struggle, expropriation, the First Russian Revolution.

Лесные ресурсы России неразрывно связаны с её многовековой историей. На протяжении тысячи лет лес являлся для населения источником пищи, жилья, тепла и дохода, для государства – естественной преградой от врагов, строительным материалом фортификаций, городов и могучего флота. Лес неотъемлемая часть русской истории, культуры и быта. В перипетиях социально-политической борьбы лес как важнейший источник жизни и благосостояния всегда являлся предметом общественных споров и классовых противоречий, а подчас даже театром боевых действий – в сибирские и северные леса прятались от царской власти старообрядцы; считая лес общенародным достоянием, на протяжении веков крестьянство всевозможными способами отстаивало право свободно им распоряжаться; в событиях Гражданской войны 1917-1921 гг. обыватель стереотипно делил всех на «красных», «белых» и лесных, т.е. «зеленых» [4, 5]. В период Первой российской

революции 1905-1907 гг. лес, хоть и опосредованно, но также оказался причиной трагических событий в Воронежской губернии.

Центральное Черноземье приняло одно из наиболее активных участий в революционных событиях Первой революции. В отличие от национального движения на окраинах империи, городских восстаний в Москве и Ростове-на-Дону, военных выступлений в Кронштадте, Свеаборге, Севастополе и прочего, в Воронежской губернии основой социальных выступлений стало крестьянство. Малочисленность пролетариата и революционно-партийных структур сместили акцент революционной пропаганды, агитации и оппозиционной деятельности в сторону крестьянской массы. Тем более, что социально-экономическое положение аграрного сектора было одним из наиболее тревожных, кризисных и взрывоопасных в империи, и летний рост массовых выступлений крестьянства это только подтвердил. Крестьяне сообща, целыми деревнями и общинами отказывались платить налоги, захватническим образом делили частные угодия, разграбляли собранный крупными собственниками урожай и устраивали погромы помещичьих имений. Наиболее ярким проявлением этого движения стала так называемая «Щигровская республика», названная по одноименному уезду Курской губернии, в котором крестьяне нескольких волостей отстранили местное административное управление и на некоторое время смогли организовать самоуправление. Подобных прецедентов, хотя и с меньшей успешностью, было несколько. Революционные партии и, в первую очередь, партия социалистов-революционеров самым активным образом старались эти крестьянские выступления спровоцировать, всеми возможными способами поддержать и организовать, навязать экстремистские и радикальные требования. Зачастую это удавалось, но очевидцы и сами партийные функционеры массово отмечали, что крестьянство, хоть и готово было пользоваться революционно-партийной поддержкой, всё же оставалось при своих интересах, «себе на уме». Активные крестьянские выступления 1905 г., благодаря карательно-репрессивным действиям властей и общественным надеждам на созыв Первой Государственной Думы, сменились в 1906 г. значительным снижением агрессии и политической активности крестьян. Усилия революционных партий традиционными методами пропаганды и агитации поднять новую волну аграрных выступлений не увенчались успехом. Требовались новые формы и способы социально-политической борьбы и таковыми стали попытки перенести опыт партизанских действий 1905-1906 гг. на национальных окраинах в губернии российского Черноземья.

Партизанские дружины антиправительственного характера имели большую активность и успешно действовали в прибалтийских, кавказских и польских губерниях в период Первой революции. Небольшие группы в 5-10 вооруженных боевиков, постоянно передвигались по знакомой местности, при имеющихся возможностях нападали на административные органы и их представителей, находились в постоянном контакте с представителями местных партийных комитетов, оказывали им силовую поддержку и, в свою очередь, поддержкой местного населения пользовались. Долговременная успешность

этих групп на Кавказе и в Прибалтике объяснялась сложной лесной и горной местностью, солидарностью населения и слабостью, а подчас и паническим состоянием местной администрации.

Летом-осенью 1907 г. эсеровское партийное руководство прогнозировало высокий рост крестьянских выступлений, который связывало с роспуском Второй Государственной Думы и начавшими переделами земельных наделов в рамках столыпинской аграрной реформы. Губерниям Центрального Черноземья в этих планах уделялось особое внимание и именно здесь планировалось с помощью, формируемых партизанских дружин спровоцировать новую волну крестьянских выступлений. Местное руководство эсеров эту идею поддерживало, обнадеживало партийные верхи и приступило к его реализации. В имеющихся партийных структурах сельской местности, в крестьянских братствах, там, где был уже опыт и возможности, начали создавать мобильные боевые группы, которые должны были выполнять боевые задания партийных комитетов. Наиболее активно партизанские формирования проявили себя в Новохоперском и соседних с ним уездах, а набольшую известность приобрели дружины И.С. Белкина, Д.К. Грачева и И.С. Бабайцева.

Одним из этих формирований и было совершено печально известное преступление. Жандармское телеграфное сообщение в Департамент полиции по этому поводу сухо сообщало: «... 8-го сего октября в 5 часов дня, в Теллермановском казенном лесу в Новохоперском уезде восемью неизвестными лицами опасно ранены ехавшие из Борисоглебска с торгов лесничий означенного леса Корнаковский и объездчик Курганов, причем первый ограблен на 700 рублей. Лошади убиты. Злоумышленники скрылись в лесу. Раненые помещены излечение в Борисоглебскую больницу» [1]. Данное нападение было политически мотивировано и относилось не к простому уголовному грабежу, а к революционной экспроприации, цель и содержание которой определялось политическими соображениями, а деньги должны были идти на революционные нужды. Деньги, как позже выяснилось, Корнаковский успел сдать в казначейство, и они не достались боевикам. Оба пострадавших на следующий день скончались в больнице.

Таким образом, волей судьбы в перипетии революционных событий попал известный ученый-«дубравник» Григорий Андреевич Корнаковский (1853-1907), который посвятил свою жизнь русскому лесу, разработал комплексные мероприятия по улучшению состояния дубрав, их воспроизводству, создал оригинальную систему узколесосечных черезполосных рубок.

На смерть Корнаковского сочувственно отреагировали все сослуживцы и борисоглебцы. Коллега погибшего известный лесовод Г.Ф. Морозов написал большую статью-некролог, в которой отразились ряд ставших известными деталей преступления. Так, стало известно, что преступники жестоко добивали раненных и на теле Корнаковского было обнаружено 14 пулевых ранений, преимущественно в нижней части тела. При этом случайный извозчик был отпущен невредимым. Истекающие кровью раненные, были

обнаружены случайными прохожими только через полчаса. Вплоть до кончины в 6 часов вечера 9 октября, Корнаковский оставался в сознании и жестоко страдал от ранений [3].

Жандармы и полиция сработали достаточно быстро. Уже 26 октября местные газеты сообщали: «В Новохоперском уезде полицией захвачена шайка разбойников, совершившая за последнее время ряд "эксов" и убийств, в том числе нашумевшее убийство лесничего Корнаковского. Арестовано 8 человек. Часть шайки вместе с главарем успела скрыться. При аресте полицией захвачено много оружия» [2].

В жандармском оперативном сообщение в Департамент полиции позже указывалось: «Братство в с. Троицком отличается от братств других сел большей соорганизованностью... В братстве насчитывается около 100 человек, сочувствующих программе братства до 700 человек, остальное народонаселение находится под сильным террором боевой дружины, оперирующей в районе соседних волостей. Согласно партии С.Р. жертвами сей дружины в короткий промежуток времени были сожжены некоторые поместья усадьбы, экспроприация имущества во время пожара и поджоги домов благонадежных крестьян с. Троицкого, ограбление почтово-телефрафной конторы в с. Колено, артельщиков Северного и Коммерческого банков близ станции Рымарево Грязе-Царицынской линии железной дороги, Алферовского волостного правления, Лысогорского монастыря, сожжение винного казенного транспорта близ с. Троицкого, нападение с бомбами на почтовый поезд на ст. Абрамовка ЮВЖД, убийство бывшего старшины села Колено Шмелева, урядника с. Троицкого Обломца и крестьянина Боярищева, как лиц противодействовавших организации вышеназванного братства и их преступной деятельности, убийство лесничего Корнаковского, с целью экспроприации казенных денег и другие преступные действия... [1, с. 499]. Таким образом, местные революционные события 1907 г. трагически зацепили и представителя одной из самых мирных профессий. До гражданской войны, которая втянет в молох потрясений всех жителей России осталось ещё 10 лет.

Стоит отметить, что все усилия революционных партий и действия партизанских дружин в Воронежской губернии ни в 1907, ни в 1908 гг. не реализовали партийных ожиданий эсеров – крестьянство отказалось от политической конфронтации с властью и с энтузиазмом бросилось разбираться в тонкостях земельной и переселенческой политики, предлагаемой правительством П.А. Столыпина. Первая российская революция 1905-1907 гг. была закончена, а исследования и научные идеи Корнаковского нашли воплощение в работах его коллег и продолжателей, Теллермановский лес отнесен к особо ценным лесам и стал памятником природы, а спустя более ста лет на улице г. Борисоглебска благодарные сельчане поставили памятник леснику-дубравнику Григорию Андреевичу Корнаковскому с вынесенной в заглавие статьи надписью.

### Список литературы

1. Государственный архив Воронежской области. – Ф. И-1. – Оп. 2. – Д. 350. – Л. 342.
2. Государственный архив общественно-политической истории Воронежской области. – Ф. 5. – Оп. 1. – Д. 298. – Л. 101об.
3. Морозов Г.Ф. Памяти Григория Андреевича Курнаковского // Лесной журнал. – 1908. – Вып. 1. – С. 1-4.
4. Семенова Е.В. Неконвенциональные формы борьбы крестьянства в лесной сфере в XIX – начале XX веков // Экспоненты социальной агрессии: общегуманитарные дискурсы. Материалы Всероссийской научно-практической конференции. – Воронеж, 2022. – С. 23-30.
5. Квасов О.Н. Аграрный террор и крестьянский протест: формы и проявления в Российской империи на рубеже XIX-XX вв. // Аграрная история. – 2024. – № 20. – С. 61-73.

### References

1. The State Archive of the Voronezh region. – F. I.-1. – Op. 2. – D. 350. – L. 342.
2. The State Archive of Socio-political history of the Voronezh region. – F. 5. – Op. 1. – D. 298. – L. 101ob.
3. Morozov G.F. In memory of Grigory Andreevich Kurnakovskiy // Lesnoy zhurnal. – 1908. – Issue 1. – Pp. 1-4.
4. Semenova E.V. Unconventional forms of struggle of the peasantry in the forest sphere in the XIX – early XX centuries // Exponents of social aggression: general humanitarian discourses. Materials of the All-Russian Scientific and practical conference. –Voronezh, 2022. – Pp. 23-30.
5. Kvasov O.N. Agrarian terror and peasant protest: forms and manifestations in the Russian Empire at the turn of the 19th-20th centuries // Agrarian History. – 2024. – No. 20. – Pp. 61-73.

DOI: 10.58168/TBiEc2025\_136-143

УДК 681.5

## ОСОБЕННОСТИ ВНЕДРЕНИЯ ТЕХНОЛОГИИ PLM В ЛЕСОПРОМЫШЛЕННОМ КОМПЛЕКСЕ

### FEATURES OF IMPLEMENTING PLM TECHNOLOGY IN THE FORESTRY INDUSTRY COMPLEX

**Кишкин П.В.**, инженер-технолог АО КБХА, г. Воронеж, Россия.

**Мещерякова А.А.**, к.т.н., доцент ФГБОУ ВО «Воронежский государственный лесотехнический университет имени Г.Ф. Морозова», Воронеж, Россия.

**Kishkan P.V.**, engineer-technologist of Joint Stock Company «Konstruktorskoe Buro KHMIAVTOMATIKY», Voronezh, Russia.

**Meshcheryakova A.A.**, candidate of Technical Sciences, associate professor FSBEI HE «Voronezh State University of Forestry and Technologies named after G.F. Morozov», Voronezh, Russia.

**Аннотация:** в статье рассматриваются особенности внедрения технологии управления жизненным циклом изделий (PLM) на примере PLM-системы Teamcenter в промышленных предприятиях, включая лесопромышленный комплекс. Основное внимание уделено автоматизации процессов проектирования, технологической подготовки производства и управления данными об изделиях. Представлены преимущества использования 3D-моделирования, электронной технической документации и интерактивных технологий для упрощения сборки и снижения количества ошибок. Показано, что внедрение PLM-технологий способствует цифровой трансформации производства, повышает конкурентоспособность предприятия и открывает возможности для профессионального роста молодых специалистов.

**Abstract:** the article discusses the specifics of implementing product lifecycle management (PLM) technology using the Teamcenter PLM system as an example in industrial enterprises, including the forestry complex. The main focus is on automating design processes, technological preparation of production, and product data management. The advantages of using 3D modeling, electronic technical documentation, and interactive technologies to simplify assembly and reduce errors are presented. It is shown that the implementation of PLM technologies contributes to the digital transformation of production, increases the competitiveness of the enterprise, and opens up opportunities for professional growth for young specialists.

**Ключевые слова:** автоматизация производства, управление жизненным циклом, синхронизация данных, электронная техническая документация, интеграционные системы, повышение эффективности производства.

**Keywords:** automation of production, life cycle management, data synchronization, electronic technical documentation, integration systems, increasing production efficiency.

Основой современного развития промышленного производства является автоматизация систем управления, которая позволяет ускорять процессы производства и сокращать конечную себестоимость при высоком качестве продукции.

Цели автоматизации – повышение эффективности и производительности труда, повышение качества продукции, оптимизация планирования и управления.

Понятие информационной системы предприятия в последние лет пять претерпевает большие изменения. Быстрый рост возможностей современных ПК с их одновременным удешевлением, усовершенствование локальных сетей и бурное развитие веб – технологий. В результате совмещения всех этих факторов на фоне потребностей современных производств и появились системы класса new PLM (ProductLifecycleManagement) – "новое управление жизненным циклом изделий" [1-4]. Новый взгляд на PLM наряду с изменениями в технологиях интеграции приложений и архитектуре корпоративных систем позволяет представить предприятие как единый управляемый организм.

Teamcenter – PLM система, обеспечивающая организацию коллективной работы сотрудников предприятия с данными об изделиях и связанных с ними процессах в режиме реального времени на протяжении всего жизненного цикла изделия [5].

Успех применения Teamcenter подкреплен ведущими позициями компании Siemens PLM Software в сфере разработки PLM – систем, которые дают возможность принимать целесообразные и конструктивные решения на каждом этапе жизненного цикла изделия [6-8].

До внедрения Teamcenter процесс технической проработки конструкторской документации был очень сложным и длительным [9]. Сотрудники работают локально и несмотря на общий сервер, поиск информации занимает немало времени, а отслеживание изменений практически невозможно. Из-за этого становится очень сложно отследить в процессе работы какие-либо изменения в технологическом процессе, что может привести к очень грубым ошибкам во время сборки, а также при отсутствии сотрудника, делавшего какую-либо конкретную работу, не будет возможности воспользоваться его разработками так как все файлы хранятся непосредственно на компьютере. Все это давно устарело и нуждалось в модернизации.

Продукт Siemens PLM Software выполняет гораздо более сложные задачи за короткие сроки.

На рисунке 1 представлена упрощенная модульная схема реализации автоматизированной системы на предприятии.

На схеме видно, что каждый разработчик работает на общем сервере и у каждого подключена база данных для поиска и использования всего, что может понадобиться для разработки в общей базе данных Teamcenter.

Благодаря системе электронного согласования, разработчик не будет тратить время на перемещение по территории предприятия в поисках лиц, согласующих документацию, все происходит в электронном виде с электронными подписями, а разработчик может отслеживать статус подписания документации в режиме реального времени.

Программное обеспечение будет играть ключевую роль в повышении эффективности электронного документооборота операций, обеспечивая контроль и предоставление нужной информации на каждом этапе разработки документации.

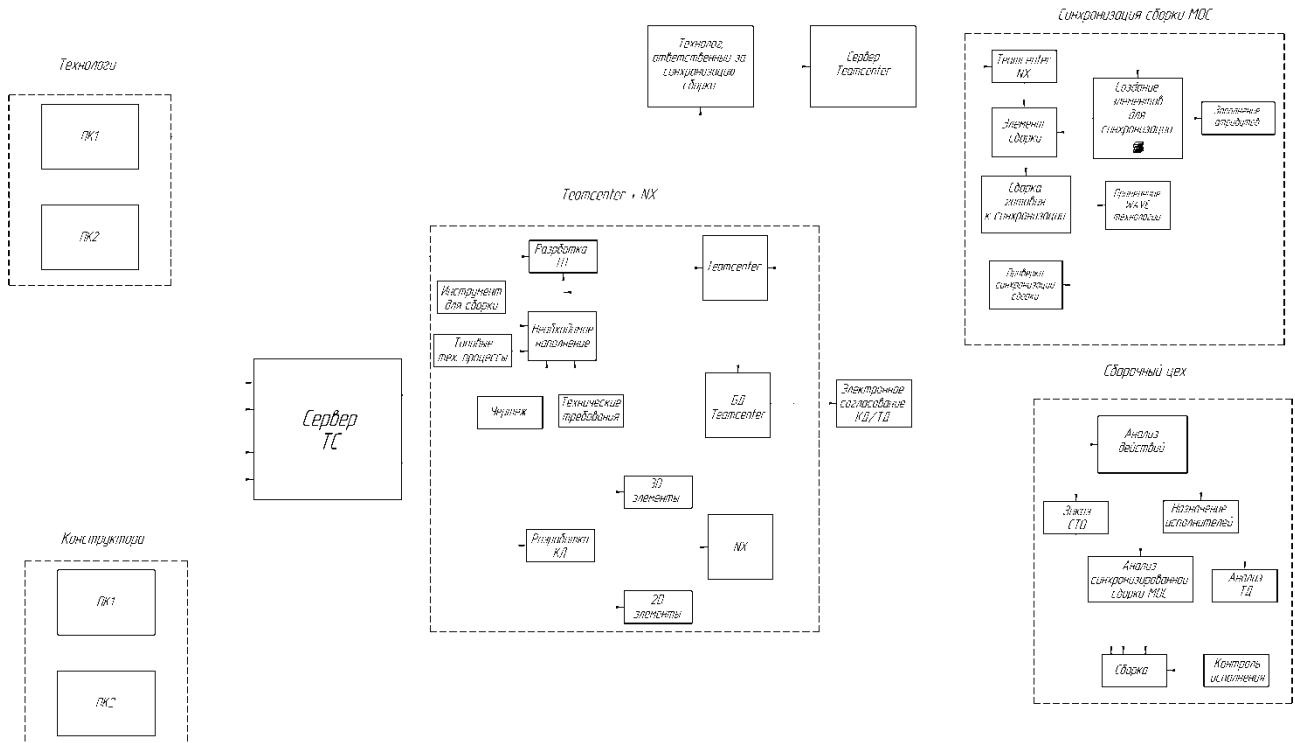


Рисунок 1 - упрощенная модульная схема работы предприятия с PLM системой

До автоматизации управления технологическими процессами на предприятии преобладало большое количество ПО, все работы выполнялись ассоциативно, а также преобладал бумажный носитель данных, что замедляло время, разработки, согласования и анализа в процессе подготовки к сборке.

процесс необходимо автоматизировать с помощью PLM системы.

Преимущества программы Teamcenter [2]:

- сокращение сроков на проектирование и разработку изделия;
- сокращение сроков на обнаружение несоответствия нормам качества;
- сокращение сроков на технологическую и конструкторскую документацию;
- сокращение объема информации за счет дублируемых данных;
- актуальная информация об изделиях;

Технология за неимением электронных баз данных и возможности быстро найти нужный инструмент, был вынужден идти в архив, что также замедляло время разработки документации [10]. В процессе реализации проекта были выявлены его сильны и слабые стороны, представленные таблице 1.

Таблица 1 – Сильные и слабые стороны проекта

Сильные стороны	Слабые стороны
Поддержка государства и объединенной двигателестроительной корпорации	Часто требуется обучение по каждому функционалу
Уменьшается время на разработку и проектирование изделия	Поддержка компании Ланит (партнер по проекту)
Уменьшается время на обнаружение ошибок несоответствий нормам качества	Нет желания сотрудников
Уменьшается объем хранимой информации за счет дублируемых данных	Большие затраты за лицензии и поддержку проекта
Всегда актуальная информация об изделиях	
Простой функционал и можно отслеживать протекающие процессы	

Благодаря широкому функционалу модули системы обеспечивают создание единой интегрированной среды, способствующей эффективному взаимодействию всех сотрудников организации.

Ниже представлена схема, отражающая ключевые направления развития Teamcenter.

Такое структурирование информации позволяет в наиболее доступной форме донести основные аспекты системы.

На рисунке 2 изображен один из видов процесса согласования ТП.

Как видно на структурной схеме, согласование электронной документации имеет четкую последовательную структуру, благодаря которой разработчик не сможет пропустить некоторых согласующих лиц, что иногда имеет место быть в бумажных версиях.

Весь процесс согласования осуществляется с рабочего каждого согласующего пользователя, благодаря чему разработчик не тратит время на перемещение от одного человека к другому, а также процесс не стоит на месте в случае отсутствия разработчика.

Рабочий процесс согласования создан и запущен. Как разработчику нам требуется электронной документации, чертеже, 3D–модели или технологическом процессе. Информационное окно отобразит, кто и когда внес последнее изменение благодаря чему очень просто отследить последнего работавшего над этим документом сотрудника.

Итогом эффективной интеграции будет обеспечение для каждого из участников исчерпывающего пакета данных, самым первым поставить свою подпись, выбрав пункт «Завершить» и продвинуться к следующему блоку согласования. После того как процесс согласования успешно завершён, электронный документ направляется в архив и далее может быть использован в полном объёме для производственных нужд.

Для внесения правок в электронный документ необходимо оформить извещение, пройти повторное согласование, после чего в структуре документа создаётся новая ревизия (с индексами 001, 002 и так далее). Система Teamcenter предоставляет удобные инструменты

для быстрого анализа изменений, что помогает принимать верные решения оперативно и с учётом поставленных целей.

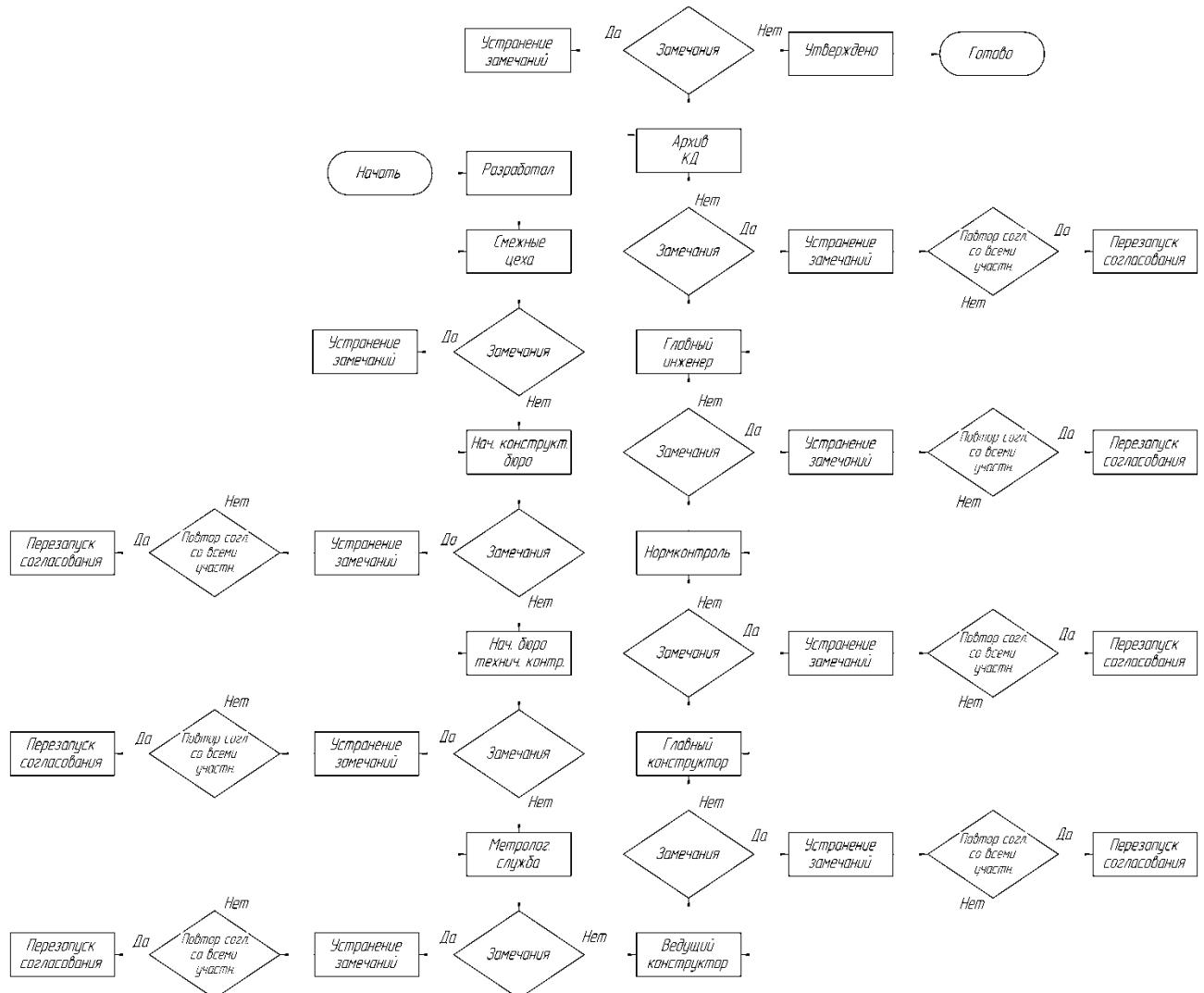


Рисунок 2 – Структура процесса согласования электронной документации

Для того, чтобы убедиться в повышении удобства, качества и производительности труда был проведен экспериментальный этап согласования в бумажном виде и в программе Teamcenter. Оценивались такие показатели, как время на разработку и согласование технологии.

Результаты данного эксперимента отражены на диаграмме (рисунок 3).

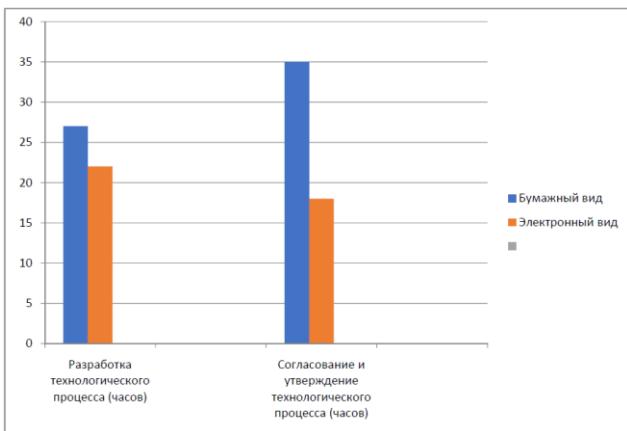


Рисунок 3 – Диаграмма разницы затрат времени на разработку и согласование технологического процесса

Итогом можно сказать, что данный эксперимент показывает в настоящий момент на удобство и комфорт работы, сокращение затрат времени на разработку, изменение и согласование электронной документации в среде PLM на предприятии, по сравнению с бумажным видом согласования.

В настоящий момент активно вводятся на предприятии «Интерактивные электронные технические руководства» (ИЭТР) в программе Cortona3D, которая работает совместно с NX. ИЭТР несомненно внесут свой вклад в развитие производства.

Также активно разрабатывается и применяется система синхронизации схемы и 3D модели изделия для упрощения анализа и сборки изделий, сокращения ошибок при сборке неопытными рабочими, благодаря визуализации сборочной единицы и подсветке отдельных ее частей.

Использование новых технологий влияет на психологию инженера, расширяя возможности для профессионального и творческого роста как технологов, так и конструкторов. Это, в свою очередь, способствует повышению квалификации у молодых специалистов.

Успешность выполнения производственных задач системой Teamcenter напрямую влияет не только на эффективность инженерных процессов, но и на рост числа выпускаемых изделий или их модификаций, выводимых предприятием на рынок.

### Список литературы

1. Тороп, Д.Н. Teamcenter. Начало работы / Д.Н. Тороп, В.В. Терликов. – М.: ДМК Пресс, 2011. – 280 с.
2. Teamcenter. – URL: [http://www.weta.ru/doc/siemens/4680\\_tcm802-79817.pdf](http://www.weta.ru/doc/siemens/4680_tcm802-79817.pdf). (дата обращения: 22.05.2025).

3. Обзор системы Teamcenter. – URL:  
[https://www.plm.automation.siemens.com/ru\\_ru/Images/Teamcenter%20overview\\_tcm802-70865.pdf](https://www.plm.automation.siemens.com/ru_ru/Images/Teamcenter%20overview_tcm802-70865.pdf) (дата обращения: 22.05.2025).
4. Сапунов, В.В. Конструкторско-технологическая подготовка производства в CAD-CAM-CAE системах. Сборник лабораторных работ : учебно-методическое пособие / В.В. Сапунов, А.Д. Евстигнеев. – Ульяновск : УлГТУ, 2021. – 99 с.
5. Мещерякова, А.А. Исследование автоматизированной системы управления лесопильным оборудованием / А.А. Мещерякова, А.А. Грибанов // В сборнике: Энергоэффективность и энергосбережение в современном производстве и обществе. материалы международной научно–практической конференции. Воронеж, 2024. – С. 225–228.
6. StudFiles – URL: <https://studfile.net/preview/2654068/page:4/> (дата обращения: 22.05.2025).
7. Система моделирования и программирования NX. URL:  
[https://www.nntu.ru/frontend/web/ngtu/files/org\\_structura/instit\\_fakul\\_kaf\\_shkoly/ips/novye\\_vozmozhnosti\\_dlya\\_kazhdogo/sistema\\_mod\\_i\\_progr\\_nx/sistema\\_mod\\_i\\_progr\\_nx.pdf](https://www.nntu.ru/frontend/web/ngtu/files/org_structura/instit_fakul_kaf_shkoly/ips/novye_vozmozhnosti_dlya_kazhdogo/sistema_mod_i_progr_nx/sistema_mod_i_progr_nx.pdf) (дата обращения: 22.05.2025).
8. Шабаева, С.В. Стратегические возможности цифровизации предприятий лесопромышленного комплекса России / С.В. Шабаева, А.И. Шабаев // Экономика промышленности. 2023. Т. 16. № 2. – С. 155-165.
9. Селиверстова, Н.С. Структурные изменения среднетехнологичных отраслей экономики в условиях цифровой трансформации промышленности / Н.С. Селиверстова, О.Н. Шкутько, О.В. Григорьева // Russian Journal of Economics and Law. 2023. Т. 17. № 3. – С. 532-547.
10. Глава 3 Моделирование - Siemens. – URL:  
<https://www.yumpu.com/xx/document/view/17914793/-3-siemens/129> (дата обращения: 22.05.2025).

## References

1. Torop, D.N. Teamcenter. Getting Started / D.N. Torop, V.V. Terlikov. - M.: DMK Press, 2011. - 280 p.
2. Teamcenter. – URL: [http://www.weta.ru/doc/siemens/4680\\_tcm802-79817.pdf](http://www.weta.ru/doc/siemens/4680_tcm802-79817.pdf). (Accessed: 22.05.2025).
3. Teamcenter System Overview. – URL:  
[https://www.plm.automation.siemens.com/ru\\_ru/Images/Teamcenter%20overview\\_tcm802-70865.pdf](https://www.plm.automation.siemens.com/ru_ru/Images/Teamcenter%20overview_tcm802-70865.pdf) (Accessed: 22.05.2025).
4. Sapunov, V.V. Design and technological preparation of production in CAD-CAM-CAE systems. Collection of laboratory works: teaching aid / V.V. Sapunov, A.D. Evstigneev. - Ulyanovsk: UlSTU, 2021. - 99 p.

5. Meshcheryakova, A.A. Research of automated control system of sawmill equipment / A.A. Meshcheryakova, A.A. Gribanov // In the collection: Energy efficiency and energy saving in modern production and society. materials of the international scientific and practical conference. Voronezh, 2024. - P. 225-228.
6. StudFiles - URL: <https://studfile.net/preview/2654068/page:4/> (date of access: 05/22/2025).
7. NX modeling and programming system. URL: [https://www.nntu.ru/frontend/web/ngtu/files/org\\_structura/instit\\_fakul\\_kaf\\_shkoly/ips/novye\\_vozmozhnosti\\_dlya\\_kazhdogo/sistema\\_mod\\_i\\_progr\\_nx/sistema\\_mod\\_i\\_progr\\_nx.pdf](https://www.nntu.ru/frontend/web/ngtu/files/org_structura/instit_fakul_kaf_shkoly/ips/novye_vozmozhnosti_dlya_kazhdogo/sistema_mod_i_progr_nx/sistema_mod_i_progr_nx.pdf) (accessed: 22.05.2025).
8. Shabaeva, S.V. Strategic opportunities for digitalization of enterprises of the forestry complex of Russia / S.V. Shabaeva, A.I. Shabaev // Industrial Economics. 2023. Vol. 16. No. 2. - P. 155-165.
9. Seliverstova, N.S. Structural changes in medium-tech sectors of the economy in the context of digital transformation of industry / N.S. Seliverstova, O.N. Shkutko, O.V. Grigorieva // Russian Journal of Economics and Law. 2023. Vol. 17. No. 3. – P. 532-547.
10. Chapter 3 Modeling - Siemens. - URL: <https://www.yumpu.com/xx/document/view/17914793/-3-siemens/129> (date of access: 05/22/2025).

DOI: 10.58168/TBiEc2025\_144-149

УДК 504.06

## АВТОМАТИЗАЦИЯ ЭКОЛОГИЧЕСКОГО МОНИТОРИНГА ПРОМЫШЛЕННЫХ ЗОН В КРУПНЫХ НАСЕЛЁННЫХ ПУНКТАХ

### AUTOMATION OF ENVIRONMENTAL MONITORING OF INDUSTRIAL AREAS IN LARGE SETTLEMENTS

**Ковун Д.А.**, студент ФГБОУ ВО Kovun D.A., student FGBOU VO «Voronezh «Воронежский государственный лесотехнический университет им. Г.Ф. Морозова», Voronezh, Russia. Воронеж, Россия.

**Стариков А.В.**, д.т.н., профессор FGBOU VO Starikov A.V., DSc (Engineering), Professor «Воронежский государственный лесотехнический университет им. Г.Ф. Морозова», Voronezh, Russia. Voronezh, Russia.

**Аннотация:** в статье рассматриваются современные методы автоматизированного экологического мониторинга загрязнений воздуха в городах и промышленных зонах. Анализируются технологии датчиков, лазерного и спутникового зондирования, а также информационные системы для обработки данных. Представлены математические модели для определения концентраций загрязнителей и оценки экологической ситуации, что способствует своевременному реагированию и обеспечению экологической безопасности.

**Abstract:** this article discusses modern methods of automated environmental monitoring of air pollution in urban and industrial areas. It analyzes sensor technologies, laser and satellite remote sensing, as well as information systems for data processing. Mathematical models for determining pollutant concentrations and assessing the environmental situation are presented, which contribute to timely responses and ensuring environmental safety.

**Ключевые слова:** экологический мониторинг, автоматизация контроля загрязнений, датчики газа, лазерное зондирование, спутниковое наблюдение, математические модели, индекс AQI, выбросы промышленных предприятий, информационные системы, экологическая безопасность.

**Keywords:** environmental monitoring, pollution control automation, gas sensors, laser remote sensing, satellite observation, mathematical models, AQI index, industrial emissions, information systems, environmental safety.

### Введение

В современном мире проблема загрязнения окружающей среды становится всё более острой, особенно в больших городах, где сосредоточены множество промышленных

предприятий и транспортных средств. Когда в таких городах строят новые фабрики или заводы, а люди всё больше используют автомобили с двигателями внутреннего сгорания, это приводит к тому, что в атмосферу выбрасывается огромное количество вредных веществ. Также быстрый рост городов способствует увеличению количества людей и техники, что в свою очередь увеличивает нагрузку на окружающую среду. Всё это негативно влияет как на здоровье людей, так и на состояние природы. В целях безопасности очень важно создавать системы экологического мониторинга, которые смогут эффективно отслеживать уровень загрязнений. Благодаря автоматизации таких систем можно получать данные о состоянии воздуха, воды и почвы практически в реальном времени. Это помогает быстро реагировать, если уровни вредных веществ превышают допустимые нормы, и принимать меры для снижения негативного воздействия промышленных объектов.

В статье рассмотрено современное состояние технологий автоматизированного контроля загрязнений именно в промышленных районах крупных городов. Также будут проанализированы их особенности, преимущества и возможные направления развития в будущем.

## **1 Современные требования к системам экологического мониторинга**

Современные системы для мониторинга окружающей среды должны быть очень чувствительными и уметь точно определять конкретные загрязнители [1]. Они должны работать стабильно в разных условиях, автоматически передавать собранные данные в центры обработки информации и быстро реагировать, если уровень вредных веществ превышает допустимые нормы. Так же такие системы требуют высокой точности измерений и должны работать полностью в автоматическом режиме, не требуя вмешательства человека. Важно, чтобы они могли легко интегрироваться с информационными системами города или региона, а оборудование было надежным и долговечным [2]. Также очень важно, чтобы при возникновении чрезвычайных ситуаций системы могли оперативно оповестить соответствующие службы.

Эффективная автоматизация таких систем помогает не только повысить качество контроля за состоянием окружающей среды, но и значительно снизить расходы на проведение регулярных измерений вручную.

## **2 Технологии автоматизированного контроля загрязнений**

### **2.1 Использование высокочувствительных датчиков**

Современные датчики могут измерять уровень разных веществ в воздухе, например, диоксиды серы ( $\text{SO}_2$ ), азота ( $\text{NO}_2$ ) и даже летучие органические соединения (ЛОС). Для того чтобы определить, сколько именно газа в воздухе, используют разные методы, например, спектроскопию, хемилюминесценцию или инфракрасную спектроскопию. Эти технологии помогают точно и быстро получать информацию о составе воздуха.

Расчет концентрации газа по сигналу датчика производится по следующей формуле (линейная модель):

$$C = \frac{S - S_0}{k},$$

где  $C$  – концентрация газа, ppm;

$S$  – сигнал датчика (например, интенсивность света или электрический ток);

$S_0$  – базовый сигнал при отсутствии загрязнения;

$k$  – коэффициент чувствительности датчика.

При необходимости калибровки используется следующая нелинейная модель:

$$C = a \times (S - S_0)^b,$$

где  $a, b$  – параметры калибровочной кривой, определяемые экспериментально.

## 2.2 Автоматические системы экологического мониторинга на промышленных объектах

На промышленных предприятиях ставят системы для контроля выбросов прямо на дымовых трубах или в технологических потоках [3]. Чтобы понять, сколько вредных веществ выходит в атмосферу, используют уравнение массового расхода этих веществ:

$$Q = C_g \times v \times A,$$

где  $Q$  – массовый расход загрязнителя, г/с;

$C_g$  – концентрация газа, г/м<sup>3</sup>;

$v$  – средняя скорость газового потока, м/с;

$A$  – площадь поперечного сечения трубы, м<sup>2</sup>.

Концентрацию газа  $C_g$  можно определить, используя результаты измерений объема:

$$C_g = C_{ppm} \times \frac{M}{24.45},$$

где  $C_{ppm}$  – концентрация, ppm;

$M$  – молекулярная масса вещества, г/моль;

значение 24.45 – молярный объем газа при стандартных условиях, л/моль.

## 2.3 Дистанционные методы зондирования

Лазерные лидары работают на основе того, что лазерное излучение рассеивается при прохождении через газ. По разнице интенсивности лазерного сигнала можно определить, сколько именно газа находится в воздухе. Для этого используется следующая формула:

$$C = -\frac{1}{\sigma} \ln \left( \frac{I}{I_0} \right),$$

где  $I_0$  – интенсивность лазерного сигнала без наличия загрязнителя;

$I$  – измеренная интенсивность после прохождения через атмосферу;

$\sigma$  – коэффициент поглощения газа при длине волны лазера.

Следующее уравнение основано на законе Бугера-Ламберта-Бера:

$$I = I_0 e^{-\sigma CL},$$

где  $L$  – длина пути лазерного луча через газовую среду.

## 2.4 Спутниковый экологический мониторинг

Чтобы определить, сколько загрязнителей есть в воздухе или воде, используются данные со спутниковых сенсоров. Эти сенсоры измеряют, как отражается солнечный свет или другое излучение от поверхности. Анализируя спектральные характеристики этого

отраженного света, можно понять, какие вещества там присутствуют и в каком количестве. Для этого следует использовать формулу

$$C = f(R_\lambda),$$

где  $R_\lambda$  - отражательная способность поверхности при длине волны  $\lambda$ ;

функция  $f()$  определяется методом переноса модели излучения или алгоритмами машинного обучения.

### **3 Информационные технологии и автоматизация систем мониторинга**

Современные системы используют базы данных и специальные аналитические модели, чтобы вычислить индекс загрязнения воздуха. Для того чтобы понять, насколько загрязнен воздух в целом, используют индекс AQI – индекс качества воздуха, который рассчитывают по следующей формуле:

$$AQI = \max_i(I_i(C_i)),$$

где  $C_i$  – концентрация конкретного загрязнителя;

$I_i(C_i)$  – функция, преобразующая концентрацию каждого вещества в индекс, задается с помощью таблиц с нормативными значениями.

Например, для SO<sub>2</sub> при концентрации C<sub>SO<sub>2</sub></sub>:

$$I_{SO_2} = \begin{cases} 0 - 50, & C_{SO_2} < 0,125 \text{ ppm} \\ 51 - 100, & 0,125 \text{ ppm} < C_{SO_2} < 0,375 \text{ ppm} \\ \dots \end{cases}$$

Эти концентрации находятся в таблице нормативных значений.

### **4 Технология радиолокационного зондирования**

Помимо лазерных методов зондирования есть еще радиолокационные способы. Их работа заключается в отправлении сигнала в атмосферу и анализа того, как он отражается и как распределяется во времени. На основе этих данных можно определить уровень загрязнения воздуха, используя уравнение для радиолокационной рассеянной мощности, которое помогает определить, насколько загрязнена атмосфера:

$$P_r = P_t G_t G_r \left( \frac{\lambda^2}{(4\pi)^3 R^4} \right) |\alpha|^2,$$

где  $P_r$  – мощность принятого сигнала;

$P_t$  – мощность передатчика;

$G_t, G_r$  – коэффициенты усиления антенн передатчика и приемника;

$R$  – расстояние до объекта;

$|\alpha|^2$  – модуляция рассеянной поверхности или слоя атмосферы.

### **5 Опыт внедрения автоматизированных систем мониторинга в России**

В России действуют стандарты ГОСТ 17.2.3.01-86 [4]. Эти стандарты имеют преимущество перед зарубежной Директивой 2008/50/EC [5]. Это преимущество заключается в большем количестве экологических постов при той же численности населения (таблица 1), однако в ГОСТ 17.2.3.01-86 не предполагается замера частиц фракций PM 10 и

PM 2,5 (таблица 2), что является существенным недостатком. Представленные в работе методы возможно использовать в целях мониторинга этих частиц.

Таблица 1 – Сравнение количества постов в России и ЕС

Численность населения (человек)	Количество постов ГОСТ 17.2.3.01-86	Количество постов Директива 2008/50/EC
до 50 тыс.	1	1
50-100 тыс.	2	1
100-200 тыс.	2-3	1
200-500 тыс.	3-5	1-2
500 тыс.-1 млн.	5-10	2-3
более 1 млн.	10-20	4-10

Таблица 2 – Регистрируемые загрязняющие вещества

Загрязняющее вещество	Россия	ЕС
PM10, PM 2,5	–	+
Мышьяк, никель, кадмий, ртуть	+	+
Бензол	+	+
Озон	+	+
Диоксид азота, оксид азота	+	+
Оксид углерода	+	+
Диоксид серы	+	+
Свинец	+	+
Бензпирен	+	+
Взвеси	+	+

### Заключение

Автоматизация экологического мониторинга представляет собой важный шаг вперед в области охраны окружающей среды. Использование современных методов измерений, математических моделей и аналитических формул позволяет не только получать достоверные данные о текущем состоянии природы, но и предсказывать возможные изменения в будущем. Такой подход обеспечивает более оперативное реагирование на экологические угрозы и способствует принятию обоснованных решений для защиты окружающей среды и здоровья населения. В итоге, внедрение автоматизированных систем мониторинга делает управление экологической ситуацией более эффективным, надежным и перспективным, что является важным вкладом в сохранение природы для будущих поколений.

## Список литературы

1. Экологический мониторинг : учебное пособие / Е. П. Лысова, О. Н. Парамонова, Н. С. Самарская, Н. В. Юдина. – М.: ИНФРА-М, 2023. – 151 с.
2. Ашихмина, Т. Я. Методы экологического мониторинга окружающей среды : учебно-методическое пособие / Т. Я. Ашихмина. – Вологда: Инфра-Инженерия, 2024. – 372 с.
3. Голицын, А. Н. Промышленная экология и мониторинг загрязнения природной среды / А. Н. Голицын. – М.: ОНИКС, 2010. – 336 с.
4. ГОСТ 17.2.3.01-86 Охрана природы. Атмосфера. Правила контроля качества воздуха населенных пунктов. Дата введения 1 января 1987 г.
5. Директива ЕС 2008/50/ЕС О качестве атмосферного воздуха и мерах его очистки. Дата введения 21 мая 2008 г.

## References

1. Lysova E.P., Paramonova O.N., Samarskaya N.S., Yudina N.V. Ekologicheskii monitoring [Environmental Monitoring]. Moscow: INFRA-M, 2023, 151 p. (in Russian).
2. Ashikhmina T.Ya. Metody ekologicheskogo monitoringa okruzhayushchey sredy [Methods of Environmental Monitoring]. Vologda: Infra-Inzheneriya, 2024, 372 p. (in Russian).
3. Golitsyn A.N. Promyshlennaya ekologiya i monitoring zagryazneniya prirodnoi sredy [Industrial Ecology and Environmental Pollution Monitoring]. Moscow: ONIKS, 2010, 336 p. (in Russian).
4. GOST 17.2.3.01-86. Okhrana prirody. Atmosfera. Pravila kontrolya kachestva vozdukha naselennykh punktov [Environmental Protection. Atmosphere. Rules for Air Quality Monitoring in Populated Areas]. Introduced on January 1, 1987 (in Russian).
5. Directive 2008/50/EC of the European Parliament and of the Council on ambient air quality and cleaner air for Europe. Introduced on May 21, 2008.

DOI: 10.58168/TBiEc2025\_150-158

УДК 332.02+630\*161

**ТЕНДЕНЦИИ НИЗКОУГЛЕРОДНОГО РАЗВИТИЯ ТЕРРИТОРИЙ  
ЦЕНТРАЛЬНОЙ ЛЕСОСТЕПИ ЕВРОПЕЙСКОЙ ЧАСТИ ЦЕНТРАЛЬНОЙ РОССИИ**  
TRENDS IN LOW-CARBON DEVELOPMENT OF THE TERRITORIES OF THE  
CENTRAL FOREST-STEPPE OF THE EUROPEAN PART OF CENTRAL RUSSIA

**Колесниченко Е.А.**, д.э.н., профессор ФГБОУ ВО «Тамбовский государственный университет имени Г.Р.Державина», Тамбов, Россия.

**Топчев А.Н.**, аспирант кафедры менеджмента и экономики предпринимательства, ФГБОУ ВО «Воронежский государственный лесотехнический университет имени Г.Ф.Морозова», Воронеж, Россия.

**Kolesnichenko E.A.**, doctor of Economics, Professor, Tambov State University named after G.R. Derzhavin, Tambov, Russia.

**Topcheev A.N.**, postgraduate Student of the Department of Management and Economics of Entrepreneurship, Voronezh State University of Forestry and Technologies named after G.F. Morozov, Voronezh, Russia.

**Аннотация:** в статье проведена оценка состояния и выявлены тенденции развития лесного хозяйства Центральной лесостепи Европейской части РФ в условиях климатических изменений и возрастания антропогенной нагрузки. Определено, что лесное хозяйство Российской Федерации обладает значительным потенциалом, чтобы оказать существенное воздействие на величину и направление потоков углерода в глобальном углеродном развитии. Выявлены факторы, обуславливающие результативность низкоуглеродного развития: в качестве ключевого негативного фактора, способствующего уменьшению площади лесов, а также снижению объемов поглощению углерода, исследованы лесные пожары (изучены причины возникновения лесных пожаров и противопожарные мероприятия, влияющие на эмиссию CO<sub>2</sub>); важным фактором устойчивого низкоуглеродного развития лесного хозяйства определено воспроизводство лесов, как антиподом их выбытию под влиянием неблагоприятных факторов и экстерналий (изучены ежегодные объемы лесовосстановления в регионах Центральной лесостепи и объемы финансирования работ по воспроизводству лесов). Дано оценка выполнению лесохозяйственных мероприятий, в том числе с использованием углероддепонирующих технологий и динамики их изменений на уровне региональных систем лесного хозяйства.

**Abstract:** the article evaluates the state and identifies trends in the development of forestry in the Central forest-steppe of the European part of the Russian Federation in the context of climatic changes and increasing anthropogenic pressure. It is determined that the forestry sector of the Russian Federation has significant potential to have a significant impact on the magnitude and direction of carbon fluxes in global carbon development. The factors determining the effectiveness

of low-carbon development have been identified: forest fires have been investigated as a key negative factor contributing to a decrease in forest area, as well as a decrease in carbon uptake (the causes of forest fires and fire-fighting measures affecting CO<sub>2</sub> emissions have been studied); forest reproduction has been identified as an important factor in the sustainable low-carbon development of forestry. disposal under the influence of unfavorable factors and externalities (the annual volumes of reforestation in the regions of the Central forest-steppe and the amount of financing for forest reproduction have been studied). An assessment is given of the implementation of forestry measures, including the use of carbon-depositing technologies and the dynamics of their changes at the level of regional forestry systems.

**Ключевые слова:** устойчивое развитие, низкоуглеродное развитие, тенденции низкоуглеродного развития

**Keywords:** sustainable development, low-carbon development, low-carbon development trends

Ученые всего мира сходятся во мнении, что вопрос минимизации воздействия климатических изменений можно решить с помощью лесовосстановления и лесоразведения. К примеру, зарубежные авторы [1] считают, что указанные экосистемы смогут обеспечить прирост поглотительной способности углерода в пределах около 30 %, что обеспечит возрастание шансов на нивелирование тяжелых последствий климатических изменений. Леса играют одну из ведущих ролей в качестве системы, обеспечивающей депонирование углерода [2]. Бореальные экосистемы накапливают в течение жизненного цикла около 30 % запасов СО<sub>2</sub> в мире, что в переводе равно  $996 \pm 85$  трлн. т СО<sub>2</sub>-эквивалента [3]. Леса Российской Федерации занимают общую площадь более 800 миллионов га, это примерно 20 % всех лесов мира.

Авторами проведен анализ тенденций реализации лесохозяйственных мероприятий на землях лесного фонда Центральной лесостепи Европейской части РФ. В этом плане лесные экосистемы Центральной лесостепи Европейской части РФ находятся в зоне повышенного риска [4,5]. Лесные массивы Центральной лесостепи расположены в границах Белгородской, Воронежской, Курской, Липецкой и Тамбовской областей, территории Европейской части РФ на площади 1535,2 тыс. га. Леса Центральной лесостепи — это не только экологический «каркас» территории, но и экономически ценный ресурс, источник экосистемных услуг для населения регионов [6].

Средняя лесистость областей является низкой, составляя 8,6 %, что позволяет считать этот район Центральной лесостепи — малолесным (табл. 1). При этом из общей покрытой лесной растительностью площади искусственных лесных насаждений составляют от 30 до 70 %.

Авторами выявлены факторы, обусловливающие результативность низкоуглеродного развития.

1. В качестве ключевого негативного фактора, способствующего уменьшению площади лесов, а также снижению объемов поглощению углерода, исследованы лесные

пожары. По причинам возникновения лесных пожаров статистика значительна в последние годы. Для малолесных регионов Центральной лесостепи лесные пожары – это не только стихийное бедствие, несущее социальные и экономические потери, но в первую очередь экологическая катастрофа, связанная с разрушением зеленого каркаса территорий. Накопленный ущерб от лесных пожаров в лесах регионов составил в 2018 году – 8049 тыс. руб., в 2019 году- 1565 тыс. руб., в 2020 году – 37709 тыс. руб., в 2021 – 16420 тыс. руб., в 2022 – 1006 тыс. руб.

Таблица 1 – Лесистость региональных систем лесного хозяйства Центральной лесостепи

Субъект РФ	Площадь лесных земель, тыс. га	Лесистость субъекта, %
Воронежская область	512,7	8,3
Белгородская область	230,4	8,6
Курская область	236,9	8,2
Тамбовская область	374,8	10,5
Липецкая область	180,4	7,3

Статистика лесных пожаров в региональных системах лесного хозяйства существенно различается. Динамика количества пожаров, в лесах которой из года в год незначительно снижается, а наиболее горимым регионом остается Воронежская область.

Ежегодное количество лесных пожаров в Воронежской области составляет от 14 до 104 возгораний, а площадь, пройденная огнем в годы интенсивных пожаров, составляет до 1675 га. В соседних регионах – Липецкая и Курская области, количество лесных пожаров минимальное. Существенно лучше, чем в критической Воронежской области обстоит ситуация с пожарами в Тамбовской и Белгородской областях, как по количеству, так и по площади (табл. 2) [7].

Таблица 2 – Динамика количества лесных пожаров в лесном хозяйстве регионов Центральной лесостепи РФ

Область	Значение за год, числитель – количество пожаров, ед., знаменатель- площадь, пройденная огнем, га.				
	2018 г.	2019 г.	2020 г.	2021 г.	2022 г.
Белгородская	0	1/3	0	1/3	0
Воронежская	62/702	26/58	104/1675	48/603	14/30
Курская	0	1/0	2/4	0	0
Липецкая	0	0	0	0	0
Тамбовская	2/1	16/6	14/100	9/18	3/1
Всего	64/703	44/67	120/1775	58/624	17/31

Авторами изучены причины возникновения лесных пожаров. В первую очередь, причины существенных различий в горимости лесов кроются в значительной антропогенной нагрузке на лесные экосистемы в Воронежского области, ввиду географического расположения лесных массивов в непосредственной близости от населенных пунктов. Второй не менее важной причиной лесных пожаров в Центральной лесостепи остается нарастающая аридизация климата региона. Воронежская область расположена в зоне неустойчивого и недостаточного увлажнения, а непостоянство атмосферных осадков по годам является характерной чертой климата региона. За двадцать лет (1990–2010 гг.) в регионах Центральной лесостепи среднегодовая температура воздуха повысилась на 0,4 °C по сравнению с климатической нормой в основном за счёт повышения зимних температур, среднегодовая сумма осадков уменьшилась незначительно (на 4 мм), и в последующие годы возрастание аридности климата продолжилось [8].

К противопожарным мероприятиям, влияющим на эмиссию CO<sub>2</sub>, относятся тушение лесных пожаров и проведение контролируемого противопожарного выжигания хвороста, лесной подстилки, сухой травы и других лесных горючих материалов. Серьезной эмиссии парниковых газов и продуктов горения древесины в региональных системах лесного хозяйства Белгородской, Липецкой и Орловской областях за анализируемый период не зарегистрировано, а в Курской области лесные пожары отсутствуют. Однако, в качестве дополнительного источника эмиссии парниковых газов следует рассматривать контролируемое противопожарное выжигание.

Проведение контролируемого противопожарного выжигания хвороста, лесной подстилки, сухой травы и других лесных горючих материалов планомерно осуществляется только в Курской, Липецкой и Тамбовской областях, в Воронежской области только в первые четыре года (с 2014 года по 2017 год), в Белгородской и Орловской областях – отсутствует.

Сократить эмиссию парниковых газов в региональных системах лесного хозяйства возможно путем введения полного запрета на выжигания хвороста, лесной подстилки, сухой травы и других лесных горючих материалов в лесах регионов Центральной лесостепи.

Важно отметить, что на целевые мероприятия по охране лесов от пожаров и вредных микроорганизмов в рамках финансирования доводятся финансовые ресурсы, составляющие от 1 до 61 % бюджетов различного уровня (табл.3).

Основная финансовая нагрузка осуществления охранных мероприятий ложиться на федеральный бюджет, при этом за счет бюджета субъектов финансируется в среднем до 40 % и за счет средств арендаторов участков лесного фонда до 10 % мер.

2. Не менее важным фактором устойчивого низкоуглеродного развития лесного хозяйства является воспроизводство лесов, как антипода их выбытию под влиянием неблагоприятных факторов и экстерналий.

Понимание воспроизводства леса как циклического процесса обусловлено необходимостью реализации требования непрерывного, неистощительного пользования лесом, что закладывает основы устойчивого лесного хозяйства.

Ежегодные объемы лесовосстановления в регионах Центральной лесостепи не превышают 3 тыс. га, и осуществляются путем искусственной посадки древесных растений (рис.1).

Таблица 3 – Структура финансирования мероприятий по охране и защите лесов (по данным отраслевой отчетности за 2023 год)

Субъект	Доля затрат на реализацию мер по охране от пожаров в финансировании за счет, доля ед.		Доля затрат на реализацию мер по защите лесов в финансировании за счет, доля ед.	
	субвенций из федерального бюджета	средств бюджета субъекта Российской Федерации	субвенций из федерального бюджета	средств бюджета субъекта Российской Федерации
Белгородская область	0,16	0,19	0,11	-
Воронежская область	0,12	0,61	0,02	0,03
Курская область	0,19	0,18	0,01	-
Липецкая область	0,12	0,28	0,54	0,01
Тамбовская область	-	0,12	0,14	-

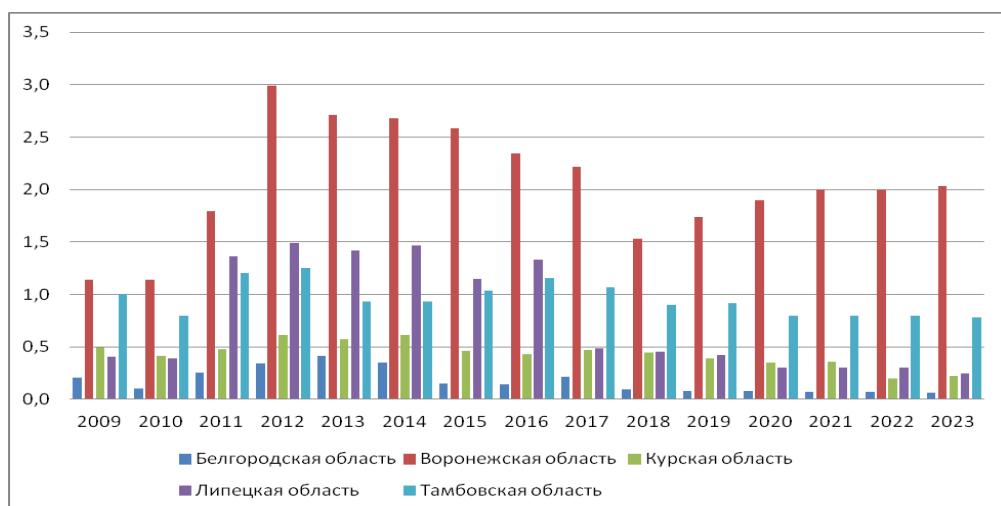


Рисунок 1 - Динамика воспроизводства лесов Центральной лесостепи, тыс. га

На протяжении периода 2019-2023 годов в структуре мероприятий, использующих углероддепонирующие технологии, увеличивается объем искусственного лесовосстановления с использованием сеянцев с закрытой корневой системой, а также объемы агротехнических и лесоводственных уходов, сопровождающихся несущественными изменениями объемов рубок прочистки, регулирования породного состава лесов, а также исключением санитарно-оздоровительных мероприятий из технологий, направленных на снижение природной пожарной опасности лесов (их нулевому значению за рассматриваемый период) [9].

Обратим внимание на финансирование работ по воспроизводству лесов в региональных системах лесного хозяйства. Для воспроизводства лесов (лесоразведение и лесовосстановление) в региональных системах лесного хозяйства Белгородской, Курской и Тамбовской областей привлечены субвенции федерального бюджета.

Обобщая мероприятия по воспроизводству лесов, направленные на интенсивное и ускоренное восстановление гарей и вырубок, а также на реализацию углеродосберегающих практик очистки лесосек, гарей, следует указать следующие возможные лесохозяйственные мероприятия, обеспечивающие сокращение выбросов и увеличение поглощения парниковых газов:

- искусственное лесовосстановление с использованием сеянцев с закрытой корневой системой;
- агротехнические уходы (с минимизацией воздействия на почвы);
- лесоводственные уходы (с минимизацией воздействия на почвы);
- рубки прочистки на лесосеках в целях ухода за лесами;
- обработка почвы (различные способы).

В результате анализа материалов определены лесохозяйственные мероприятия, проводимые с использованием углероддепонирующих технологий. Для перечисленных мероприятий определены натурные объемы и проведена оценка соответствующей динамики на основе форм официальной отраслевой отчетности Федерального агентства лесного хозяйства № 15-ОИП (ранее до 2022 года - № 1-субвенции) за 2015-2023 годы [10].

Таким образом, динамика проведения рассмотренных лесохозяйственных мероприятий позволяет сделать следующие выводы.

Во-первых, наблюдается увеличение объемов искусственного лесовосстановления с использованием сеянцев с закрытой корневой системой, а также агротехнических и лесоводственных уходов, особенно в период 2019-2023 гг.

Во-вторых, на неизменном уровне находятся объемы мероприятий по рубкам прочистки на лесосеках в целях ухода за лесами при увеличении общих объемов мероприятий по обработке почвы различными способами.

В-третьих, с течением времени до абсолютного минимума к 2021-2023 гг. сведены объемы мероприятий по снижению пожарной опасности в лесах, а проведение санитарно-

оздоровительных мероприятий выведено из состава технологий, обеспечивающих снижение природной пожарной опасности.

В-четвертых, объемы наземного мониторинга пожарной опасности в лесах и лесных пожаров изменились незначительно за рассматриваемый период, при этомросли объемы авиационного мониторинга, а объемы космического мониторинга существенно варьировались с учётом постоянного изменения подходов к расшифровке данных дистанционного зондирования Земли.

Таким образом, в результате исследования дана оценка выполнению лесохозяйственных мероприятий, в том числе с использованием углероддепонирующих технологий и динамики их изменений на уровне региональных систем лесного хозяйства: интенсивного и ускоренного лесовосстановления; рубок ухода в молодняках и санитарных мероприятий. Определен состав перечисленных групп мероприятий, объемы реализации лесохозяйственных работ в динамике с 2014 по 2023 годы, которые показали тенденцию к минимизации объемов работ по снижению природной пожарной опасности лесов. Состояние лесных культур в центральной лесостепи, по нашей оценке, является удовлетворительным, однако, за последние годы наметился устойчивый тренд к снижению объемов лесовосстановления и перевода лесных культур в покрытую лесом площадь. Вследствие чего на территории рассмотренных субъектов сложились значительные площади лесокультурного фонда, требующие мероприятий направленных на ускорение процессов облесения участков лесного фонда.

### **Список литературы**

1. Griscom B., Lomax G., Kroeger T. et al. We need both natural and energy solutions to stabilize our climate // Global Change Biology. 2019. Vol. 25 (6). P. 1889-1890.
2. Stocker T., Qin D., Plattner G.-K. et al. Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change / Intergovernmental Panel on Climate Change. – Cambridge: Cambridge University Press, 2013. P.1535.
3. Pan Y. et al. A Large and Persistent Carbon Sink in the World's Forests // Science. 2011. Vol. 333. No. 6045. P. 988-993. DOI: doi.org/10.1126/science.1201609.
4. Матвеев С. М., Литовченко Д. А. Особенности реакции на климатические условия радиального прироста деревьев сосны обыкновенной 100-140-летнего возраста (Воронежский биосферный заповедник) // Лесные экосистемы как глобальный ресурс биосферы: вызовы, угрозы, решения в контексте изменения климата: Материалы Международного лесного форума, Воронеж, 29-30 сентября 2022 года. – Воронеж: Воронежский государственный лесотехнический университет им. Г.Ф. Морозова, 2022. – С. 64-74.
5. Лыков И.В., Матвеев С.М. Оценка состояния сосновых насаждений вдоль городских автотрасс Г. Воронежа // Современные проблемы экологии животного и

растительного мира: Материалы Всероссийской молодежной научно-практической конференции, Воронеж, 19 апреля 2021 года. – Воронеж: Воронежский государственный лесотехнический университет им. Г.Ф. Морозова, 2021. – С. 37-41.

6. Харченко Н.Н., Михина В.В. Роль защитных насаждений в улучшении экологических условий ландшафтов // Актуальные направления научных исследований XXI века: теория и практика. 2019. Т.7. № 3(46). С. 310-313.

7. Морковина С.С., Кузнецов Д.К., Оробинский В.А. Состояние и основные тенденции развития лесного хозяйства Центральной лесостепи Европейской части РФ // Лесоводство, лесоустройство, лесоуправление в 21 веке: проблемы и пути решения: Материалы Всероссийской научно-практической конференции, посвященной 100-летию со дня рождения профессора Владимира Агеевича Бугаева. Воронеж, 2024/ – Издательство: Воронежский государственный лесотехнический университет им. Г.Ф. Морозова, 2024. С.94-107.

8. Матвеев С.М., Матвеева С.В., Шурыгин Ю.Н. Повторяемость сильных засух и многолетняя динамика радиального прироста сосны обыкновенной в Усманском и Хреновском борах Воронежской области // Журнал Сибирского федерального университета. Серия: Биология. 2012. Т.5. № 1. С. 27-42.

9. Morkovina S., Kolesnichenko E., Yakovenko N., Sheshnitsan S., Vodolazhsky A., Pryadilina N., Manmareva V. Forecast of greenhouse gas emissions and absorption of forestry activities in Russia // BIO Web of Conferences. 2024. Т. 145. С. 06005.

10. Морковина С.С., Колесниченко Е.А., Шешницан С.С. Лесохозяйственные мероприятия в системе обеспечения углеродного баланса России // Саяпинские чтения: Материалы VIII Международной научно-практической конференции. В 2-х частях. Тамбов, 2025. С. 262-268.

## References

1. Griscom B., Lomax G., Kroeger T. et al. We need both natural and energy solutions to stabilize our climate // Global Change Biology. 2019. Vol. 25 (6). P. 1889-1890.
2. Stocker T., Qin D., Plattner G.-K. et al. Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change / Intergovernmental Panel on Climate Change. – Cambridge: Cambridge University Press, 2013. P.1535.
3. Pan Y. et al. A Large and Persistent Carbon Sink in the World's Forests // Science. 2011. Vol. 333. No. 6045. P. 988-993. DOI: doi.org/10.1126/science.1201609.
4. Matveev S. M., Litovchenko D. A. Features of the reaction to climatic conditions of radial growth of 100-140-year-old Scots pine trees (Voronezh Biosphere Reserve) // Forest ecosystems as a global resource of the biosphere: challenges, threats, solutions in the context of climate change:

Proceedings of the International Forest Forum, Voronezh, September 29-30, 2022. Voronezh: Voronezh State Forestry Engineering University named after G.F. Morozov, 2022. pp. 64-74.

5. Lykov I.V., Matveev S.M. Assessment of the state of pine plantations along urban highways in Voronezh // Modern problems of ecology of the animal and plant world: Materials of the All-Russian Youth Scientific and Practical Conference, Voronezh, April 19, 2021 of the year. Voronezh: Voronezh State Forestry Engineering University named after G.F. Morozov, 2021. pp. 37-41.

6. Kharchenko N.N., Mikhina V.V. The role of protective plantings in improving the ecological conditions of landscapes // Current directions of scientific research of the XXI century: theory and practice. 2019. Vol.7. No. 3(46). pp. 310-313.

7. Morkovina S.S., Kuznetsov D.K., Orobinsky V.A. The state and main trends in the development of forestry in the Central forest-steppe of the European part of the Russian Federation // Forestry, forest management, and forest management in the 21st century: problems and solutions: Proceedings of the All-Russian Scientific and Practical Conference dedicated to the 100th anniversary of the birth of Professor Vladimir Ageevich Bugaev. Voronezh, 2024/ – Publishing House: Voronezh State Forestry Engineering University named after G.F. Morozov, 2024. pp.94-107.

8. Matveev S.M., Matveeva S.V., Shurygin Yu.N. The recurrence of severe droughts and the long-term dynamics of radial growth of Scots pine in the Usmansky and Khrenovsky forests of the Voronezh region // Journal of the Siberian Federal University. Series: Biology. 2012. Vol. 5. No. 1. pp. 27-42.

9. Morkovina S., Kolesnichenko E., Yakovenko N., Sheshnitsan S., Vodolazhsky A., Pryadilina N., Manmareva V. Forecast of greenhouse gas emissions and absorption of forestry activities in Russia // BIO Web of Conferences. 2024. T. 145. C. 06005.

10. Morkovina S.S., Kolesnichenko E.A., Sheshnitsan S.S. Forestry measures in the system of ensuring the carbon balance of Russia // Sayapinsky readings: Proceedings of the VIII International Scientific and Practical Conference. In 2 parts. Tambov, 2025. pp. 262-268.

DOI: 10.58168/TBiEc2025\_159-163

УДК 631.8

**ПРИМЕНЕНИЕ ОРГАНИЧЕСКИХ УДОБРЕНИЙ В ЛЕСНОМ ХОЗЯЙСТВЕ:  
ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ И ЭКОНОМИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ**

APPLICATION OF ORGANIC FERTILIZERS IN FORESTRY: ENVIRONMENTAL  
AND ECONOMIC ASPECTS

**Корчагина А.Ю.**, преподаватель ФГБОУ ВО «Воронежский государственный лесотехнический университет им. Г.Ф. Морозова», Воронеж, Россия.

**Зиненко Е.В.**, студент ФГБОУ ВО «Воронежский государственный лесотехнический университет им. Г.Ф. Морозова», Воронеж, Россия.

**Белоконь В.В.**, студент ФГБОУ ВО «Воронежский государственный лесотехнический университет им. Г.Ф. Морозова», Воронеж, Россия.

**Korchagina A.Y.**, teacher FGBOU VO «Voronezh State University of Forestry and Technologies named after G.F. Morozov», Voronezh, Russia.

**Zinenko E.V.**, student FGBOU VO «Voronezh State University of Forestry and Technologies named after G.F. Morozov», Voronezh, Russia.

**Belokon V.V.**, student FGBOU VO «Voronezh State University of Forestry and Technologies named after G.F. Morozov», Voronezh, Russia.

**Аннотация:** в работе рассматривается применение удобрений, в частности органических, в лесном хозяйстве как важный инструмент повышения продуктивности лесов, их устойчивости и решения экологических проблем. Подчеркивается, что после вырубок и пожаров лесные почвы часто страдают от дефицита гумуса и питательных элементов. Проанализирована ситуация на мировом рынке удобрений, показан рост потребления, а также возрастающий интерес к органическим удобрениям, особенно в России. Выделены факторы, стимулирующие применение органических удобрений в лесном хозяйстве, и обозначены основные проблемы и ограничения, препятствующие их более широкому распространению. В заключение, представлены перспективы развития органических удобрений для лесной отрасли, включающие технологические инновации, государственную поддержку и повышение информированности лесоводов.

**Abstract:** the paper considers the use of fertilizers, in particular organic fertilizers, in forestry as an important tool for increasing forest productivity, sustainability and solving environmental problems. It is emphasized that after deforestation and fires, forest soils often suffer from a deficiency of humus and nutrients. The situation on the global fertilizer market is analyzed, the growth of consumption is shown, as well as the growing interest in organic fertilizers, especially in Russia. The factors stimulating the use of organic fertilizers in forestry are highlighted, and the main problems and limitations preventing their wider distribution are outlined. In conclusion, the prospects for the development of organic fertilizers for the forestry industry are presented, including technological innovations, government support and awareness-raising among foresters.

**Ключевые слова:** удобрения, анализ рынка, лесное хозяйство.

**Keywords:** fertilizers, market analysis, forestry.

Применение удобрений – проверенный временем агротехнический прием, вновь приобретающий особую актуальность. В лесном хозяйстве, несмотря на меньшую распространенность по сравнению с сельским, использование удобрений играет важную роль в повышении продуктивности лесов, улучшении их устойчивости и решении экологических задач. В частности, после вырубок или пожаров лесные почвы часто страдают от дефицита гумуса, а также обедняются основными питательными элементами, такими как азот, фосфор и калий. Эти элементы должны поступать в почву в сбалансированном соотношении, поскольку недостаток любого из них приводит к снижению продуктивности лесных культур.

В мировом масштабе потребление удобрений находится на достаточно высоком уровне. По информации Международной ассоциации производителей удобрений (IFA), в 2024 году мировое потребление удобрений возросло на 5% и составило 198,5 млн тонн. Хотя этот показатель несколько уступает рекордному объёму 2020 года (200,2 млн тонн), эксперты Rabobank прогнозируют увеличение общего потребления удобрений почти на 6% к 2026 году. Несмотря на то, что основную долю рынка занимают минеральные удобрения, заметную роль играют и удобрения из органики [1, 2].

Органические удобрения, созданные из природных биологических компонентов, являются ключевым элементом экологичного земледелия, принципиально отказывающегося от синтетических удобрений и других вредных химических веществ при выращивании сельскохозяйственных культур.

Несмотря на доминирование минеральных удобрений на мировом рынке, в России с 2010 года наблюдается устойчивый рост интереса к применению органических удобрений (рис. 1), что отражает растущую обеспокоенность экологической безопасностью и устойчивостью [3].

Рынок органических удобрений для лесного хозяйства значительно уступает рынку сельскохозяйственных удобрений, однако демонстрирует устойчивый рост, обусловленный растущим осознанием экологических проблем, стремлением к устойчивому управлению лесами и необходимостью восстановления деградированных лесных территорий. После вырубок или пожаров лесные почвы часто испытывают дефицит гумуса. Для восстановления их плодородия эффективно применение органических удобрений, таких как компост, торф, лиственный опад и отходы деревообработки. Эти удобрения повышают содержание гумуса, улучшая структуру почвы и ее способность удерживать влагу. Кроме того, они обеспечивают постепенное поступление азота, фосфора и калия – жизненно важных элементов для роста деревьев, особенно молодых, и подлеска, а также стимулируют развитие полезной почвенной микрофлоры, обеспечивающей разложение органики и доступность питательных веществ [4-6].

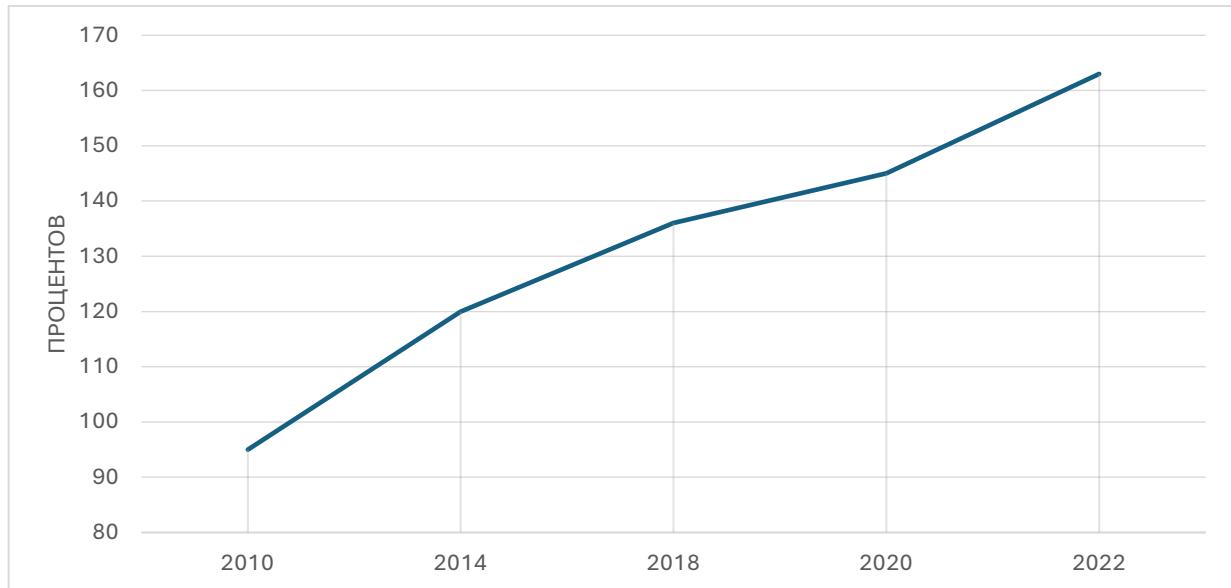


Рисунок 1 – Динамика внесения органических удобрений в расчете на один гектар

К основным факторам, стимулирующим использование органических удобрений, относятся:

- растущий спрос на сертифицированную древесину, произведенную в соответствии с принципами устойчивого лесопользования (например, по стандартам FSC), что побуждает лесные хозяйства применять экологически чистые методы, включая использование органических удобрений.

- растущая обеспокоенность экологическими проблемами, такими как изменение климата, загрязнение почвы и воды, что способствует увеличению спроса на экологически чистые методы лесоводства, включая применение органических удобрений.

- Повышение требований к экологической безопасности лесохозяйственной деятельности в различных странах, стимулирующее переход от минеральных удобрений к органическим.

- снижение затрат на регенерацию почвы при планомерном использовании биоудобрений.

Несмотря на перечисленные преимущества, применение органических удобрений сопряжено с рядом проблем и ограничений:

- недостаточно развитые производственные мощности, не позволяющие удовлетворить растущую потребность в органических удобрениях.

- более быстрое достижение результатов при использовании химических удобрений, что, однако, приводит к истощению почвы и удорожанию восстановления плодородного слоя в долгосрочной перспективе.

- более высокая норма внесения органических удобрений на гектар по сравнению с минеральными.

В целом, перспективы развития органических удобрений для лесной отрасли выглядят обнадеживающими. Активное внедрение современных технологий, государственная поддержка, научные исследования и повышение информированности лесоводов создадут благоприятные условия для широкого применения органических удобрений и перехода к более устойчивому и экологически безопасному управлению лесами. Это, в свою очередь, позволит повысить продуктивность лесов, сохранить их биоразнообразие и смягчить последствия изменения климата. Создание небольших, децентрализованных производств органических удобрений на базе лесохозяйственных предприятий или близлежащих ферм позволит сократить транспортные расходы и использовать местные ресурсы, такие как отходы лесозаготовки и деревообработки.

### **Список литературы**

1. Международная ассоциация производителей удобрений (IFA). – URL: <https://www.ifastat.org/> (дата обращения: 19.04.2025).
2. Головин, А.А. Мировой рынок минеральных удобрений как угроза продовольственной безопасности / А.А. Головин, С.В. Локтионова // В сборнике: Аграрная наука и образование на современном этапе развития: опыт, проблемы и пути их решения. Материалы XII Международной научно-практической конференции, посвященной 160-летию со дня рождения П.А. Столыпина. Ульяновск, 2022. С. 546-551.
3. Бондаренко, А.М. Организационно-технологический механизм развития рынка органических удобрений / А.М. Бондаренко, Л.С. Качанова // Дальневосточный аграрный вестник. - 2023. - Т. 17. - № 1. - С. 93-102. DOI: 10.22450/19996837\_2023\_1\_93
4. Мусаев, М. Р. Органические удобрения, урожай и качество клубней картофеля в предгорной подпровинции Республики Дагестан / М. Р. Мусаев, А. Р. Исаева // Известия Дагестанского государственного педагогического университета. Естественные и точные науки. – 2012. – № 1(18). – С. 43-45. – EDN OYQYLF.
5. Шадских, В. А. Нетрадиционные органические удобрения: экологические аспекты, опыт и перспективы использования в Поволжье / В. А. Шадских, Л. Н. Шмыгля // Технические, технологические и экологические проблемы орошения земель Поволжья : Сборник научных трудов (по материалам юбилейной конференции, посвященной 40-летию ФГНУ "ВолжНИИГиМ") / Редколлегия: В.А. Нагорный (председатель) [и др.]. – Саратов: Федеральное государственное бюджетное научное учреждение "Волжский научно-исследовательский институт гидротехники и мелиорации", 2006. – С. 199-208. – EDN YVPPHS.
6. Чалабянц, С. А. Экологические аспекты использования органических удобрений в почвозащитном земледелии / С. А. Чалабянц, Т. А. Дудкина, Н. И. Картамышев // Научно-технический бюллетень ВНИИзЗПЭ / Редакционная коллегия: Щербаков А.П., Володин В.М., Гуреев И.И., Майоров Ю.И., Пружин М.К., Рожков А.Г., Чуюн Г.А., Гошкадерова Т.В.;

ответственный за выпуск Васинев И.И. – Курск : Всероссийский научно-исследовательский институт земледелия и защиты почв от эрозии Россельхозакадемии, 1991. – С. 19-23. – EDN WYLSOP.

### **References**

1. International Association of Fertilizer Producers (IFA). – URL: <https://www.ifastat.org/> / (date of reference: 04/19/2025).
2. Golovin, A.A. The global market of mineral fertilizers as a threat to food security / A.A. Golovin, S.V. Laktionova // In the collection: Agricultural science and education at the present stage of development: experience, problems and ways to solve them. Proceedings of the XII International Scientific and Practical Conference dedicated to the 160th anniversary of the birth of P.A. Stolypin. Ulyanovsk, 2022. pp. 546-551.
3. Bondarenko, A.M. Organizational and technological mechanism of the organic fertilizers market development / A.M. Bondarenko, L.S. Kachanova // Far Eastern Agrarian Bulletin. - 2023. - Vol. 17. -No. 1.- pp. 93-102. DOI: 10.22450/19996837\_2023\_1\_93
4. Musaev, M. R. Organic fertilizers, yield and quality of potato tubers in the foothill sub-province of the Republic of Dagestan / M. R. Musaev, A. R. Isaeva // Proceedings of the Dagestan State Pedagogical University. Natural and exact sciences. – 2012. – № 1(18). – Pp. 43-45. – EDN OYQYLF.
5. Shadskikh, V. A. Unconventional organic fertilizers: ecological aspects, experience and prospects of use in the Volga region / V. A. Shadskikh, L. N. Shmyglya // Technical, technological and environmental problems of irrigation of Volga lands : A collection of scientific papers (based on the materials of the jubilee conference dedicated to the 40th anniversary of the Federal State Budgetary Scientific Institution Volzhniigim) / Editorial Board: V.A. Nagorny (Chairman) [and others]. – Saratov : Federal State Budgetary Scientific Institution Volga Scientific Research Institute of Hydraulic Engineering and Land Reclamation, 2006. – pp. 199-208. – EDN YVPPHS.
6. Chalabyants, S. A. Ecological aspects of the use of organic fertilizers in soil-protective agriculture / S. A. Chalabyants, T. A. Dudkina, N. I. Kartamyshev // Scientific and technical bulletin of VNIIzizPE / Editorial board: Shcherbakov A.P., Volodin V.M., Gureev I.I., Mayorov Yu.I., Pruzhin M.K., Rozhkov A.G., Chuyan G.A., Goshkaderova T.V.; responsible for the issue Vasinev I.I. – Kursk : All-Russian Scientific Research Institute of Agriculture and Soil Erosion Protection of the Russian Agricultural Academy, 1991, pp. 19-23. EDN WYLSOP.

DOI: 10.58168/TBiEc2025\_164-168

УДК 630.8

## ТЕХНОЛОГИИ УТИЛИЗАЦИИ БИОРАЗЛАГАЕМОЙ УПАКОВКИ

### BIODEGRADABLE PACKAGING RECYCLING TECHNOLOGIES

**Курысь Д.А.**, студент ФГБОУ ВО «Воронежский государственный лесотехнический университет имени Г.Ф. Морозова», Россия, Воронеж.

**Стородубцева Т.Н.**, д.т.н., профессор ФГБОУ ВО «Воронежский государственный лесотехнический университет имени Г. Ф. Морозова», Россия, Воронеж.

**Афоничев Д.Н.**, д.т.н., профессор, заведующий кафедрой электротехники и автоматики ФГБОУ ВО «Воронежский государственный университет имени императора Петра I», профессор, Россия, Воронеж.

**Ишутин С.С.**, магистрант ФГБОУ ВО «Воронежский государственный лесотехнический университет имени Г.Ф. Морозова», Россия, Воронеж.

**Kurys D.A.**, student of the FGBOU VO «Voronezh State University of Forestry and Technologies named after G.F. Morozov», Voronezh, Russia.

**Storodubtseva T.N.**, Doctor of Technical Sciences, Professor of the FGBOU VO «Voronezh State University of Forestry and Technologies named after G.F. Morozov», Voronezh, Russia.

**Afonichev D.N.**, doctor of Technical Sciences, Professor, Head of the Department of Electrical Engineering and Automation, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education «Voronezh State University named after Emperor Peter I», Professor, Russia, Voronezh.

**Ishutin S.S.**, postgraduate student of the FGBOU VO «Voronezh State University of Forestry and Technologies named after G.F. Morozov», Voronezh, Russia.

**Аннотация:** в статье рассматриваются современные технологии утилизации биоразлагаемой упаковки, включая промышленное и домашнее компостирование, анаэробное сбраживание, ферментацию и химическую деградацию. Проведен сравнительный анализ методов по скорости разложения, энергетической эффективности и экологичности. Особое внимание уделено проблемам, связанным с недостатком инфраструктуры, отсутствием единых стандартов и высокой стоимостью переработки. Представлены перспективные направления развития технологий, такие как внедрение муниципальных программ компостирования и использование ферментных добавок. Статья содержит графики и таблицы, иллюстрирующие ключевые аспекты утилизации биоразлагаемых материалов.

**Abstract:** the article discusses modern technologies for the disposal of biodegradable packaging, including industrial and home composting, anaerobic digestion, fermentation and chemical degradation. A comparative analysis of the methods in terms of decomposition rate, energy efficiency and environmental friendliness has been carried out. Special attention is paid to the problems related to the lack of infrastructure, the lack of uniform standards and the high cost of processing. Promising areas of technology development are presented, such as the introduction of

municipal composting programs and the use of enzyme additives. The article contains graphs and tables illustrating the key aspects of the disposal of biodegradable materials.

**Ключевые слова:** биоразлагаемая упаковка, утилизация, компостирование, анаэробное сбраживание, экологичность, переработка.

**Keywords:** biodegradable packaging, recycling, composting, anaerobic digestion, environmental friendliness, recycling.

Биоразлагаемая упаковка – это экологичная альтернатива традиционным пластиковым материалам, которая способна разлагаться под действием микроорганизмов, влаги, температуры и других факторов. Однако для эффективного снижения нагрузки на окружающую среду необходимо правильно утилизировать такую упаковку.

Биоразлагаемые материалы можно разделить на несколько групп в зависимости от их происхождения и способа разложения [1].

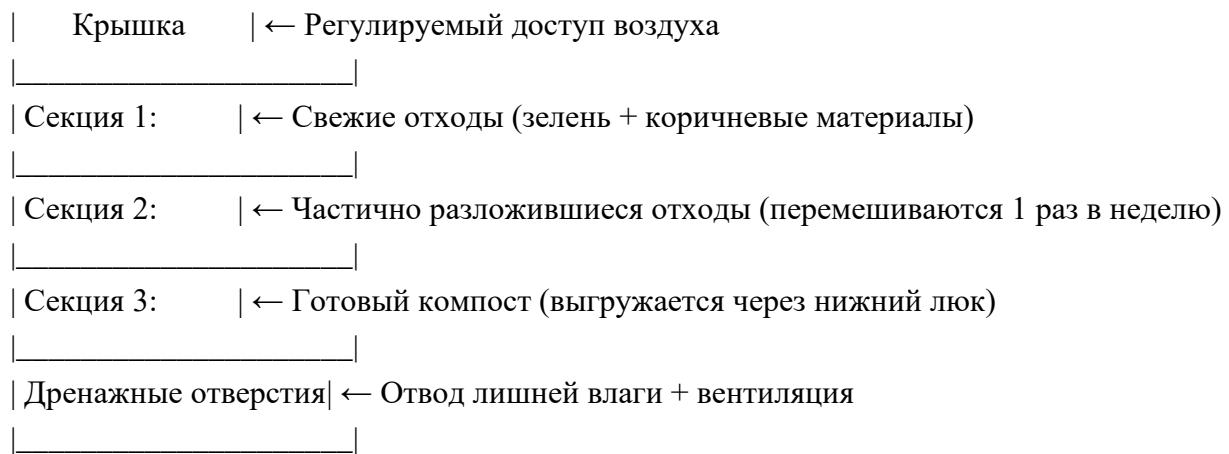
Таблица 1 - Типы биоразлагаемых материалов

Тип материала	Примеры	Срок разложения
Полилактид (PLA)	Кукурузный крахмал, сахарный тростник	6–24 месяца
Полигидроксиалканоаты (PHA)	Бактериальные полимеры	3–12 месяцев
Крахмалосодержащие смеси	Картофельный, кукурузный крахмал	1–6 месяцев
Целлюлозные материалы	Бумага, картон с биопокрытием	1–3 месяца

Существует несколько способов утилизации биоразлагаемых упаковок. Наиболее распространенным является компостирование. Процесс компостирования может быть как промышленным, при температуре 50-60 °C и высокой влажности, так и домашним при естественных условиях и более длительном сроке разложения [2]. Домашний компостер можно изготовить из пластика, дерева или металла. Наиболее популярны многосекционные системы, позволяющие одновременно хранить отходы на разных стадиях разложения. Компостирование остается наиболее экологичным и экономически выгодным методом утилизации биоразлагаемых отходов. Развитие технологии, особенно в области промышленных систем и контроля параметров, позволяет существенно повысить ее эффективность. Для максимального результата требуется комплексный подход, включающий просвещение населения, развитие инфраструктуры и совершенствование нормативной базы.

Следующим способом является анаэробное сбраживание, представляющее собой биологическое разложение органических веществ под воздействием микроорганизмов в условиях отсутствия кислорода. Данная технология применяется для получения биогаза из органических отходов. Преимущества метода заключаются в получении энергии снижении объема отходов, а недостатки в необходимости специальных биореактивов и ограничениях разлагаемых материалов.

Схема вертикального компостера:



Аэробное сбраживание – перспективная технология для устойчивой переработки органики, особенно в условиях роста объемов пищевых отходов. Оптимизация параметров (аэрация, влажность, состав сырья) позволяет ускорить процесс и повысить качество компоста [3]. В будущем развитие автоматизированных биореакторов сделает этот метод еще более эффективным. Некоторые виды биоразлагаемых полимеров (например, РНА) могут перерабатываться с помощью микроорганизмов, выделяющих ферменты. Также для ускоренного разложения PLA с помощью гидролиза или щелочного воздействия используется химическая деградация. Он заключается в "растворении" мусора химией, чтобы тот стал безопаснее. Для некоторых видов отходов химическая деградация — это быстрый и эффективный метод, но он может требовать опасных химикатов и создавать новые отходы. Примером служит обеззараживание воды хлором, убивая бактерии или нейтрализация кислот и щелочей, образующих соль и воду [4]. Ферментирование органических отходов — перспективное направление циркулярной экономики. Развитие технологии позволяет одновременно решать проблемы утилизации отходов и производства ценных продуктов. Ключевыми направлениями совершенствования остаются оптимизация микробных консорциумов и разработка энергоэффективных реакторов [5, 6].

Также в более редких случаях применяют и другие способы переработки отходов. Такие как плазменная газификация (для опасных отходов). Отходы подвергаются воздействию плазмы (8000-15000 °C), что приводит к их распаду на простые молекулы [7]. Преимуществами данного метода являются возможность переработки медицинских отходов и уничтожение токсичных отходов без образования диоксинов [8]. Но для данного метода необходимы специальные установки, имеющие высокую стоимость.

Для композитных материалов применяют криогенное дробление, заключающееся в охлаждении отходов жидким азотом с последующим измельчением. Данный способ применяется для переработки шин, разделения электронных плат утилизации армированного пластика [9].

Таблица 2 - Эффективность методов утилизации

Метод	Скорость разложения	Энергетическая выгода	Экологичность
Промышленное компостирование	Высокая	Низкая	Высокая
Анаэробное сбраживание	Средняя	Высокая	Средняя
Ферментация	Низкая	Низкая	Высокая
Химическая деградация	Очень высокая	Отсутствует	Средняя

Современные технологии утилизации биоразлагаемой упаковки представляют собой важный инструмент в борьбе с загрязнением окружающей среды и переходе к циркулярной экономике. В ходе исследования были рассмотрены ключевые методы переработки, включая промышленное и домашнее компостирование, анаэробное сбраживание, ферментацию и химическую деградацию. Каждый из этих способов обладает своими преимуществами и ограничениями, что делает их применение зависимым от типа упаковки, инфраструктуры региона и экономических факторов. Таким образом, будущее биоразлагаемой упаковки зависит не только от технологий ее производства, но и от системного подхода к ее утилизации, что требует совместных усилий производителей, переработчиков и потребителей.

### Список литературы

- ГОСТ Р 56590–2015. Упаковка биоразлагаемая. Термины и определения. – Введ. 2017-01-01. – М. : Стандартинформ, 2015. – 12 с.
- Иванова, С. В. Компостирование биоразлагаемых материалов: технологии и экологические аспекты / С. В. Иванова. – М. : Эко-Пресс, 2021. – 156 с.
- Климов, Д. С. Анаэробное сбраживание органических отходов: теория и практика / Д. С. Климов, Е. Л. Петрова. – СПб. : Профессия, 2020. – 210 с.
- Смирнова, О. П. Биоразлагаемая упаковка в контексте циркулярной экономики / О. П. Смирнова // Экология и промышленность России. – 2021. – № 12. – С. 18–23.

5. Тихонов, В. В. Современные методы утилизации полимерных отходов / В. В. Тихонов, М. Ю. Григорьева. – М.: Академия, 2022. – 184 с.
6. Федеральный закон от 24.06.1998 № 89-ФЗ «Об отходах производства и потребления» (ред. от 14.07.2022) // Собрание законодательства РФ. – 1998. – № 26. – Ст. 3009.
7. European Bioplastics. Biodegradable and compostable plastics: challenges and opportunities. – Berlin : European Bioplastics, 2022. – 45 p.
8. ASTM D6400-22. Standard Specification for Labeling of Plastics Designed to be Aerobically Composted in Municipal or Industrial Facilities. – West Conshohocken : ASTM International, 2022. – 8 p.
9. Shah, A. A. Microbial degradation of bioplastics: current trends and future prospects / A. A. Shah, F. Hasan // Journal of Environmental Management. – 2023. – Vol. 325. – P. 116497. – DOI: 10.1016/j.jenvman.2022.116497.

### References

1. GOST R 56590-2015. The packaging is biodegradable. Terms and definitions. – Introduction. 2017-01-01. Moscow : Standartinform, 2015. 12 p.
2. Ivanova, S. V. Composting of biodegradable materials: technologies and environmental aspects / S. V. Ivanova. – M. : Eco-Press, 2021. – 156 p.
3. Klimov, D. S. Anaerobic digestion of organic waste: theory and practice / D. S. Klimov, E. L. Petrova. St. Petersburg : Profession, 2020, 210 p.
4. Smirnova, O. P. Biodegradable packaging in the context of circular economy / O. P. Smirnova // Ecology and industry of Russia. – 2021. – No. 12. – pp. 18-23.
5. Tikhonov, V. V. Modern methods of polymer waste disposal / V. V. Tikhonov, M. Y. Grigorieva. – M. : Akademiya, 2022. – 184 p.
6. Federal Law No. 89-FZ dated 06/24/1998 "On Production and Consumption Waste" (as amended on 07/14/2022) // Collection of Legislation of the Russian Federation. – 1998. – No. 26. – Art. 3009.
7. European Bioplastics. Biodegradable and compostable plastics: challenges and opportunities. – Berlin : European Bioplastics, 2022. – 45 p.
8. ASTM D6400-22. Standard Specification for Labeling of Plastics Designed to be Aerobically Composted in Municipal or Industrial Facilities. – West Conshohocken : ASTM International, 2022. – 8 p.
9. Shah, A. A. Microbial degradation of bioplastics: current trends and future prospects / A. A. Shah, F. Hasan // Journal of Environmental Management. – 2023. – Vol. 325. – P. 116497. – DOI: 10.1016/j.jenvman.2022.116497.

DOI: 10.58168/TBiEc2025\_169-173

УДК 711.4

## РОЛЬ ЗЕЛЕНЫХ НАСАЖДЕНИЙ В БЛАГОУСТРОЙСТВЕ ГОРОДСКОЙ ТЕРРИТОРИИ

### THE ROLE OF GREEN PLANTS IN THE IMPROVEMENT OF URBAN TERRITORIES

**Косарева И.Р.**, студент ФГБОУ ВО «Воронежский государственный лесотехнический университет имени Г.Ф. Морозова», Воронеж, Россия.

**Стородубцева Т.Н.**, доктор технических наук, профессор ФГБОУ ВО «Воронежский государственный лесотехнический университет имени Г. Ф. Морозова», Воронеж, Россия.

**Шакирова О.И.**, ст. преподаватель ФГБОУ ВО «Воронежский государственный лесотехнический университет имени Г. Ф. Морозова», Воронеж, Россия.

**Kosareva I.R.**, student of the FGBOU VO Voronezh State University of Forestry and Technologies named after G.F. Morozov, Voronezh, Russia.

**Storodubtseva T.N.**, Doctor of Technical Sciences, Professor of the FGBOU VO Voronezh State University of Forestry and Technologies named after G.F. Morozov, Voronezh, Russia.

**Shakirova O.I.**, senior lecturer FGBOU VO Voronezh State University of Forestry and Technologies named after G.F. Morozov, Voronezh, Russia.

**Аннотация:** в статье акцентируется внимание на важности зеленых насаждений для создания благоприятного городского пространства. Делается акцент не только на эстетическое значение зеленых зон, но и их влияние на улучшение жизни горожан. Рассматриваются экологические, социальные и экономические аспекты, раскрывающие пользу парков и скверов. Подчеркивается важность комплексного подхода, в котором озеленение играет центральную роль в создании комфортной и устойчивой городской среды.

**Abstract:** the article focuses on the importance of green spaces for creating a favorable urban space. Emphasis is placed not only on the aesthetic value of green areas, but also their impact on improving the lives of city residents. Environmental, social and economic aspects are considered, revealing the benefits of parks and squares. The importance of an integrated approach is emphasized, in which greening plays a central role in creating a comfortable and sustainable urban environment.

**Ключевые слова:** благоустройство, озеленение, качество жизни, зеленые насаждения, городская среда.

**Keywords:** improvement, landscaping, quality of life, green spaces, urban environment.

Современные города, характеризующиеся высокой плотностью населения, интенсивным движением транспорта и развитой промышленностью, испытывают острую потребность в благоприятной и комфортной среде обитания. Одним из ключевых факторов,

обеспечивающих устойчивое развитие и повышение качества жизни в городах, является благоустройство территории, важную роль в котором играют зеленые насаждения. Цель данной статьи – раскрыть многообразную роль зеленых насаждений в благоустройстве городской территории, рассмотреть их экологические, социальные и эстетические функции, а также определить основные направления оптимизации системы озеленения городов.

**Экологические функции зеленых насаждений.**

Зеленые насаждения выполняют ряд важнейших экологических функций, способствующих улучшению состояния городской среды:

*Поддержание биоразнообразия.* Зеленые насаждения создают среду обитания для различных видов животных, птиц и насекомых, способствуя сохранению биоразнообразия в городской среде [1].

*Очистка воздуха.* Растения поглощают углекислый газ ( $\text{CO}_2$ ) в процессе фотосинтеза и выделяют кислород ( $\text{O}_2$ ), тем самым снижая концентрацию вредных веществ в атмосфере. Кроме того, листья растений задерживают пыль и другие загрязняющие частицы, очищая воздух от механических примесей.

*Улучшение качества почвы.* Корневые системы растений укрепляют почву, предотвращая эрозию и оползни. Опавшие листья и другие органические остатки, разлагаясь, обогащают почву питательными веществами, улучшая ее структуру и плодородие.

*Регулирование микроклимата.* Растения испаряют воду через листья, что способствует охлаждению воздуха в жаркое время года. Кроме того, кроны деревьев создают тень, защищая от прямых солнечных лучей и снижая температуру поверхности земли. Зимой же, плотные посадки служат барьера от ветра, сохраняя тепло [2,3].

*Снижение уровня шума.* Зеленые насаждения эффективно поглощают и рассеивают звуковые волны, снижая уровень шумового загрязнения вблизи автомагистралей, промышленных предприятий и других источников шума.

*Социальные функции зеленых насаждений.* Помимо экологических преимуществ, зеленые насаждения выполняют важные социальные функции, способствуя улучшению качества жизни горожан:

*Улучшение психологического комфорта.* Наблюдение за природой, общение с растениями и животными оказывают положительное воздействие на психическое здоровье человека, снижают уровень стресса, улучшают настроение и повышают жизненный тонус.

*Место для проведения мероприятий.* Парки и скверы часто становятся площадками для проведения городских праздников, фестивалей, концертов и других культурно-массовых мероприятий, обогащая культурную жизнь города [4].

**Эстетические функции зеленых насаждений [5].**

*Создание условий для физической активности.* Зеленые зоны, оснащенные спортивной инфраструктурой и велодорожками, создают условия для популяризации здорового образа жизни и повышения физической активности горожан.

*Формирование городской идентичности.* Неповторимый облик города, формирующий его узнаваемый образ и привлекательность для туристов и инвестиций, создается благодаря зеленым насаждениям, особенно уникальным и историческим паркам и садам. Они становятся визитной карточкой, отражающей историю и культуру города.

*Организация мест отдыха.* Создавая благоприятную среду для общения, занятий спортом и отдыха на свежем воздухе, парки, скверы и бульвары становятся важными центрами социальной жизни горожан [6].

Зеленые насаждения играют важную роль в формировании эстетически привлекательной городской среды:

*Украшение города.* Растения, с их разнообразием форм, размеров и цветов, украшают улицы, площади, парки и другие городские пространства, делая их более привлекательными и приятными для восприятия.

*Создание визуальных акцентов.* Деревья, кустарники и цветочные композиции могут использоваться для создания визуальных акцентов, привлекающих внимание к определенным объектам или участкам городской территории.

*Формирование гармоничного ландшафта.* Зеленые насаждения помогают создать гармоничный ландшафт, сочетающий в себе природные и искусственные элементы, что способствует формированию благоприятной и комфортной среды обитания.

*Маскировка неблагоприятных элементов городской среды.* Растения могут использоваться для маскировки непривлекательных элементов городской среды, таких как промышленные здания, заборы, автостоянки и т.д. [7].

*Внесение разнообразия в монотонную городскую застройку.* Зеленые насаждения разбавляют монотонность городской застройки, создавая живописные уголки и улучшая визуальное восприятие городской среды [8].

Для повышения эффективности использования зеленых насаждений в благоустройстве городской территории необходимо:

*Разработка комплексных программ озеленения.* Программы должны учитывать экологические, социальные и экономические особенности города, а также потребности различных групп населения.

*Увеличение площади озелененных территорий.* Необходимо стремиться к увеличению площади парков, скверов, бульваров и других зеленых зон, а также к созданию новых зеленых насаждений на крышах и стенах зданий.

*Использование разнообразного ассортимента растений.* Необходимо использовать широкий спектр деревьев, кустарников, цветов и других растений, устойчивых к городским условиям и обладающих высокими декоративными качествами [9].

*Применение современных технологий озеленения.* Необходимо использовать современные технологии, такие как автоматический полив, системы сбора дождевой воды, вертикальное озеленение и др., для повышения эффективности ухода за зелеными насаждениями.

*Активное вовлечение населения в процесс озеленения.* Необходимо привлекать жителей города к участию в создании и уходе за зелеными насаждениями, организовывать субботники, конкурсы и другие мероприятия, направленные на повышение экологической культуры и ответственности горожан.

*Создание и поддержание системы учета и мониторинга состояния зеленых насаждений.* Необходимо вести учет всех зеленых насаждений в городе, регулярно оценивать их состояние и принимать меры по их сохранению и улучшению [10].

*Заключение.* Зеленые насаждения играют важнейшую роль в благоустройстве городской территории, обеспечивая экологическую устойчивость, социальный комфорт и эстетическую привлекательность городов. Комплексный подход к озеленению, учитывающий все многообразие функций зеленых насаждений и активно вовлекающий население в этот процесс, является необходимым условием для создания благоприятной и комфортной среды обитания в современных городах.

### Список литературы

1. Теодоронский, В. С. Садово-парковое строительство и хозяйство : учебник для вузов / В. С. Теодоронский. – Москва : Академия, 2017. (дата обращения 15.05.2025).
2. Боговая, И. О. Озеленение населенных мест : учеб. пособие для вузов / И. О. Боговая, В. С. Теодоронский. – Москва : Академия, 2010. (дата обращения 15.05.2025).
3. Макаренко, В.П., Фетисов, Д.М., Жучков, Д.В. Изучение растительного покрова малых и средних городов России: современное состояние // Региональные проблемы. 2022, Т. 25, № 1. – С. 3-15.
4. Калинин, А.Ю., Рубцова, Т.А. Роль дендрологического парка в сохранении природного наследия города Биробиджана // Региональные проблемы. 2023., т. 26, № 2. – С. 37-43.
5. Михеева, Е. И. Ландшафтная архитектура : учебник / Е. И. Михеева. – Ростов-на-Дону : Феникс, 2016. (дата обращения 15.05.2025).
6. Яковleva, Г. П. Ботаника : учебник для вузов / Г. П. Яковleva, В. А. Челомбитько. – 7-е изд., стер. – Санкт-Петербург : Лань, 2018. (дата обращения 15.05.2025).
7. Горышина, Т. К. Экология растений : учеб. пособие / Т. К. Горышина. – Москва : Высшая школа, 1979. (дата обращения 15.05.2025).
8. Коврига А.В. Новые градоэкологические и средопреобразовательные стратегии Лондона (2018 г.) // Оригинальные исследования. 2019, Т. 9, № 4. – С. 105-134.
9. Дроздов, А. В. Зеленое строительство : учебное пособие / А. В. Дроздов, В. С. Мельник. - Москва : КноРус, 2019. (дата обращения 15.05.2025)
10. Петрова, Е. П. Оценка эффективности зеленых насаждений в снижении уровня загрязнения атмосферного воздуха в городах / Е. П. Петрова, С. И. Сидоров // Экология и промышленность России. – 2019. – № 10. (дата обращения 15.05.2025).

## References

1. Teodoronsky, V. S. Landscape gardening and management: a textbook for universities / V. S. Teodoronsky. - Moscow: Academy, 2017. (date of access 15.05.2025).
2. Bogovaya, I. O. Greening of populated areas: a textbook for universities / I. O. Bogovaya, V. S. Teodoronsky. - Moscow: Academy, 2010. (date of access 15.05.2025).
3. Makarenko V.P., Fetisov D.M., Zhuchkov D.V. Study of vegetation cover of small and medium-sized cities in Russia: current state // Regional problems. 2022, Vol. 25, No. 1. – P. 3-15.
4. Kalinin A.Yu., Rubtsova T.A. The role of the dendrological park in preserving the natural heritage of the city of Birobidzhan // Regional problems. 2023., Vol. 26, No. 2. - P. 37-43.
5. Mikheeva, E. I. Landscape architecture: textbook / E. I. Mikheeva. - Rostov-on-Don: Phoenix, 2016. (date of access 15.05.2025).
6. Yakovleva, G. P. Botany: textbook for universities / G. P. Yakovleva, V. A. Chelombitko. – 7th ed., erased. – St. Petersburg: Lan, 2018. (date of access 15.05.2025).
7. Goryshina, T. K. Plant ecology: a textbook / T. K. Goryshina. – Moscow: Higher School, 2014. (date of access 15.05.2025).
8. Kovriga A.V. New urban-ecological and environmental transformation strategies of London (2018) // Original research. 2019, Vol. 9, No. 4. – P. 105-134.
9. Drozdov, A. V. Green construction: a tutorial / A. V. Drozdov, V. S. Melnik. - Moscow: KnoRus, 2019. (date of access 15.05.2025).
10. Petrova, E. P. Assessment of the effectiveness of green spaces in reducing the level of air pollution in cities / E. P. Petrova, S. I. Sidorov // Ecology and Industry of Russia. - 2019. - No. 10. (date of access 15.05.2025).

DOI: 10.58168/TBiEc2025\_174-181

УДК 332.133.22

**ИННОВАЦИОННЫЕ ФОРМЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ПОСЛЕУБОРОЧНЫХ  
ОСТАТКОВ КАК ФАКТОР РАЗВИТИЯ СЕЛЬСКИХ ТЕРРИТОРИЙ  
КРАСНОДАРСКОГО КРАЯ**

INNOVATIVE FORMS OF USING POST-HARVEST RESIDUES AS A FACTOR IN THE  
DEVELOPMENT OF RURAL AREAS OF THE KRASNODAR TERRITORY

**Кухаренко А.А.**, аспирант ФГБОУ ВО «Кубанский государственный аграрный университет имени И. Т. Трубилина», Краснодар, Россия. **Kukharenko A.A.**, postgraduate student of I. T. Trublin Kuban State Agrarian University, Krasnodar, Russia.

**Гайдук В.И.**, д.э.н., профессор ФГБОУ ВО «Кубанский государственный аграрный университет имени И. Т. Трубилина», Краснодар, Россия. **Gaiduk V.I.**, doctor of Economics, Professor, I. T. Trublin Kuban State Agrarian University, Krasnodar, Russia

**Аннотация:** авторами на примере сельскохозяйственных предприятий Краснодарского края проведен анализ использования послеуборочных остатков в сельском хозяйстве. Установлено, что переработанные послеуборочные остатки имеют большое количество питательных веществ и могут использоваться в качестве удобрений, что отражается на плодородие почвы, урожайности и качестве выращивания сельскохозяйственных культур. Таким образом, потенциал послеуборочных остатков может служить источником возобновляемых ресурсов и благоприятно влиять на устойчивость сельскохозяйственных систем.

**Abstract:** the authors analyzed the use of post-harvest residues in agriculture using the example of agricultural enterprises in the Krasnodar Territory. It has been established that the processed post-harvest residues have a large amount of nutrients and can be used as fertilizers, which affects soil fertility, yield and quality of crop cultivation. Thus, the potential of post-harvest residues can serve as a source of renewable resources and favorably affect the sustainability of agricultural systems.

**Ключевые слова:** агропромышленный комплекс, сельское хозяйство, сельские районы, государственная поддержка, урбанизация.

**Keywords:** agro-industrial complex, agriculture, rural areas, government support, urbanization.

### **Введение.**

Сельскохозяйственная земля является основным средством производства в сельской местности. В настоящее время ставится задача по сохранению и увеличению плодородия

почвы, что будет способствовать получению максимальных урожаев, а также развитию сельских населенных пунктов. [1]

Основными принципами сохранения плодородия почвы является соблюдение севооборота, использование высокопродуктивных семян, внесение органических и минеральных удобрений.

Исходя из представленной таблицы видно, что аграрии Российской Федерации, и в частности, Краснодарского края, вносят меньший объем органических и минеральных удобрений по сравнению с производителями сельскохозяйственной продукции из других стран [2].

Таблица 1 - Сравнение использования органических и минеральных удобрений в зарубежных странах, Российской Федерации и в Краснодарском крае в 2022 году

Страна, край	Внесение органических удобрений		Внесение питательных веществ, д.в. кг/га			NPK в органических удобрениях от общего внесения, %
	млн.т	на 1 га пашни, т	с органическими удобрениями	с минеральными удобрениями	Всего	
Венгрия*	37	7,7	92	262	354	24
Англия*	175	26	312	319	631	49
Франция*	376	22,8	274	306	580	47
Дания*	45	17,3	208	257	465	48
Россия, среднее за 4 года	49	0,9	11	42	53	20
Краснодарский край (2022 г.)	3,8	1,6	42	110	152	28

### Основная часть.

В настоящее время послеуборочные остатки не дают качественно сеять семена, особенно мелкосемянных культур. Большое количество послеуборочных остатков на поле приводит к забиванию сеялок, в результате чего получаются «рваные всходы» [3].

Вместе с тем, сухие стебли злаковых и бобовых зерновых культур, остающиеся после обмолота, имеют питательную ценность (рисунок 1-2).

При этом, процесс полного разложения соломы пшеницы или остатков подсолнечника составляет 3-5 лет [8].

Кроме того, при неравномерном распределении соломы на поле образуются «соломенные маты», которые долго разлагаются, что вызывает депрессивное действие на культуру из-за образования токсических соединений – фенолов, в результате чего замедляется развитие корней, нарушаются обмен веществ, появляются признаки хлороза.

Кроме того, растительные остатки – это основной субстрат развития патогенной микрофлоры (септориоза, фузариоза, альтернаиоза) [4].



Рисунок 1 – Питательная ценность 1 тонны соломы пшеницы

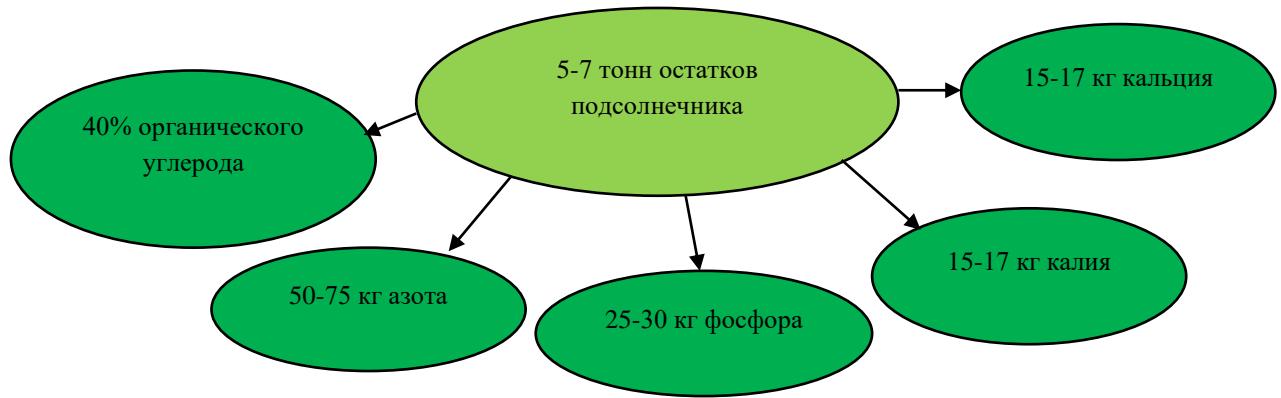


Рисунок 2 – Питательная ценность 5-7 тонн остатков подсолнечника

Имеются несколько вариантов переработки соломы и растительных остатков.

1. Сжигание. Указанный тип переработки соломы и растительных остатков имеет свои достоинства и недостатки (таблица 2).

2. Сбор и свалкивание соломы на край поля. Данный способ является наиболее трудоемким, по итогам сбора соломы она используется для собственных нужд хозяйства.

3. Заделка в почву. Указанный тип переработки соломы и растительных остатков имеет свои достоинства и недостатки (таблица 3) [5].

Использование соломы и растительных остатков в качестве органического удобрения имеет и экологический эффект, так вышеуказанные послеуборочные остатки являются экологически безопасным способом улучшения почвы, поскольку не требует использования химических удобрений [9].

Таблица 2 – Достоинства и недостатки сжигания соломы и растительных остатков

Достоинства	Недостатки
1. Самые быстрый и малозатратный	1. Поскольку температура горения стерни на поверхности почвы достигает 300 °С, а на глубине до 5 см – 50 °С, то выгорает гумус
2. Борьба с вредителями, особенно с фузариозом	2. Теряется большое количество углерода – с 1 га 2500 – 2900 кг и 30-40 кг азота. Данные вещества являются основным источником энергии для почвенной микробиоты 3. Погибают черви, беспозвоночные животные и микроорганизмы, живущие в верхних слоях почвы 4. Большое количество насекомых вредителей прячутся глубоко в почву, в результате чего численность злаковых тлей весной может возврати
	5. Снижаются запасы воды в слое до 10 см. Ухудшаются водно-физические свойства почвы, что приводит к потере урожая

Таблица 3 – Достоинства и недостатки заделки в почву соломы и растительных остатков

Достоинства	Недостатки
1. Использование соломы в качестве удобрения в 10-12 раз дешевле применения эквивалентного количества NPK	1. Кратковременное снижение урожайности культуры в первые годы после запашки соломы
2. В соломе содержится большое количество углерода – основного источника образования гумуса	
3. Улучшение структуры почвы: солома и растительные остатки при разложении обогащают почву органическим веществом, что способствует улучшению её структуры, повышению влагоёмкости и воздухопроницаемости.	2. Риск заноса семян сорняков: солома и растительные остатки могут содержать семена сорняков, которые при заделке в почву могут прорости и стать проблемой для сельскохозяйственных культур.
4. Повышение плодородия: разлагаясь, растительные остатки выделяют питательные вещества, которые могут быть использованы растениями. Это способствует повышению плодородия почвы и улучшению роста растений.	

Кроме того, использование правильной технологии использования послеуборочных остатков приведет к снижению эрозии почвы: так солома, заделанная в почву, помогает предотвратить эрозию, вызванную ветром и водой, так как она создаёт защитный слой на

поверхности земельного участка. Также заделка соломы и растительных остатков может помочь уменьшить количество сорняков, так как они создают конкуренцию для прорастания семян сорняков и могут служить мульчей, подавляя их рост [6].

С учетом развития механизмов циркулярной экономики и биологизированной технологии выращивания зерновых культур предлагается биологический метод переработки соломы и растительных остатков [7].

Применение биопрепаратов-деструкторов наиболее целесообразно при заделке большой массы послеуборочных остатков в севооборотах, насыщенных зерновыми культурами, т.к. именно в этих случаях необходимо обеспечить условия для наиболее полной и быстрой трансформации, вносимой в почву фитомассы, для предотвращения ее негативного влияния и усиления положительного действия как удобрения. Входящий в состав препаратов, широкий комплекс микроорганизмов и биологически активных веществ различного природного происхождения способствует протеканию следующих процессов:

1. Ускорению процессов разложения и минерализации пожнивных остатков;
2. Препарат обеспечивает возвращение в почву питательных веществ (азота, фосфора, калия, серы и ряда микроэлементов), локализованных в пожнивных остатках;
3. Борется с бактериальными, грибными и смешанными бактериально-грибными инфекциями в почве;
4. Запускает процесс разуплотнения (биологического рыхления) почвы;
5. Задерживает необходимую влагу в почвенных слоях [2].

В целях проверки обоснованности применения биологический метод переработки соломы и растительных остатков заложен полевой опыт.

1. Деструктор стерни вносился в дозировке 10 л/га методом опрыскивания;
2. Белая льняная ткань 20x5см взвешивалась и прикреплялась к полиэтиленовой пленке;
3. После посадки картофеля в гребных сделаны прикопки и туда поместили ткань;
4. Даты выемки полотен соответствовали фазам – всходы, бутонизация, цветение, начало уборки;
5. После выемки, отмывания и просушивания полотна взвешивались [10].

#### **Результаты исследований:**

Препарат повысил интенсивность микробиологических процессов в слое почвы 0-15 см не смотря на засуху. В начале вегетации интенсивность почвенной биоты находилась практически на одном уровне от 37,5% в контроле и 38,3% на обработанном участке (таблица 4).

#### **Вывод.**

Указанный метод позволяет достичь следующие целевые показатели:

1. Ускорить процессы минерализации и гумификации соломы в почве;
2. Снизить проявления фитотоксичности соломы;
3. Увеличить микробную массу в почве;

4. Уменьшить патогенную нагрузку;
5. Увеличить урожайность сельскохозяйственных культур.

Таблица 4 – Результаты испытаний деструктора стерни, интенсивность почвенной биоты, в %

Вариант	Фаза развития картофеля			
	всходы	бутонизация	цветение	Начало уборки
Контроль – базовая технология, в %	37,5	41,4	53,4	57,0
Технология с применением биопрепарата, в %	38,3	44,3	56,9	59,3

### Список литературы

1. Андреева, Е. А. Проблемы внедрения проектов развития сельского хозяйства и пути их разрешения / Е. А. Андреева, А. А. Кухаренко // Управление проектами развития сельских территорий : материалы V национальной научно-практической конференции, Краснодар, 11 апреля 2024 года. – Краснодар: ФГБУ "Российское энергетическое агентство" Минэнерго России Краснодарский ЦНТИ- филиал ФГБУ "РЭА" Минэнерго России, 2024. – С. 34-37. – EDN BZZIXF.
2. Деструктор-стерни. – URL: <https://bio-craft.ru/bioudobreniya/destruktor-sterni/>. Дата обращения 18.05.2025.
3. Кухаренко, А. А. Государственно-частное партнерство как фактор развития сельских территорий / А. А. Кухаренко, В. И. Гайдук // Современные векторы развития науки : Сборник статей по материалам ежегодной научно-практической конференции преподавателей по итогам НИР за 2023 год, Краснодар, 06 февраля 2024 года. – Краснодар: Кубанский государственный аграрный университет им. И.Т. Трубилина, 2024. – С. 660-661. – EDN QIAWTQ.
4. Gaiduk V. I. Substantiation of priority areas to ensure food security in the Russian Federation: a system-cognitive analysis / V. I. Gaiduk, A. V. Kondrashova, M. G. Paremuzaova, V. D. Sekerin, D. A. Singilevich // Bioscience Biotechnology Research Communications. – 2021. – T. 14. – № 4. – C. 1806–1812.
5. Impact of government support measures on increasing the digitalization of the agro-industrial complex / V. Gayduk, A. Khaliapin, A. Kukharenko [et al.] // Revista Ju-ridica. – 2023. – Vol. 4, No. 76. – P. 99-112. – EDN EPGUYS.
6. Sekerin V. D. Development of innovative intrapreneurship in the conditions of the digital economy / V. D. Sekerin, A. E. Gorokhova, S. V. Bank, V. I. Gaiduk, E.V. Skubriy // EurAsian Journal of BioSciences. – 2020. – T. 14. – № 2. – C. 7033–7041.

7. Trubilin A. I. Management of integration formations in the AIC as food security tool Amazonia Investiga. / A. I. Trubilin, V. I. Gayduk, A. V. Kondrashova, M. G. Paremuzova, A. E. Gorokhova. – 2020. – Vol. 9 Núm. 25: 116–125/ enero 2020.
8. Trubilin, A.I. Infrastructure of the regional agrifood market: peculiarities of functioning and methods of improvement /A.I. Trubilin, E.N. Belkina, S.A. Kalitko, A.E. Gorokhova // Espacios. – ISSN 0798 1015 –Volume 38, Issue 33, 2017.
9. Strategic planning in organizations of private retail food trade / Gai-duk V.I., Takaho E.E., Strelnikov V.V., Kovalchuk M.D., Gorokhova A.E. EurA-sian Journal of BioSciences. – 2020. – T. 14. – № 2. – C. 6997-7003.
10. Sharapova V.M. Agri-food market of Russia in the food security system / V.M. Sharapova, N.V. Sharapova // Espacios. – 2021. – T. 42. – № 8. – C. 140-147.

## References

1. Andreeva, E. A. Problems of implementing agricultural development projects and ways to resolve them / E. A. Andreeva, A. A. Kukharenko // Rural development project management : materials in the national Scientific and Practical conference, Krasnodar, April 11, 2024. Krasnodar: Federal State Budgetary Institution "Russian Energy Agency" of the Ministry of Energy of the Russian Federation Krasnodar Central Research Institute - branch of the Federal State Budgetary Institution "REA" of the Ministry of Energy of the Russian Federation, 2024. – pp. 34-37. – EDN BZZIKSF.
2. The destructor is stubble. – URL: <https://bio-craft.ru/bioudobreniya/destruktur-sterni/>. Date of request: 05/18/2025.
3. Kukharenko, A. A. Public-private partnership as a factor in rural development / A. A. Kukharenko, V. I. Gaiduk // Modern vectors of science development : A collection of articles based on the materials of the annual scientific and practical conference of teachers on the results of research for 2023, Krasnodar, February 06, 2024. Krasnodar: I.T. Trubilin Kuban State Agrarian University, 2024. pp. 660-661. EDN QIAWTQ.
4. Gaiduk V. I. Substantiation of priority areas to ensure food security in the Russian Federation: a system-cognitive analysis / V. I. Gaiduk, A. V. Kondrashova, M. G. Paremuzova, V. D. Sekerin, D. A. Singilevich // Bioscience Biotechnology Research Communications. – 2021. – T. 14. – № 4. – C. 1806–1812.
5. Impact of government support measures on increasing the digitalization of the agro-industrial complex / V. Gayduk, A. Khaliapin, A. Kukharenko [et al.] // Revista Ju-ridica. – 2023. – Vol. 4, No. 76. – P. 99-112. – EDN EPGUYS.
6. Sekerin V. D. Development of innovative intrapreneurship in the conditions of the digital economy / V. D. Sekerin, A. E. Gorokhova, S. V. Bank, V. I. Gaiduk, E.V. Skubriy // EurAsian Journal of BioSciences. – 2020. – T. 14. – № 2. – C. 7033–7041.

7. Trubilin A. I. Management of integration formations in the AIC as food security tool Amazonia Investiga. / A. I. Trubilin, V. I. Gayduk, A. V. Kondrasho-va, M. G. Paremuzova, A. E. Gorokhova. – 2020. – Vol. 9 Núm. 25: 116–125/ enero 2020.
8. Trubilin, A.I. Infrastructure of the regional agrifood market: peculiarities of functioning and methods of improvement /A.I. Trubilin, E.N. Belkina, S.A. Kalitko, A.E. Gorokhova// Espacios. – ISSN 0798 1015 –Volume 38, Issue 33, 2017.
9. Strategic planning in organizations of private retail food trade / Gai-duk V.I., Takaho E.E., Strelnikov V.V., Kovalchuk M.D., Gorokhova A.E. EurA-sian Journal of BioSciences. – 2020. – T. 14. – № 2. – C. 6997-7003.
10. Sharapova V.M. Agri-food market of Russia in the food security system / V.M. Sharapova, N.V. Sharapova // Espacios. – 2021. – T. 42. – № 8. – C. 140-147.

DOI: 10.58168/TBiEc2025\_182-188

УДК 674

## СОЗДАНИЕ ИНТЕРЬЕРНЫХ ФИТОПЛИТ ИЗ ОТХОДОВ ДЕРЕВООБРАБОТКИ

### CREATION OF INTERIOR PHYTOPLITHS FROM WOODWORKING WASTE

**Лавлинская О.В.**, кандидат технических наук Lavlinskaya O.V., candidate of Technical sciences, доцент ФГБОУ ВО «Воронежский Sciences, Associate Professor FGBOU VO государственный лесотехнический «Voronezh State University of Forestry and университет им. Г.Ф. Морозова», Воронеж, Technologies named after G.F. Morozov», Россия. Voronezh, Russia.

**Жиляева С.В.**, студент ФГБОУ ВО Zhilyaeva S.V., student FGBOU VO «Voronezh «Воронежский государственный State University of Forestry and Technologies лесотехнический университет им. Г.Ф. named after G.F. Morozov», Voronezh, Russia. Морозова», Воронеж, Россия.

**Шахова В.Д.**, студент ФГБОУ ВО Shahova V.D., student FGBOU VO « Voronezh «Воронежский государственный State University of Forestry and Technologies лесотехнический университет им. Г.Ф. named after G.F. Morozov», Voronezh, Russia. Морозова», Воронеж, Россия.

**Аннотация:** в данной статье исследуется актуальность экодизайна в деревообрабатывающей промышленности, с акцентом на экополотна компании Вудсток. Цель работы заключается в описании концепции создания фитоплиты - древесностружечной плиты, интегрирующей декоративные органические элементы. В статье рассматриваются принципы экодизайна, роль органических компонентов в производственном процессе, а также этапы разработки плит и результаты эксперимента по созданию пробного образца. Работа направлена на привлечение внимания к инновационным подходам в деревообработке и их влиянию на экологическую ситуацию.

**Abstract:** this article explores the relevance of eco-design in the woodworking industry, with an emphasis on Woodstock's eco-value. The purpose of the work is to describe the concept of creating a phytoplay, a particle board that integrates decorative organic elements. The article discusses the principles of ecodesign, the role of organic components in the production process, as well as the stages of plate development and the results of an experiment to create a trial sample. The work is aimed at drawing attention to innovative approaches in woodworking and their impact on the environmental situation.

**Ключевые слова:** экодизайн, древесные плиты, экологичные материалы, декоративные органические элементы

**Keywords:** eco-design, wood slabs, eco-friendly materials, decorative organic elements

Экодизайн — это концепция, которая объединяет принципы устойчивого развития эстетики, направленная на создание интерьеров и продуктов с минимальным вредным воздействием на окружающую среду [1].

Основные принципы экодизайна включают использование натуральных и экологически чистых, возобновляемых материалов. Важно отметить, он охватывает все этапы жизненного цикла изделия: от добычи и производства до эксплуатации и утилизации. Основная идея заключается в том, чтобы использовать материалы и технологии, которые не вредят экосистемам и здоровью человека, а также способствуют экономии ресурсов, снижению энергозатрат и сокращению отходов.

Это может осуществляться через оптимизацию производственных процессов, повторное использование и переработку материалов, а также создание продукции с длительным сроком службы.

Принципы экодизайна позволяют не только уменьшить экологическую нагрузку на природу, но и повышают осведомленность потребителей о важности устойчивого потребления. Деревообрабатывающая промышленность, в частности, имеет большой потенциал для реализации экодизайнерских практик.

В этом контексте экополотна от компании Вудсток являются ярким примером успешной интеграции экодизайнерских практик в производственный процесс. Эти изделия не только воплощают в себе принципы использования натуральных и органических материалов, но и демонстрируют, как инновационные подходы могут привести к созданию экологичного продукта. В следующей части статьи мы подробнее рассмотрим экополотна компании Вудсток.

Экополотно Organoid — это материал, который изготавливают из экологически чистого природного сырья: сена, горных и полевых цветов, лепестков, листьев растений, выращенных в природных заповедниках. Компоненты наносятся на различные несущие основы (ламинат высокого давления HPL, самоклеящиеся пленки, флис, текстиль и т. д.). В процессе эксплуатации они сохраняют большую часть своих естественных свойств, таких как аромат, ощущение, оптика, и позволяют получить мультисенсорный опыт.

В связи с тем, что Organoid производится из натуральных ингредиентов, на поверхности могут быть некоторые цветовые вариации. Ниже представлены некоторые образцы каталога экополотен Вудсток [2].

В основном поверхности производятся на HPL, которые придерживаются EN 438 стандарта качества в номинальном размере 3050 x 320 мм. Другие подкладки как Flax (льняные), Self-adhesive (самоклеящиеся), Translucent self-adhesive (прозрачные самоклеящиеся), Flexi (гибкая бумага) или PURE (без прокладки) также доступны.

В зависимости от применяемого материала толщина подложки и покрытия варьируется. Например, подложка HPL имеет толщину 0,8 — 1,1 мм; обои на льняной подложке 0,6 — 0,7 мм, самоклеящиеся пленки 1,1 — 1-3 мм; напольная панель 11 мм [3].

Преимущественно данные поверхности используются для оформления интерьера. Основные области их применения включают в себя:

Зерно: поверхность сделана из полбы - продукт переработки вдавливается в натуральную поверхность - на ламинат (HPL)

Альпийская роза - полотно из лепестков альпийских роз на льняной основе.

ЭкоПолотно Шерсть Горного Барана

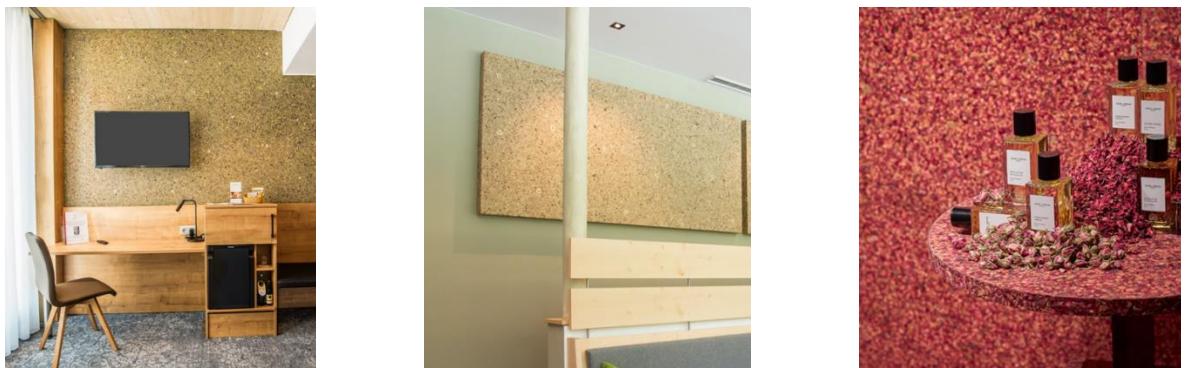
ЭкоПолотно Кофе: Веганская кожа, изготовленная из кофейного порошка



Рисунок 1 – ЭкоПолотна разной цветовой гаммы

Облицовку и отделку стен внутри помещений: для украшения стенных поверхностей (рис.1).

1. Для создания декоративных элементов и композиций (рис.2).
2. Производство мебели:
  - для изготовления интерьерных элементов
  - для декоративных панелей и мебельных деталей (рис.3).
3. Обустройство комфортных и привлекательных интерьеров в различных типах частных и коммерческих пространств.



а - стеновая поверхность; б - декоративный элемент; в - мебельная деталь

Рисунок 2 - ЭкоПолотна Organoid в интерьере и мебели

Под вдохновением инноваций компании Вудсток в области экополотен Organoid была поднята идея создания фитоплиты, использующей отходы деревообрабатывающего производства, такие как стружка и опилки полученных при обработке разных пород древесины. В процессе изготовления планировалось плиту декорировать сухоцветами, что придаст ей уникальный эстетический вид и подчеркнет экологическую направленность продукта.

В отличие от пленок, производимых компанией Вудсток, наша идея заключается в создании готовой древесностружечной плиты с впрессованными в её наружный слой сухоцветами, высшенными цветами, листьями, мхом и прочими органическими компонентами.

Для начала была проведена подготовка декоративного материала, который включал три метода сушки:

1. Сушка под прессом в книгах — этот метод позволяет получить тонкие и плоские образцы.
2. Сушка с использованием утюга — ускоренный метод, однако он негативно сказался на декоративных свойствах, что сделало его менее предпочтительным.
3. Свободное засушивание — этот метод оказался наиболее эффективным для сохранения объема и текстуры растений. Образцы, засушенные таким образом, пригодны для наших целей только в том случае, когда деформация под давлением в процессе запрессовки не влияет губительно на их внешний вид

В качестве основных материалов для изготовления древесностружечной плиты нами использовалась стружка - отход деревообрабатывающего цеха и клей на основе карбамидоформальдегидной смолы. Расход клея зависел от размеров древесных частиц. Смешивание клея со стружкой осуществляли в смесителе барабанного типа, что обеспечило равномерное его распределение по поверхности древесных частиц. Продолжительность смешивания компонентов составила 4 минуты. В результате мы получили рассыпчатую древесно-клеевую массу, пригодную для равномерного ее распределения в специальной формовочной рамке, обеспечивая одинаковую насыпную плотность по всей площади.

Формирование плиты осуществляли на металлическом поддоне, без использования дополнительных смазывающих составов.



Рисунок 3 – Сформированный ковер  
после «холодной» подпрессовки



Рисунок 4 – Плита после горячего  
прессования

В процессе формирования ковра ДСП мы протестировали два варианта укладки декоративного слоя. Первый способ заключался в укладке цветов и листьев на металлический поддон по площади формовочной рамки перед формированием ковра. То есть стружечно-клееальная масса рассыпалась уже на декоративный слой. Второй способ состоял в формировании сначала стружечно-клееевого ковра в формовочной рамке и лишь потом выкладывании на его поверхность растительного декора. Для придания пакету транспортабельности, осуществлялась холодная подпрессовка будущей плиты. После этой операции с плиты аккуратно снимали формовочную рамку, накрывали вторым металлическим поддоном и осуществляли ее дальнейшее прессование в горячем лабораторном гидравлическом прессе. Для того чтобы получить плиту заданной толщины, в данном случае 16 мм, мы по периметру плиты раскладывали планки-ограничители из закаленной стали (16 мм).

Режимы прессования плиты мы выбрали более «мягкие», чем традиционно используемые на предприятиях (температура 130<sup>0</sup>С, время выдержки 7 минут, давление 2,2 МПа), чтобы избежать изменения окраски растительного и цветочного декора и его подгорания. После постепенного снятия давления и выгрузки из горячего пресса плита охлаждалась до комнатной температуры.

При оценке качества поверхностей при разных вариантах формирования декорированной плиты оказалось, что первый способ оказался менее эффективным, так как мелкая стружка просыпалась на лицевую поверхность плиты и декоративные элементы, что в целом ухудшало ее внешний вид. При втором способе формирования на поверхности плиты наблюдался отчетливый декоративный рисунок, так как после операции холодной подпрессовки, была возможность смахнуть кистью частицы древесины, попавшие на листья

и цветы. В результате нами был выбран второй способ укладки, который продемонстрировал лучшую декоративность поверхности плиты.



Рисунок 5 – Первый способ укладки  
декоративного слоя



Рисунок 6 – Второй способ укладки  
декоративного слоя

При изготовлении пробного образца фитоплиты в целях оценки выбора оптимальной температуры горячего прессования для декора поверхности, нами были использованы растения разной степени плотности: от нежных высушенных цветов петунии до плотных листьев фикуса. Согласно результатам опыта температура была подходящей – даже самые тонкие экземпляры растений не подгорели в процессе горячего прессования.



Рисунок 7 – Фитоплита

Таким образом, в результате проведенных экспериментальных запрессовок нами была получена фитоплита размерами толщиной 16 мм с достаточно отчетливым растительным рисунком на поверхности. Готовая плита была обрезана по формату до размера 370 x 370 мм и может быть рекомендована к использованию в качестве декоративной панели в дизайне интерьера. Возможна дальнейшая отделка плиты с созданием прозрачного защитно-декоративного покрытия, во избежание выцветания декоративного слоя.

## Список литературы

1. KEDU.ru. – URL: <https://kedu.ru/press-center/articles/info-dizayn-interera-v-ekostile/>.
2. WOODSTOCK. Эксперт по дереву. – URL: <https://www.woodstock.su/helpful/ekopolotno-organoid-opisanie-i-rekomendatsii/>.
3. Экополотно ORGANOID - описание и рекомендации. – URL: <https://www.woodstock.su/helpful/ekopolotno-organoid-opisanie-i-rekomendatsii/>.

## References

1. KEDU.ru. – URL: <https://kedu.ru/press-center/articles/info-dizayn-interera-v-ekostile/>
2. WOODSTOCK. Wood expert. – URL: <https://www.woodstock.su/helpful/ekopolotno-organoid-opisanie-i-rekomendatsii/>.
3. ORGANOID eco-fabric - description and recommendations. – URL: <https://www.woodstock.su/helpful/ekopolotno-organoid-opisanie-i-rekomendatsii/>.

DOI: 10.58168/TBiEc2025\_189-193

УДК 674

**БЕРЕСТА В ДИЗАЙНЕ МЕБЕЛИ И В ИНТЕРЬЕРЕ**  
**BIRCH BARK IN FURNITURE AND INTERIOR DESIGN**

**Лавлинская О.В.**, кандидат технических **Lavlinskaya O.V.**, candidate of Technical наук, доцент ФГБОУ ВО «Воронежский Sciences, Associate Professor FGBOU VO государственный лесотехнический «Voronezh State University of Forestry and университет им. Г.Ф. Морозова», Воронеж, Technologies named after G.F. Morozov», Россия. Voronezh, Russia.

**Лавлинская А.М.**, студент ФГБОУ ВО **Lavlinskaya A.M.**, student of the Voronezh State «Воронежский государственный Forestry University named after G.F. Morozova», лесотехнический университет имени Г.Ф. Voronezh, Russia. Морозова», Воронеж, Россия.

**Кеян Э.Г.**, студент ФГБОУ ВО **Keyan E.G.**, student FGBOU VO « Voronezh «Воронежский государственный State University of Forestry and Technologies лесотехнический университет им. Г.Ф. named after G.F. Morozov», Voronezh, Russia. Морозова», Воронеж, Россия.

**Аннотация:** современные тренды мебельного дизайна и интерьера часто меняются, что зачастую связано с внедрением инновационных материалов и технологий производства. Одним из таких материалов является береста. Береза и, в частности, береста, издревле считалась декоративным и строительным материалом. С развитием промышленности древесина березы стала использоваться в производстве фанеры, древесных плит, мебели. Но береста стала исчезать из нашей повседневной жизни как декоративный поделочный материал. В настоящее время ее использование снова стало возрождаться. В последние годы мода на березовую кору в интерьере распространилась в Европе, а совсем недавно пришла и в Россию. Причем не сама по себе, а как следствие нарастающей популярности легких, экологичных скандинавских интерьеров. Чем меньше природы за окном, тем больше хочется нам видеть ее в интерьере [1].

**Abstract:** modern trends in furniture design and interior design are often changing, which is often associated with the introduction of innovative materials and production technologies. One of these materials is birch bark. Birch, and in particular birch bark, has been considered a decorative and building material since ancient times. With the development of industry, birch wood began to be used in the production of plywood, wood slabs, and furniture. But birch bark began to disappear from our daily lives as a decorative decorative material. Currently, its use has begun to revive again. In recent years, the fashion for birch bark in the interior has spread in Europe, and more recently came to Russia. And not by itself, but as a result of the growing popularity of light, eco-friendly Scandinavian interiors. The less nature there is outside the window, the more we want to see it in the interior [1].

**Ключевые слова:** береста, дизайн интерьера, мебель, фасады, панели, инновационный материал.

**Keywords:** birch bark, interior design, furniture, facades, panels, innovative material.

Экостиль в интерьере — это ощущение близости к природе и философия осознанного потребления, реализованная в жилом пространстве. При правильном подходе экостиль позволяет создать обстановку, в которой царит истинная гармония. Деревенский стиль интерьера имеет разные названия, в зависимости от страны и региона. В США, например, его называют кантри, в Англии — коттеджный стиль, во Франции-Прованс. В России его часто называют русский стиль или стиль дома. В декоре используются натуральные материалы, а также фигурируют природные мотивы.

Одним из таких материалов является бересовая кора, которая позволяет создавать и это открывает огромные возможности для дизайна интерьера и производства мебели. В этой статье мы рассмотрим уникальный инновационный материал для создания.



Рисунок 1 – Отделка стены панелями из бересты

Современные технологии позволяют делать из бересты красивые панели для внутренней отделки стен помещений. Монтаж берестяных панелей технологично прост. Они легко и быстро собираются даже на не слишком ровных поверхностях; кстати, старые обои можно не снимать. Он подойдет для оформления стен внутри помещений, мебельных фасадов и т.п.

Основой для берестяных панелей служит влагостойкая разновидность картона или фанера. Берестяной слой наносится на лицевую поверхность при помощи экологически

безопасного клеевого состава. Береста позволяет повысить стойкость плитного материала к влаге по сравнению с древесностружечными плитами.

Такая отделка не просто красива. У панелей множество преимуществ:

- материал долговечен — заявленный срок службы панелей составляет не менее 25 лет;
- панели обладают звукоизолирующими и теплоизоляционными свойствами;
- береста не впитывает влагу, что дает возможность применять отделку для комнат с повышенной влажностью — кухонь, санузлов
- кора обладает бактерицидными свойствами, благоприятно влияет на атмосферу в доме.

Березовые стволы создают интересную игру светотени на белых стенах и бетонном полу - природный материал с естественным рисунком положительно воздействует на психику, помогает создать в комнате спокойную, умиротворяющую обстановку.

Панели обычно покрывают латексом, поэтому поверхность защищена от осипания верхнего слоя. С евро панелью очень удобно работать. Простота в монтаже, устанавливается на любую поверхность. Уход за такой отделкой несложен: чтобы очистить поверхность, достаточно пройтись по ней влажной тканью.

При использовании натуральных берестяных панелей в оформлении интерьера, кроме эстетического эффекта будет, достигнут и оздоровительный, так как естественная фактура, цвет и состав биологически активных веществ бересты, благоприятно воздействуют на самочувствие и помогают снять эмоциональное и зрительное напряжение от повседневной сути современной жизни.

Использование бересты для получения плитного материала позволит повысить степень комплексного использования древесного сырья. Плитный материал с использованием бересты может применяться как конструкционный, а также звуко- или теплоизоляционный материал в мебельной промышленности, производстве столярно-строительных изделий, при отделке помещений и прочее.



Рисунок 2 – Панели из бересты в интерьере



Рисунок 3 – Отделка арки панелями из бересты с подсветкой

Следует отметить, что берестяные панели имеют довольно высокую стоимость, поэтому лучше использовать их для облицовки отдельных участков. Например, установив несколько панелей над рабочим столом в кабинете, можно придать интерьеру изюминку и ощутить реальное приближение к природе.



Рисунок 4 – Шкаф с рамочными фасадами

В изделиях мебели береста нашла применение в изготовлении фасадов различного типа. Рамочные фасады приведены на рисунке 4.

И в заключении хотелось бы отметить, что использование бересты в интерьере и производстве мебели это перспективное направление, сочетающее экологичность, эстетическую привлекательность и инновационные технологии. Береста имеет очень разнообразный рисунок, созданный самой природой. Если внимательнее рассмотреть панели из бересты, то вы никогда не найдете две одинаковые.



Рисунок 5 – Береста в изделиях мебели

### **Список литературы**

1. Чесова П. Экологический тренд: береста в интерьере. – URL: <https://mydecor.ru/how-to/decor/beresta-v-interere/>.
2. Дизайн Тропик. – URL: <http://design-tropic.ru/catalog/folder-panel-iz-naturalnoj-beresty.html>: офиц. сайт.
3. Характеристики и особенности монтажа: офиц. сайт. – URL: <https://nastroike.com/stroitelnye-materialy/>.

### **References**

1. Chesova P. Ecological trend: birch bark in the interior. – URL: <https://mydecor.ru/how-to/decor/beresta-v-interere/>
2. Design Tropic. – URL: <http://design-tropic.ru/catalog/folder-panel-iz-naturalnoj-beresty.html>: official site.
3. Characteristics and installation features: official site. – URL: <https://nastroike.com/stroitelnye-materialy/>.

DOI: 10.58168/TBiEc2025\_194-199

УДК 630

## ВЛИЯНИЕ КЛИМАТИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ НА ПРОДОЛЖИТЕЛЬНОСТЬ АТМОСФЕРНОЙ СУШКИ

### INFLUENCE OF CLIMATIC CONDITIONS ON THE DURATION OF ATMOSPHERIC DRYING

**Лешуков М.А.**, магистр ФГБОУ ВО «Воронежский государственный лесотехнический университет имени Г.Ф. Морозова», Воронеж, Россия.

**Платонов А.Д.**, д.т.н., профессор, заведующий кафедрой ФГБОУ ВО «Воронежский государственный лесотехнический университет имени Г.Ф. Морозова», Воронеж, Россия.

**Снегирева С.Н.**, к.б.н., доцент, ФГБОУ ВО «Воронежский государственный лесотехнический университет имени Г.Ф. Морозова», Воронеж, Россия.

**Leshukov M.A.**, master FGBOU VO «Voronezh State University of Forestry and Technologies named after G.F. Morozov», Voronezh, Russia.

**Platonov A.D.**, doctor of Technical Sciences, Professor, Head of the Department FGBOU VO «Voronezh State University of Forestry and Technologies named after G. F. Morozov», Voronezh, Russia.

**Snegireva S.N.** candidate of Biological Sciences, Associate Professor FGBOU VO «Voronezh State University of Forestry and Technologies named after G.F. Morozov», Voronezh, Russia.

**Аннотация:** атмосферная сушка является наиболее дешевым и наиболее доступным способом обезвоживания древесины. Однако существенным ее недостатком является сложность управления процессом. В процессе сушки непрерывно изменяются температура окружающей среды и высушиваемого материала, а также скорость омывания древесины воздушным потоком. Выполненные исследования позволяют определить имеющиеся резервы интенсификации процесса атмосферной сушки пиломатериалов. Позволяют обосновать параметры проведения процесса сушки с учетом изменчивости температуры и влажности атмосферного воздуха как по высоте штабелей, так и с учетом их размещения на складе.

**Abstract:** atmospheric drying is the cheapest and most affordable method of dewatering wood. However, its significant disadvantage is the complexity of process management. During the drying process, the temperature of the surrounding medium and the dried material, as well as the rate at which the wood is washed by the air stream, continuously change. The performed studies make it possible to determine the available reserves for the intensification of the atmospheric drying of lumber. They allow us to justify the parameters of the drying process, taking into account the variability of temperature and humidity of atmospheric air both in height of stacks and taking into account their placement in the warehouse.

**Ключевые слова:** атмосферная сушка, штабель пиломатериалов, температура, влажность воздуха, влажность древесины, равновесная влажность

**Keywords:** atmospheric drying, lumber stack, temperature, air humidity, wood humidity, equilibrium humidity

Сушка древесины на открытых складах происходит за счет влагопоглощающей способности атмосферного воздуха. Интенсивность процесса сушки зависит от температуры, влажности и движения атмосферного воздуха. Состояние атмосферного воздуха зависит также от климатических, сезонных и погодных факторов, которые во много определяют и общую продолжительность процесса сушки. К недостаткам естественной сушки можно отнести её сезонность, длительность процесса и сложность управления им.

Эффективное проведение процесса сушки невозможно учета теплофизических параметров атмосферного воздуха в процессе естественной сушки древесины, определяемых микроклиматом на складе. Эффективность влагоотдачи древесины в процессе атмосферной сушки зависит от объемно-пространственного расположения пиломатериалов в штабеле. Большое влияние на продолжительность процесса сушки оказывает плотность расположения штабелей на складе, которые создают определенный микроклимат, температура и влажность атмосферного воздуха на складе в этом случае имеет параметры, отличные от параметров окружающей среды.

Экспериментальные исследования выполнены на пиломатериалах хвойных пород сечением 25×100 мм. Место расположения склада г. Краснодар. Период проведения экспериментальных исследований теплый период года. Скорость движения воздуха в штабеле определяли крыльчатыми анемометрами. Температуру и влажность атмосферного воздуха измеряли электронным термометром и психрометром. Начальная влажность пиломатериалов составляла 60 %, конечная влажность высушенных пиломатериалов составляла 18 %.

Пиломатериалы укладывали в штабель высотой 5,0 м. Подштабельное основание составляло 0,5 м. Штабели располагались на складе атмосферной сушки. Форма штабеля рядовой. Эксперименты проводили на штабелях, расположенных во внутренней (закрытой) части склада и на периферийной с наветренной стороны. Измерение параметров атмосферного воздуха производили в дневное время в 13.00 и в вечернее в 23.00.

Результаты измерения температуры и относительной влажности воздуха окружающей среды и в штабелях на складе атмосферной сушки представлены в табл. 1.

Результаты экспериментальных исследований показывают, что на складе атмосферной сушки пиломатериалов параметры воздуха изменяются существенно. Наибольшее понижение температуры в дневное время отмечено в средней части склада и составляет в среднем 4 градуса или 15 %, при незначительном понижении влажности воздуха. В вечернее время наблюдается обратная зависимость. В центральной и периферийной частях склада температура воздуха примерно в 2 раза выше по сравнению

окружающей средой. Данное отличие обусловлено тем, что в этот период большие массивы древесины отдают накопленное тепло в течение дня. В этот период происходит интенсивное испарение влаги из пиломатериалов, вследствие наличия положительного градиента температуры. Интенсивное испарение влаги приводит к увеличению влажности воздуха на складе в среднем в два раза. В целом можно отметить меньшую величину изменчивости температуры и относительной влажности воздуха на складе по сравнению с параметрами окружающей среды.

Таблица 1 – Температура и относительная влажность воздуха окружающей среды и в штабелях на складе атмосферной сушки

Место наблюдений	Максимум		Минимум		Среднесуточные изменения параметров атмосферного воздуха		Средняя	
	t	φ	t	φ	t	φ	t	φ
Открытое пространство	27,0	86	8,0	30	12,6	42	21,5	64
Открытый штабель	25,5	86	15,5	32	7,3	35	19,8	68
Закрытый штабель	23,0	81	16,9	62	5,2	13	19,5	75

В более плотном штабеле среднесуточные амплитуды колебаний температуры и влажности воздуха также меньше, чем в штабеле, менее плотном, соответственно на 2 градуса или 15 %. Таким образом, чем больше удельная масса штабеля, тем сильнее выражена в нем микроклиматическая среда.

Интенсивность испарения влаги из штабеля зависит от высоты расположения пиломатериалов над поверхностью земли. Это обусловлено различной скоростью агента сушки и как следствие различной температурой по высоте штабеля. Результаты измерения изменения средней максимальной температуры в штабеле в дневное время в теплый период года представлены на рис. 1.

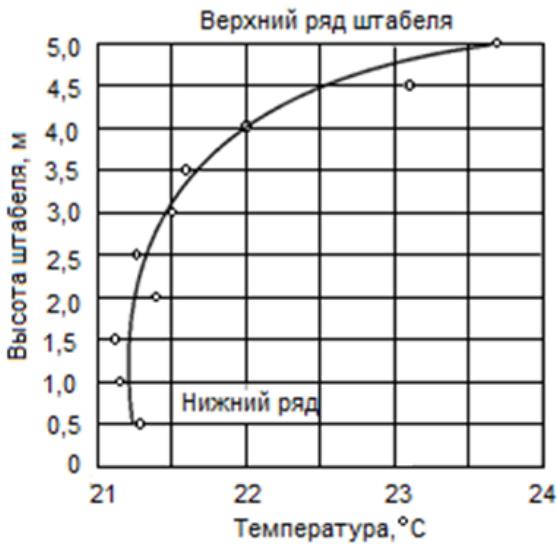


Рисунок 1 – Изменение средней максимальной температуры в штабеле в дневное время  
в теплый период года

Анализ результатов изменения температуры по высоте штабеля показывает, что до высоты штабеля 3,0 метра температура воздуха остается практически неизменной. На высоте от 3,0 до 5,0 м температура воздуха повышается более чем на 2,0 градуса. Повышение температуры происходит по причине более интенсивного движения воздуха, по сравнению с нижней частью штабеля. Более интенсивное перемещение воздушных масс оказывает влияние на удаление испаряемой влаги, и как следствие этого, сокращение общей продолжительности процесса сушки. Результаты определения продолжительности сушки пиломатериалов в верхней и нижней частях штабеля приведены на рис.2.

Продолжительность сушки пиломатериалов в нижней части штабеля на 3,5 суток больше по сравнению с пиломатериалами из верхней части штабеля. Уменьшить различие в продолжительности процесса сушки возможно за счет увеличения ширины шпаций в нижней части штабеля на высоте до 3,0 метров.

Параметры микроклимата оказывают влияние на процесс атмосферной сушки. На рис. 3 представлены результаты определения средней продолжительности процесса сушки пиломатериалов в штабелях, расположенных во внутренней части склада (закрытые) и периферийной (открытые).

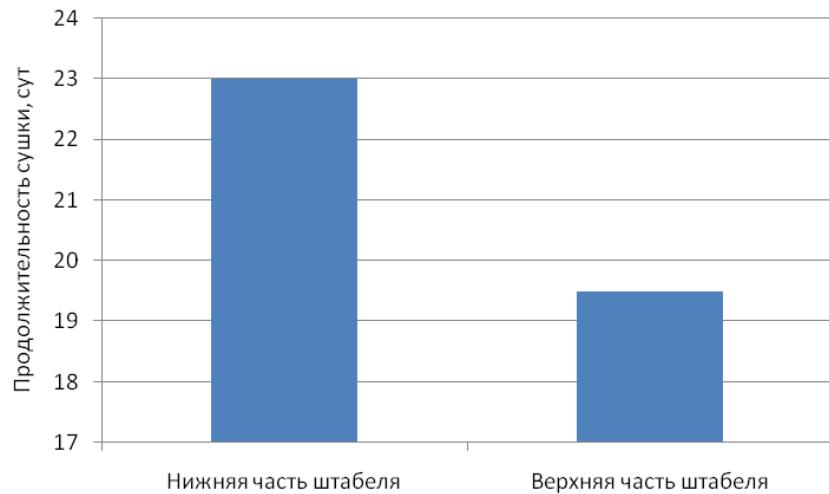


Рисунок 2 – Продолжительность атмосферной сушки пиломатериалов по высоте штабеля

Продолжительность сушки пиломатериалов из внутренней части склада составляет 28 суток, а в периферийной 23 суток. Различие в продолжительности сушки пиломатериалов составляет в среднем около 20 %. Данное различие достаточно существенно и на практике необходимо учитывать при расположении штабелей на складе по сравнению с господствующим направлением ветра, а также при обосновании площади склада и объема пиломатериалов, подлежащих атмосферной сушке. Выполненные исследования позволяют определить имеющиеся резервы интенсификации процесса атмосферной сушки пиломатериалов.

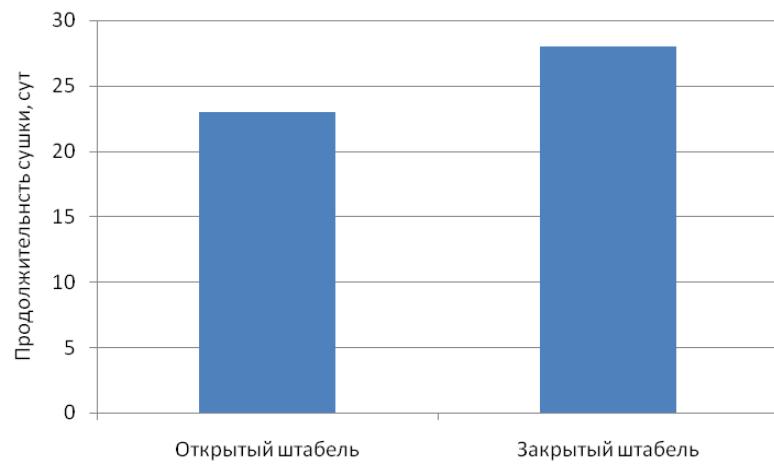


Рисунок 3 – Средняя продолжительность сушки пиломатериалов в штабелях, расположенных во внутренней части склада (закрытые) и периферийной (открытые)

**Список литературы**

1. Руководящие технические материалы по технологии камерной сушки древесины / ЦНИИМОД. – Архангельск, 2001. – 132 с.
2. Серговский, П. С. Расчет процессов высыхания и увлажнения древесины / П. С. Серговский. – М : Гослесбумиздат, 1952. – 75 с.

**References**

1. Guiding technical materials on the technology of chamber drying of wood / CNIIMOD. Arkhangelsk, - 2001. - 132 p.
2. Sergovsky, P. S. Calculation of the processes of drying and moistening wood / P. S. Sergovsky. – M.: Goslesbumizdat, - 1952. – 75 p.

DOI: 10.58168/TBiEc2025\_200-204

УДК 664

## ПИРОЛИЗ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ ОТХОДОВ: ОБЗОР ПРОЦЕССА И ЕГО ПРИМЕНЕНИЯ

### PYROLYSIS OF AGRICULTURAL WASTE: A REVIEW OF THE PROCESS AND ITS APPLICATIONS

**Манурин А.В.** магистр ФГБОУ ВО «Казанский исследовательский университет», Казань, Россия. **Manurin A.V.** master, Kazan National Research Technological University, Kazan, Russia.

**Аннотация:** пиролиз — перспективный метод переработки органических отходов сельского хозяйства (солома, шелуха, навоз и др.) путем термического разложения без доступа кислорода. Процесс позволяет получать ценные продукты: биотопливо, синтез-газ и биоуголь, снижая объемы отходов и выбросы парниковых газов. В зависимости от условий (температура, скорость нагрева) можно регулировать выход продуктов. Пиролиз сочетает экологические и экономические преимущества, способствуя развитию устойчивой экономики. Перспективы включают оптимизацию процесса, разработку катализаторов и создание мобильных установок.

**Abstract:** pyrolysis is a promising method for processing organic agricultural waste (straw, husks, manure, etc.) by thermal decomposition without oxygen. The process allows obtaining valuable products: biofuel, synthesis gas and biochar, reducing waste volumes and greenhouse gas emissions. Depending on the conditions (temperature, heating rate), the yield of products can be regulated. Pyrolysis combines environmental and economic benefits, contributing to the development of a sustainable economy. Prospects include process optimization, catalyst development and the creation of mobile units.

**Ключевые слова:** пиролиз, сельскохозяйственные отходы, термическое разложение, биотопливо, синтез-газ.

**Keywords:** pyrolysis, agricultural waste, thermal decomposition, biofuel, synthesis gas.

#### **Введение**

Современное развитие промышленности и сельского хозяйства приводит к значительному увеличению объемов отходов, которые требуют эффективной утилизации. Одним из перспективных методов переработки органических отходов является пиролиз — термический процесс разложения веществ без доступа кислорода. Этот метод позволяет не только решить экологические проблемы, связанные с накоплением отходов, но и получить ценные продукты, такие как биотопливо, синтез-газ и биоуголь. В данной работе

рассматривается процесс пиролиза сельскохозяйственных отходов, его основные этапы, виды и области применения получаемых продуктов [1].

### **Понятие пиролиза и его механизм**

Пиролиз представляет собой химический процесс термического разложения органических материалов при высоких температурах (обычно от 300 до 900 °C) в условиях отсутствия или ограниченного доступа кислорода. Основная цель пиролиза заключается в преобразовании сложных органических соединений в более простые компоненты, такие как газообразные продукты, жидкости и твердые остатки.

Механизм пиролиза включает несколько ключевых этапов:

1. Нагрев материала: исходное сырье нагревается до температуры, при которой начинается термическое разложение.

2. Разрушение связей: при повышении температуры происходит разрыв химических связей в молекулах органического вещества.

3. Формирование продуктов: образуются газообразные, жидкие и твердые продукты, состав которых зависит от параметров процесса (температура, давление, время).

В зависимости от условий проведения пиролиза можно регулировать выход тех или иных продуктов. Например, при низких температурах (до 500 °C) преобладает образование биоугля, а при высоких температурах (выше 700 °C) увеличивается доля синтез-газа [2].

### **Виды пиролиза**

В зависимости от режима проведения процесса выделяют следующие виды пиролиза:

1. Медленный пиролиз: характеризуется низкой скоростью нагрева и длительным временем выдержки материала при заданной температуре. Основной продукт — биоуголь, который используется как почвенный кондиционер или топливо.

2. Быстрый пиролиз: осуществляется при высокой скорости нагрева и коротком времени пребывания материала в реакторе. Преобладающий продукт — бионефть, которая может быть использована как источник энергии или сырье для химической промышленности.

3. Флэш-пиролиз: наиболее интенсивный вид пиролиза, при котором материал нагревается за доли секунды. Этот метод позволяет максимизировать выход жидких продуктов.

4. Катализический пиролиз: использование катализаторов способствует направленному изменению состава продуктов пиролиза, например, увеличению выхода водорода или метана [3].

### **Сырье для пиролиза**

Сельскохозяйственные отходы представляют собой обширную категорию органического сырья, которое может быть использовано для пиролиза. К таким отходам относятся:

- стебли и листья зерновых культур (солома, кукурузные стебли);
- отходы переработки плодовых культур (шелуха риса, ореховая скорлупа);

- отходы деревообработки (опилки, щепа);
- навоз и другие органические отходы животноводства.

Использование сельскохозяйственных отходов для пиролиза имеет ряд преимуществ:

- снижение объемов отходов;
- производство альтернативных источников энергии;
- улучшение экологической обстановки за счет уменьшения выбросов парниковых газов [4].

### **Продукты пиролиза и их применение**

Процесс пиролиза сельскохозяйственных отходов позволяет получить три основных группы продуктов: газообразные, жидкие и твердые. Рассмотрим их подробнее [5].

#### **1. Газообразные продукты**

Газообразные продукты пиролиза включают водород, метан, оксид углерода, этилен и другие углеводороды. Эти газы объединяются под общим названием "синтез-газ" и могут быть использованы:

- как топливо для производства тепла и электроэнергии;
- для синтеза химических соединений (например, метанола, аммиака);
- в качестве восстановителя в металлургии [6].

#### **2. Жидкие продукты**

Жидкие продукты пиролиза, известные как бионефть или пиролизная жидкость, представляют собой сложную смесь органических соединений. Бионефть может быть использована:

- как замена традиционного топлива в двигателях внутреннего сгорания;
- в качестве сырья для производства биопластиков и других химических продуктов;
- после дополнительной очистки — как компонент автомобильного топлива.

#### **3. Твердые продукты**

Основным твердым продуктом пиролиза является биоуголь, который характеризуется высоким содержанием углерода и низкой зольностью. Биоуголь применяется:

- как почвенный кондиционер для улучшения плодородия почвы;
- как адсорбент для очистки воды и воздуха;
- как топливо для бытовых и промышленных нужд [7].

### **Экологические и экономические аспекты пиролиза**

Пиролиз сельскохозяйственных отходов имеет значительные экологические преимущества. Во-первых, он позволяет сократить объемы отходов, которые в противном случае могли бы быть выброшены на свалки или сожжены, что привело бы к выбросам парниковых газов. Во-вторых, использование продуктов пиролиза в качестве источников энергии снижает зависимость от ископаемых видов топлива.

С экономической точки зрения, пиролиз является перспективным направлением, поскольку позволяет создавать новые рабочие места и развивать местные производства.

Однако внедрение технологии требует значительных первоначальных инвестиций в строительство установок и обучение персонала [8,9].

### **Перспективы развития технологии**

На сегодняшний день пиролиз сельскохозяйственных отходов активно исследуется и совершенствуется. Перспективными направлениями развития технологии являются:

- оптимизация параметров процесса для увеличения выхода целевых продуктов;
- разработка новых катализаторов для каталитического пиролиза;
- создание мобильных установок для переработки отходов непосредственно на месте их образования;
- комбинирование пиролиза с другими методами переработки, такими как газификация или анаэробное сбраживание.

### **Заключение**

Пиролиз сельскохозяйственных отходов представляет собой эффективный и экологически безопасный метод утилизации органических материалов. Этот процесс позволяет не только решить проблему накопления отходов, но и получить ценные продукты, которые могут быть использованы в различных отраслях промышленности. Несмотря на существующие технологические и экономические ограничения, пиролиз имеет огромный потенциал для дальнейшего развития и внедрения в практику. Совершенствование технологии пиролиза станет важным шагом на пути к созданию устойчивой и экологически ориентированной экономики.

### **Список литературы**

1. Гайнуллина Г. Р., Федоров Г. Ю. Термический способ переработки углеродосодержащих отходов (пиролиз) // Вестник магистратуры. 2014. №11-1 (38).
2. Грачёв Андрей Николаевич, Сафин Рушан Гареевич, Канарский Альберт Владимирович, Сабиров Айрат Тагирзянович, Хисматов Рустам Габдулнурович Математическая модель термического разложения древесины // Известия вузов. Проблемы энергетики. 2010.
3. Бахонина Е. И. Современные технологии переработки и утилизации углеводородсодержащих отходов. Сообщение 1. Термические методы утилизации и обезвреживания углеводородсодержащих отходов // Башкирский химический журнал. 2015. № 1.
4. Суховеркова В. Е. Способы утилизации птичьего помета, представленные в современных патентах // Вестник АГАУ. 2016. №9 (143).
5. Крылова, А. Ю. Гидротермальная карбонизация биомассы (обзор) / А. Ю. Крылова, В. М. Зайченко // Химия твердого топлива. – 2018. – № 2. – С. 36-50.
6. Мележик А. В., Смыков М. А. Влияние параметров технологических режимов на выращивание углеродных нанотрубок методом каталитического пиролиза углеводородов // Вестник ТГТУ. 2010. № 4.

7. Патент № 2375342 C2 Российская Федерация, МПК C07C 39/17, C08F 2/42, C07C 7/20. Способ ингибирования термополимеризации при переработке жидких продуктов пиролиза: № 2008102390/04: заявл. 22.01.2008: опубл. 10.12.2009 / И. И. Батура, И. Ю. Чукичева, А. Ф. Гоготов [и др.] ; заявитель ОАО "Ангарский завод полимеров" (ОАО АЗП), Институт химии Коми научного центра Уральского отделения Российской Академии Наук "Институт химии Коми НЦ УрО РАН".

8. Ковалева А. А. и др. Направления переработки твердых продуктов пиролиза изношенных автомобильных шин, получаемых на установке ООО" РТС групп". – 2020.

9. Кузубов А. А., Шашло Н. В. Модели использования отходов аграрных предприятий в обеспечении энергетической и экологической безопасности //Вестник Воронежского государственного аграрного университета. – 2021. – Т. 14. – №. 3. – С. 70.

### References

1. Gainullina G. R., Fedorov G. Yu. Thermal method of processing carbon-containing waste (pyrolysis) // Bulletin of the Magistracy. 2014. No. 11-1 (38).
2. Grachev Andrey Nikolaevich, Safin Rushan Gareevich, Kanarsky Albert Vladimirovich, Sabirov Airat Tagirzyanovich, Khismatov Rustam Gabdulnurovich Mathematical model of thermal decomposition of wood // Bulletin of universities. Problems of energy. 2010.
3. Bakhonina E. I. Modern technologies for processing and recycling of hydrocarbon-containing waste. Message 1. Thermal methods of recycling and rendering harmless hydrocarbon-containing waste // Bashkir Chemical Journal. 2015. No. 1.
4. Sukhoverkova V. E. Methods of recycling bird droppings, presented in modern patents // Bulletin of the Agrarian State Agrarian University. 2016. No. 9 (143).
5. Krylova, A. Yu. Hydrothermal carbonization of biomass (review)1 / A. Yu. Krylova, V. M. Zaychenko // Chemistry of solid fuels. - 2018. - No. 2. - P. 36-50.
6. Melezhik A. V., Smykov M. A. Influence of process mode parameters on the growth of carbon nanotubes by catalytic pyrolysis of hydrocarbons // Bulletin of TSTU. 2010. No. 4.
7. Patent No. 2375342 C2 Russian Federation, IPC C07C 39/17, C08F 2/42, C07C 7/20. Method for inhibiting thermal polymerization during processing of liquid pyrolysis products: No. 2008102390/04: declared 22.01.2008: published 10.12.2009 / I. I. Batura, I. Yu. Chukicheva, A. F. Gogotov [et al.]; applicant OJSC "Angarsk Polymer Plant" (OJSC AZP), Institute of Chemistry of the Komi Scientific Center of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences "Institute of Chemistry of the Komi Scientific Center of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences".
8. Kovaleva A. A. et al. Directions for processing solid pyrolysis products of worn automobile tires obtained at the installation of ООО "RTS Group". – 2020.
9. Kuzubov A. A., Shashlo N. V. Models of using waste from agricultural enterprises in ensuring energy and environmental safety // Bulletin of the Voronezh State Agrarian University. – 2021. – Vol. 14. – No. 3. – P. 70.

DOI: 10.58168/TBiEc2025\_205-210

УДК 67.05: 66.040.287

## РАСЧЕТ ТЕМПЕРАТУРНОГО ПОЛЯ И ПОЛЯ ВЛАГОСОДЕРЖАНИЯ В ЧАСТИЦЕ В ПРОЦЕССЕ СУШКИ

### CALCULATION OF THE TEMPERATURE FIELD AND THE FIELD OF MOISTURE CONTENT IN A PARTICLE DURING THE DRYING PROCESS

**Манурин А.В.** магистр ФГБОУ ВО «Казанский исследовательский университет», Казань, Россия. **Manurin A.V.** master, Kazan National Research Technological University, Kazan, Russia.

**Аннотация:** проведено численное моделирование конвективной сушки сосновой щепы с решением системы уравнений тепломассопереноса для бесконечной пластины. Установлено влияние влажности на температуропроводность материала и динамику прогрева. Результаты показали, что сушка до 12% влажности оптимальна, так как дальнейшее обезвоживание требует значительных энергозатрат. Определено, что размер частиц 5–10 мм обеспечивает эффективную сушку при температуре 300–350 °C. Полученные данные позволяют оптимизировать параметры сушильных установок для пиролиза древесных отходов.

**Abstract:** numerical modeling of convective drying of pine chips was performed with the solution of the system of heat and mass transfer equations for an infinite plate. The influence of humidity on the thermal diffusivity of the material and the dynamics of heating was established. The results showed that drying up to 12% humidity is optimal, since further dehydration requires significant energy costs. It was determined that the particle size of 5–10 mm ensures effective drying at a temperature of 300–350 °C. The obtained data allow optimizing the parameters of drying units for the pyrolysis of wood waste.

**Ключевые слова:** пиролиз, сельскохозяйственные отходы, термическое разложение, биотопливо, синтез-газ.

**Keywords:** pyrolysis, agricultural waste, thermal decomposition, biofuel, synthesis gas.

Для выявления оптимальных технологических параметров процесса конвективной сушки было проведено численное моделирование изменения влагосодержания и температуры древесной частицы посредством решения системы дифференциальных уравнений тепломассопереноса, записанных для бесконечной пластины. Получены динамические кривые температуры и влажности материала, которые позволят рекомендовать технологические параметры для установки.

Математическое моделирование процесса конвективной сушки сыпучего вторичного сырья предполагает нахождение нестационарного поля влажности сырья по сечению материала на основе решения системы дифференциальных уравнений тепломассопереноса, записанных для бесконечной пластины:

$$\frac{\partial T}{\partial \tau} = a_t \frac{\partial^2 T}{\partial x^2}$$

$$\frac{\partial U}{\partial \tau} = K \frac{\partial^2 U}{\partial x^2} + K\delta \frac{\partial^2 T}{\partial x^2}$$

где: Т - температура высушиваемого материала, °С;

U - влажность высушиваемого материала;

$a_t$  - коэффициент температуропроводности, м/ $\text{с}^2$ ;

K - коэффициент влагопроводности, м $^2$ /с;

$\delta$  - термоградиентный коэффициент, кг/(кг \* К) [1].

Начальные условия уравнения системы дифференциальных уравнений тепломассопереноса, задаются исходными значениями влажности  $U_{M0}$  и температуры высушиваемого материала  $T_{M0}$ :

$$U(x; 0) = U_{M0}; T(x; 0) = T_{M0};$$

условия на границе высушиваемой частицы:

$$-\lambda \frac{\partial T}{\partial x} \Big|_{x=0} = \alpha dT$$

$$-K \frac{\partial U}{\partial x} \Big|_{x=0} = \beta dU$$

где:  $\lambda$  - теплопроводность, Вт/м $^2$  \* °С;

$\alpha$  - коэффициент теплоотдачи, Вт/м $^2$  \* °С;

$\beta$  - коэффициент массоотдачи, кг/м $^2$  \* с.

Схема краевых условий для решения системы дифференциальных уравнений тепломассопереноса представлена на рисунке 1.

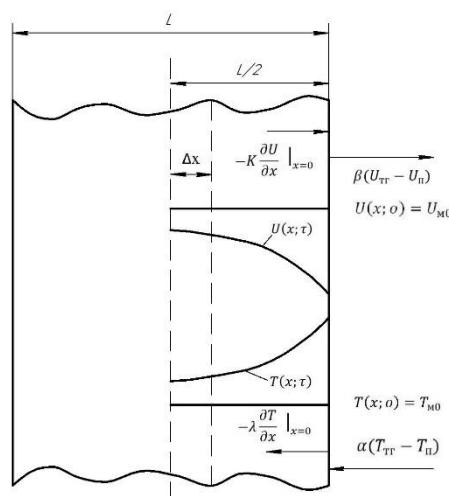


Рисунок 1 - Схема краевых и граничных условий конвективной сушки.

Как видно из краевых условий (рисунок 3) при конвективной сушке влага стремится на поверхность, а теплота сушильного агента в глубь материала.

Анализ литературных данных [2] показал, что:  $a_t = f(U)$ , при этом  $U = f(T)$  (рис. 2).

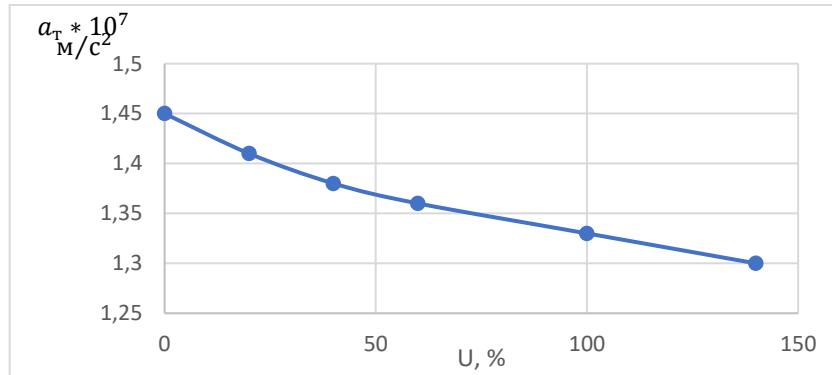


Рисунок 2 - Зависимость коэффициента температуропроводности от влажности вторичного высушиваемого материала (сосновой щепы)

Как видно из графика (рис. 4) с уменьшением влажности сосновый щепы коэффициент температуропроводности увеличивается как следствие интенсифицируется процесс прогрева. Методом наименьших квадратов было получено уравнение [3]:

Нахождение уравнения сводится к нахождению коэффициентов функции  $K = hT + b$ , где  $h = \frac{K}{T}$ ;  $K$  - коэффициента влагопроводности,  $T$  – температура в любой точке,  $b$  - точка пересечения оси ординат.

### Результаты

Методом конечных разностей с использованием языка визуального и объектно-ориентированного программирования VBA было проведено математическое моделирование процесса конвективной сушки сосновой щепы и построены графики (рисунки 3-5) [4].

На рисунке 3 представлены кинетические кривые изменения температуры материала по глубине.

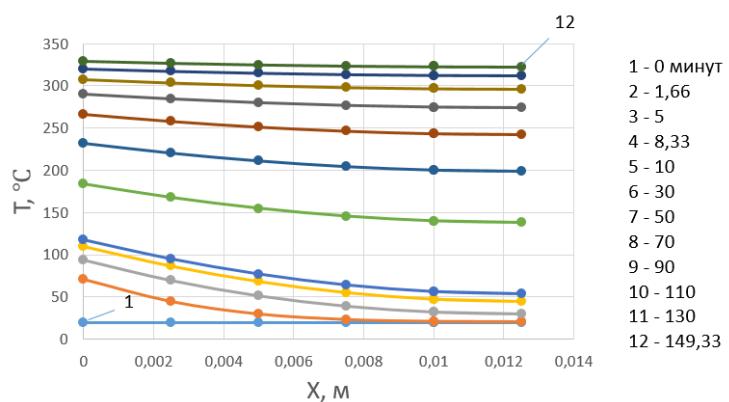


Рисунок 3 - Кинетические кривые температуры при сушке сосновой щепы.

На которых видно, что влажность материала сильно сказывается на прогрев материала по глубине. В момент начала прогрева разница температур поверхностного и центрального слоя составляет  $50^{\circ}\text{C}$ , по мере уменьшения содержания влаги в материале коэффициент температуропроводности увеличивается, и разница между поверхностным и центральным слоем уменьшается быстрее. Математическое моделирование проводилось при исходных данных: сырье сосновая щепа с линейным размером 25мм с температурой  $T_{M0} = 20^{\circ}\text{C}$  и влажностью  $U_{M0} = 50\%$ , температура сушильного агента  $T_{r0} = 350^{\circ}\text{C}$ , конченая влажность  $U_{MK} = 0\%$  [5]

На (рисунок 4) представлены кинетические кривые изменения влажности материала по глубине.

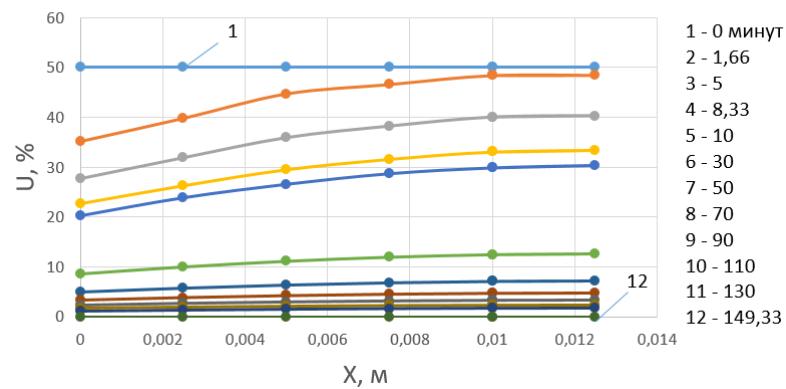


Рисунок 4 - Кинетические кривые влажности при сушке сосновой щепы

Из которых видно, что по мере уменьшения влажности в материале процесс сушки замедляется это связанно с тем, что при влажности более 12 % из материала удаляется свободная влага, а при влажности менее 12 % связанный которая требует больше энергии и времени на испарение [6].

На (рисунок 5) кривая зависимости времени сушки от размера L сосновый щепы до нулевой влажности имеющая форму экспоненты.

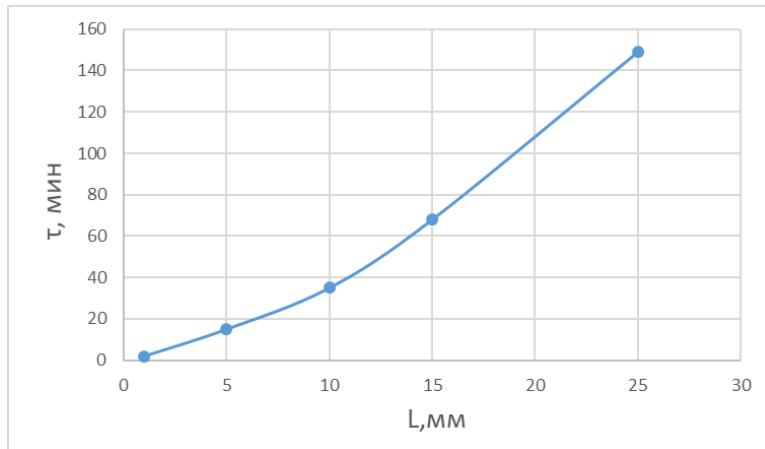


Рисунок 5 - Зависимость времени сушки от размеры сосновой щепы

Из этого графика можно сделать вывод что самым оптимальным размером щепы для сушки является 5-10 мм так как продолжительность сушки не занимает много времени и материал не пересушивается.

В результате математического моделирования установлено, что целесообразно вести сушку материала до влажности 12 % поскольку дальше процесс удаления влаги многократно замедляется. Оптимальная температура сушки 300-350 °C.

### Заключение

Проведя математическое моделирование процесса сушки сосновой щепы с использованием программной среды Visual Basic for Applications, можно сделать следующие выводы. Что сушка до нулевой влажности нецелесообразна для процесса пиролиза, поскольку занимает много времени. С увеличением размера частиц время обработки увеличивается экспоненциально.

Построенное распределение влагосодержания по сечению частицы в различных временных слоях позволяет определить время сушки, от которого зависят конструктивные параметры аппаратурного оформления процесса конвективной сушки.

### Список литературы

1. Моделирование процесса сушки вторичного сырья в технологической линии производства активированного угля / Р. Г. Сафин, А. С. Родионов, В. Г. Сотников [и др.] // Лесной вестник. Forestry Bulletin. – 2023. – Т. 27, № 4. – С. 117-127. – DOI 10.18698/2542-1468-2023-4-117-127. – EDN PFDHFG.
2. Колесников, Г.Н. Кантышев, А.В. Зайцева, М.И. Конвективная сушка осиновых заготовок малой толщины: модель и эксперименты / Лесной вестник. Forestry Bulletin. – 2019. – Т. 23. – № 3. – С. 87-94. – DOI 10.18698/2542-1468-2019-3-87-94.

3. Гороховский, А.Г. Шишкина, Е.Е. Старова, Е.В. Миков, А.А. Анализ процессов сушки древесины существенно неизотермическими режимами / Известия высших учебных заведений. Лесной журнал. – 2018. – № 2(362). – С. 88-96.
4. Сычевский, В. А. Моделирование технологического процесса конвективной сушки пиломатериалов / Известия Национальной академии наук Беларусь. Серия физико-технических наук. – 2018. – Т. 63. – № 4. – С. 424-434.
5. Зайцева, М.И. Никонова, Ю.В. Колесников, Г.Н. Моделирование изменений влажности древесины при атмосферной сушке / Ресурсосберегающие технологии, материалы и конструкции: Сборник статей по материалам региональной научно-практической конференции, Петрозаводск, 30 апреля 2020 года. – Петрозаводск: Петропресс, 2020. – С. 11-14.
6. Панова, Т.В. Панов, М.В. Теоретическое обоснование температурного поля в сушилке шахтного типа / Вклад науки и практики в обеспечение продовольственной безопасности страны при техногенном ее развитии: Сборник научных трудов международной научно-практической конференции, Брянск, 18–19 марта 2021 года. – Брянск: Брянский государственный аграрный университет, 2021. – С. 148-152.

### References

1. Modeling of the secondary raw material drying process in the activated carbon production line / R. G. Safin, A. S. Rodionov, V. G. Sotnikov [et al.] // Forest Bulletin. - 2023. - Vol. 27, No. 4. - Pp. 117-127. - DOI 10.18698/2542-1468-2023-4-117-127. - EDN PFDHFG.
2. Kolesnikov, G. N. Kantyshev, A. V. Zaitseva, M. I. Convective drying of thin aspen billets: model and experiments / Forest Bulletin. - 2019. - Vol. 23. - No. 3. - Pp. – DOI 10.18698/2542-1468-2019-3-87-94.
3. Gorokhovsky, A.G. Shishkina, E.E. Starova, E.V. Mikov, A.A. Analysis of wood drying processes under substantially non-isothermal conditions / News of higher educational institutions. Forestry magazine. – 2018. – No. 2(362). – P. 88-96.
4. Sychevsky, V.A. Modeling of the technological process of convective drying of lumber / News of the National Academy of Sciences of Belarus. Series of physical and technical sciences. – 2018. – V. 63. – No. 4. – P. 424-434.
5. Zaitseva, M.I. Nikonova, Yu.V. Kolesnikov, G.N. Modeling Changes in Wood Moisture Content during Atmospheric Drying / Resource-Saving Technologies, Materials and Designs: Collection of Articles Based on the Proceedings of the Regional Scientific and Practical Conference, Petrozavodsk, April 30, 2020. - Petrozavodsk: Petropress, 2020. - P. 11-14.
6. Panova, T.V. Panov, M.V. Theoretical Justification of the Temperature Field in a Shaft-Type Dryer / The Contribution of Science and Practice to Ensuring Food Security of the Country in the Event of Its Man-Made Development: Collection of Scientific Papers of the International Scientific and Practical Conference, Bryansk, March 18-19, 2021. - Bryansk: Bryansk State Agrarian University, 2021. - P. 148-152.

DOI: 10.58168/TBiEc2025\_211-218

УДК 629.3.083

## ВОССТАНОВЛЕНИЕ ДЕТАЛЕЙ МАШИН КАК РЕСУРСОСБЕРЕГАЮЩАЯ ТЕХНОЛОГИЯ

### RESTORATION OF MACHINE PARTS AS A RESOURCE-SAVING TECHNOLOGY

**Марков В.А.**, кандидат технических наук, доцент ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный университет промышленных технологий и дизайна», Санкт-Петербург, Россия.

**Марков А.Н.**, кандидат технических наук, доцент ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный университет промышленных технологий и дизайна», Санкт-Петербург, Россия.

**Шульман Г.З.**, доцент ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный университет промышленных технологий и дизайна», Санкт-Петербург, Россия.

**Markov V.A.**, candidate of Technical Sciences, Associate Professor FGBOU VO «St. Petersburg State University of Industrial Technology and Design», St. Petersburg, Russia.

**Markov A.N.**, candidate of Technical Sciences, Associate Professor FGBOU VO «St. Petersburg State University of Industrial Technology and Design», St. Petersburg, Russia.

**Shulman G.Z.**, associate Professor FGBOU VO «St. Petersburg State University of Industrial Technology and Design», St. Petersburg, Russia.

**Аннотация:** статья посвящена вопросам ресурсосберегающих технологий в машиностроении и при ремонте машин, акцентируя внимание на восстановлении деталей машин и оборудования как эффективном способе экономии материалов и энергоресурсов. Рассматривается перспективность альтернативных методов восстановления и поверхностной обработки деталей. Особое внимание уделено электромеханическому упрочнению (ЭМУ), которое позволяет увеличить твердость и износостойкость поверхностей, повышая эксплуатационные свойства деталей и сокращая расходы на материалы и энергию. Приводятся данные экспериментов, подтверждающие эффективность метода, а также описаны особенности реализации данной технологии и перспективы ее дальнейшего внедрения в промышленное производство. Отмечается высокая экологичность представленного метода восстановления.

**Abstract:** the article is devoted to the issues of resource-saving technologies in mechanical engineering and machine repair, focusing on the restoration of machine and equipment parts as an effective way to save materials and energy resources. The prospects of alternative methods of restoration and surface treatment of parts are considered. Special attention is paid to electromechanical hardening (EMU), which increases the hardness and wear resistance of surfaces, increasing the performance properties of parts and reducing material and energy costs. Experimental data confirming the effectiveness of the method are presented, as well as the specifics

of the implementation of this technology and the prospects for its further introduction into industrial production. The high environmental friendliness of the presented recovery method is noted.

**Ключевые слова:** восстановление деталей, электромеханическая обработка, ресурсосбережение, ресурс деталей, экологичные технологии.

**Keywords:** restoration of parts, electromechanical processing, resource conservation, parts resource, eco-friendly technologies.

Ресурсосбережение — одна из ключевых тенденций современного производства, направленная на экономию материалов, энергии и природных ресурсов. Одним из эффективных способов достижения этих целей является восстановление деталей машин и оборудования. Эта технология позволяет значительно продлить срок службы изделий, снизить затраты на производство новых компонентов и уменьшить негативное воздействие на окружающую среду.

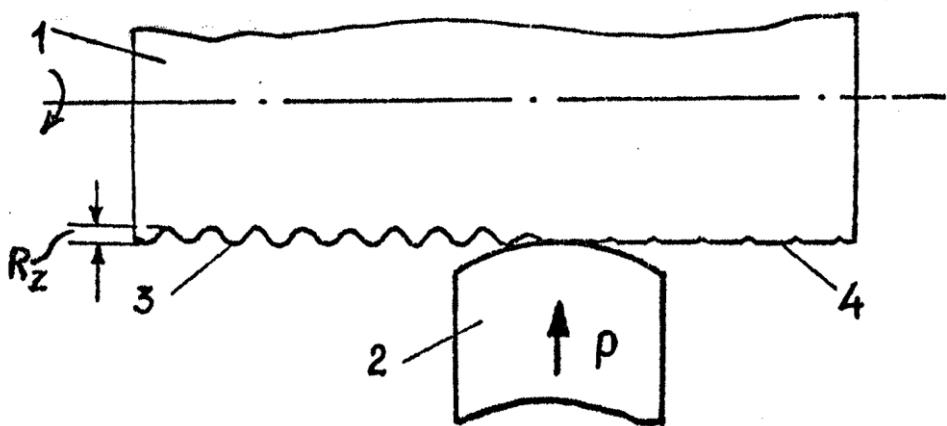
Существует множество методов восстановления деталей, каждый из которых имеет свои преимущества, недостатки и области применения. Большая часть методов восстановления изношенных поверхностей деталей связаны с нанесением покрытий ар различным технологиям. Восстановленные такими методами детали не всегда имеют ресурс новых. Причинами снижения долговечности восстановленных деталей являются несовершенство методов восстановления, нарушение технологического процесса, неправильный выбор материала для нанесения покрытия и множество других факторов, которые как по отдельности, так и в совокупности влияют на эксплуатационные показатели деталей.

Для достижения необходимых геометрических параметров, детали обрабатывают механически на различных металорежущих станках, однако существуют альтернативные технологии поствосстановительных работ.

Электромеханическое упрочнение (ЭМУ) представляет собой финишную операцию, обеспечивающую повышение чистоты поверхности после токарной обработки, устранивая необходимость последующего шлифования. Благодаря этому методу возможно увеличение твердости поверхностного слоя более чем в 2 раза и износостойкости контактирующих поверхностей до 2-х раз, в зависимости от предшествующей термической обработки детали. Помимо этого, ЭМУ способствует увеличению циклической прочности изделия в пределах от 2 до 6 раз, что зависит от конструктивных особенностей детали и характеристик её поперечных сечений. Следовательно, в ряде случаев данная процедура способна заменить специализированные процессы термического и химико-термического воздействия [1].

На рисунке 1 представлена схема электромеханического упрочнения поверхности. Детали 1 сообщается вращательное движение, а инструменту 2 – поступательное. Грубая поверхность 3, обработанная резцом, после прохода сглаживающего инструмента принимает профиль 4.

Технология электромеханического упрочнения реализуется следующим образом. Изделие закрепляется на стандартном токарном оборудовании. Ток величиной 350-1500А и напряжением 2-6В подается непосредственно в область соприкосновения обрабатываемого элемента и инструмента посредством силового понижающего трансформатора, подключенного к сети переменного напряжения 220/380 вольт. Один вывод вторичной обмотки трансформатора соединяется с электрооборудованием, передающим ток через вращающийся патрон на заготовку, второй же вывод направляется к специальному инструменту, зафиксированному изолированным способом в держателе станка. Сам инструмент оснащен роликом из твердого сплава, который постоянно контактирует с поверхностью вращающегося изделия [2].



1 – деталь; 2 – выглаживающий ролик; 3 – первоначальная поверхность;  
4 – поверхность после упрочнения

Рисунок 1 - Схема электромеханического упрочнения поверхности

Из-за небольшой площади зоны контакта возникает значительное электрическое сопротивление, вследствие чего в точке взаимодействия резко возрастает температура благодаря выделению электрической энергии. Под действием радиальной силы инструмента обрабатываемая поверхность подвергается деформации: либо сглаживанию, либо формированию выступов, в зависимости от конфигурации самого инструмента. Поскольку величина разогретых слоев крайне незначителен относительно общей массы заготовки, тепло быстро отводится внутрь детали, обеспечивая интенсивное охлаждение поверхностного слоя и последующую закалку до высоких значений твердости. Инструмент (державка) с твёрдосплавным роликом представлен на рисунке 1 [3].

Основным выходным технологическим параметром при электромеханическом упрочнении является глубина прокаливания, от нее зависят физико-механические свойства восстанавливаемой поверхности и адгезия покрытия с основным материалом. Экспериментально установлено, что для оптимальной прочности сцепления наносимого материала на деталь, прокаливание должно быть на глубину не менее 120% от толщины покрытия. Глубину упрочнения можно определить по формуле:

$$\delta = \frac{K\mu(0,24 \eta JU + Pvf / 42,7)}{cvB\rho T_\phi}, \quad (1)$$

где  $K$  – коэффициент, учитывающий количество поглощаемой теплоты,

$K_{cp} = 0,234$ ;

$\mu$  – коэффициент, определяющий количество теплоты, создаваемой в зоне контакта и отводимой в упрочняемую деталь (0,5–0,6);

$\eta$  – коэффициент, учитывающий потери во вторичной цепи трансформатора (0,42);

$J$  – сила тока А;

$U$  – напряжение тока во вторичной цепи, 2–6 В;

$P$  – нормальное давление,  $P = 300$ –600 Н;

$v$  – скорость сглаживания;

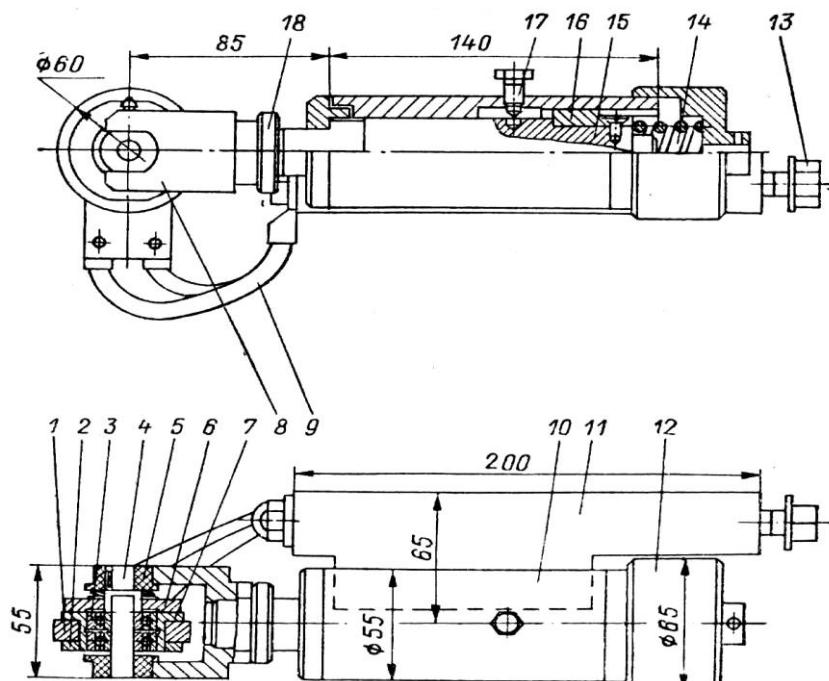
$f$  – коэффициент трения (0,65–0,75);

$c$  – удельная теплоемкость металла, Дж / (г·°C);

$B$  – ширина контакта, мм;

$\rho$  – плотность, г/мм<sup>3</sup>;

$T_\phi$  – температура фазового превращения металла.



1 – твердосплавное кольцо; 2 – шайба; 3 – подшипники; 4 – ось;  
 5 – изоляционная втулка; 6 – токосъемное кольцо; 7 – ролик; 8 – вилка;  
 9 – токоподводящая шина; 10 – корпус; 11 – место для крепления  
 в резцодержателе; 12 – колпачковая гайка; 13 – гайка крепления токопровода;  
 14 – пружина; 15 – шток; 16 – шпонка; 17 – болт; 18 – гайка крепления вилки

Рисунок 2 - Державка для выполнения электромеханического упрочнения.

Давление обрабатывающей пластины ЭМУ создает тангенциальную направленную силу трения, которая способствует вытягиванию наружных слоев металла и возникновению растягивающих остаточных напряжений.

В результате обработки экспериментальных данных получены следующие зависимости выходных факторов ( $H_{50}$  – микротвердость,  $R_a$  – шероховатость поверхности,  $\delta$  – глубина упрочнения) от режимов обработки при электромеханическом упрочнении покрытия, нанесенного наплавкой в СО<sub>2</sub> с последующим точением:

$$\begin{aligned} H_{50} &= 1,0384 J^{0.9051} p^{0.1073} v^{-0.0127} s^{-0.459} \\ R_a &= 0,0116 J^{0.4855} p^{-0.3791} v^{0.7159} s^{-0.0323} \\ \delta &= 0,0275 J^{0.4147} p^{0.0162} v^{-0.0971} s^{-0.0262}. \end{aligned} \quad (2)$$

При упрочнении покрытия, полученного железнением и хромированием, эксплуатационные показатели повышаются ниже, чем при наплавках. Режимы электромеханического упрочнения деталей, восстановленных железнением:  $J = 650\text{-}850$  А,  $v = 12\text{-}20$  м/мин;  $p = 600\text{-}700$  Н;  $S = 0,2\text{-}0,4$  мм/об.; число проходов 1-2. В ряде случаев железнение снижает предел выносливости восстановленных деталей до 50%, в результате же применения ЭМУ он повышается на 63%, а для стали 45 превышает ее исходные значения на 13%. Прочность сцепления покрытия с основным металлом при ЭМУ превышается на 15-40%. Больший процент увеличения прочности относится к более глубокому упрочнению.

Операция сглаживания может выполняться как движущимся, так и стационарным инструментом. Если условия электромеханической обработки идентичны, толщина упрочнённого слоя получается больше при обработке неподвижным инструментом. Здесь наблюдается эффект трения скольжения, приводящий к возникновению завихрённой микроструктуры и более мелкому измельчению поверхностного слоя. Однако детали, прошедшие обработку подвижным инструментом, отличаются повышенной долговечностью и устойчивостью к истиранию. Во время работы неподвижным инструментом с радиусом, на нём довольно быстро формируется плоская рабочая зона. Чтобы существенно повысить долговечность такого инструмента, на радиальном участке делают кольцевую фаску шириной около 0,5 мм. Для предотвращения быстрого износа перед началом каждого цикла обработки инструмент — роликовое устройство — проворачивается на угол порядка 10–15°, обновляя рабочую поверхность. Среди недостатков неподвижного инструмента отмечается ограниченный срок его службы [4].

Преимущества вращающегося ролика: высокая стойкость, возможность упрочнения деталей на большую глубину. Вращающийся ролик применяют при обработке широких поверхностей, когда не предъявляется высоких требований к волнистости.

Для повышения стойкости инструмента целесообразно применять охлаждение сжатым воздухом, эмульсией или любой пожаробезопасной охлаждающей средой.

В результате термомеханического воздействия при электромеханическом упрочнении происходит значительное повышение износостойкости и циклической прочности деталей.

Износостойкость повышается в 1,4-1,8 раза, предел выносливости – на 10-20% по сравнению с новыми деталями.

Электромеханическое упрочнение нашло применение для повышения твердости металлопокрытий (предела выносливости), улучшения качества цилиндрических, плоских, винтовых и зубчатых поверхностей, при ремонте деталей из чугуна, подшипниковых сплавов и т.д.

Следует отметить, что ЭМУ возможно проводить парой роликов (высаживающий и сглаживающий) восстановливавшая тем самым незначительный износ поверхности трения. Приспособление такого типа представлено на рисунке 3. При данном способе восстановления не применяются нанесения дополнительного материала на поверхность детали, а увеличение изношенного размера происходит за счет создания рельефа поверхности с выступами и впадинами. Восстановленная поверхность при этом обладает повышенной твердостью и износостойкостью по сравнению с исходным материалом, однако рельеф и хрупкость поверхности не позволяют говорить о высокой долговечности. Метод можно отнести к альтернативным восстановительным технологиям и рекомендовать как временный ремонт для поддержания работоспособного состояния узла в случае производственной необходимости или отсутствия запасных частей [5,6].

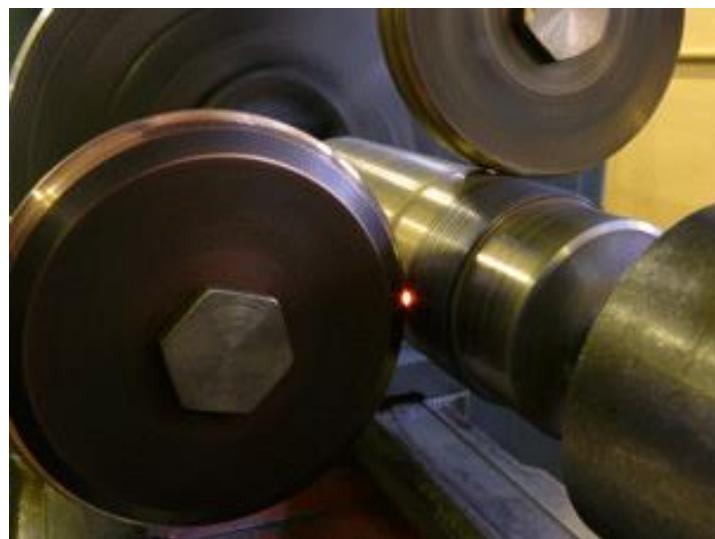


Рисунок 3 - Двухроликовое приспособление

Электромеханический процесс является экологичной технологией, так как основан исключительно на механическом воздействии и не требует использования агрессивных химических веществ, растворителей или специальных газовых сред, что значительно снижает риск загрязнения окружающей среды и минимизирует образование токсичных сточных вод и газообразных продуктов реакции. Метод позволяет повысить ресурс детали без изменения химического состава поверхности, следовательно, исключается необходимость применения дорогостоящих легирующих элементов и редких материалов, снижаются затраты энергии и материальные издержки. Восстановление деталей

представляет собой ряд перспективных технологий, позволяющих эффективно решать проблемы ресурсосбережения и экологии. Развитие инновационных методов и совершенствование существующих технологий открывают новые возможности для оптимизации производственных процессов и сокращения издержек. Внедрение таких технологий становится важным фактором устойчивого развития экономики и сохранения окружающей среды [7].

### **Список литературы**

1. Технология и организация восстановления деталей и сборочных единиц при сервисном обслуживании / В. В. Быков, И. Г. Голубев, В. В. Балихин [и др.]. – Йошкар-Ола : Марийский государственный технический университет, 2008. – 335 с.
2. Оптимизация выбора технологических процессов восстановления деталей / В. А. Марков, А. Н. Марков, В. И. Кретинин [и др.] // Известия Санкт-Петербургской лесотехнической академии. – 2016. – № 217. – С. 194-205.
3. Пастухов, А. Г. Примеры применения установки для электромеханической обработки при упрочнении деталей машин / А. Г. Пастухов, О. А. Шарай // Главный механик. – 2021. – № 1. – С. 38-45.
4. Физико-механические свойства поверхностного слоя деталей после упрочнения электромеханической обработкой / А. П. Яковлева, В. Н. Зарипов, Т. Р. Хуснетдинов, В. Т. Нго // Главный механик. – 2019. – № 2. – С. 26-31.
5. Шифрин, Б. М. Оптимизация процесса резания металла на основе нечеткой логики / Б. М. Шифрин // Автоматизированное проектирование в машиностроении. – 2024. – № 16. – С. 13-16.
6. Погодина, Э. Е. Применение электромеханической обработки для восстановления деталей машин / Э. Е. Погодина, Ф. А. Журавский, В. А. Марков // Актуальные проблемы развития лесного комплекса : материалы XXII Международной научно-технической конференции, Вологда, 05 декабря 2024 года. – Вологда: Вологодский государственный университет, 2024. – С. 190-192.
7. Results of stand tests for wear resistance of Ploughshare after strengthening with electromechanical hardening / A. V. Morozov, S. N. Petryakov, A. L. Ignatov, I. D. Fedotov // Volga Region Farmland. – 2019. – No. 1(1). – P. 83-87.

### **References**

1. Technology and organization of restoration of parts and assembly units during maintenance / V. V. Bykov, I. G. Golubev, V. V. Balikhin [et al.]. – Yoshkar-Ola: Mari State Technical University, 2008. – 335 p.

2. Optimization of the choice of technological processes for the restoration of parts / V. A. Markov, A. N. Markov, V. I. Kretinin [et al.] // Izvestiya St. Petersburg Forestry Academy. – 2016. – № 217. – pp. 194-205.
3. Pastukhov, A. G. Examples of the application of installations for electromechanical processing when hardening parts machines / A. G. Pastukhov, O. A. Sharaya // Chief mechanic. – 2021. – No. 1. – pp. 38-45.
4. Physical and mechanical properties of the surface layer of parts after hardening by electromechanical processing / A. P. Yakovleva, V. N. Zaripov, T. R. Khusnetdinov, V. T. Ngo // Chief Mechanic. 2019. No. 2. pp. 26-31.
5. Shifrin, B. M. Optimization of the metal cutting process based on fuzzy logic / B. M. Shifrin // Automated design in mechanical engineering. - 2024. - No. 16. - P. 13-16.
6. Pogodina, E. E. The use of electromechanical processing for the restoration of machine parts / E. E. Pogodina, F. A. Zhuravsky, V. A. Markov // Actual problems of the development of the forest complex : proceedings of the XXII International Scientific and Technical Conference, Vologda, December 05, 2024 of the year. Vologda: Vologda State University, 2024, pp. 190-192
7. Results of stand tests for wear resistance of Ploughshare after strengthening with electromechanical hardening / A. V. Morozov, S. N. Petryakov, A. L. Ignatov, I. D. Fedotov // Volga Region Farmland. – 2019. – No. 1(1). – P. 83-87.

DOI: 10.58168/TBiEc2025\_219-224

УДК 544.723.212

## УГЛЕРОДНЫЕ СОРБЕНТЫ В ПРОЦЕССАХ ОЧИСТКИ СТОЧНЫХ ВОД ОТ ТОКСИКАНТОВ

CARBON SORBENTS IN THE PROCESSES OF WASTEWATERS TREATMENT FROM  
TOXICANTS SLUDGE FOR PURIFICATION OF WATER FROM COPPER IONS

**Молчанова О.Н.**, студентка лесопромышленного факультета ФГБОУ ВО «Воронежский государственный лесотехнический университет имени Г.Ф. Морозова, Воронеж, Россия.

**Новикова Л.А.**, к.х.н., доцент ФГБОУ ВО «Воронежский государственный лесотехнический университет имени Г.Ф. Морозова, Воронеж, Россия.

**Томина Е.В.**, д.х.н., доцент, зав. кафедрой химии и биотехнологии ФГБОУ ВО «Воронежский государственный лесотехнический университет имени Г.Ф. Морозова, Воронеж, Россия.

**Жужукин К.В.**, к.т.н., ст. преподаватель ФГБОУ ВО «Воронежский государственный лесотехнический университет имени Г.Ф. Морозова, Воронеж, Россия.

**Molchanova O.N.**, student of woodworking faculty FGBOU VO «Voronezh State University of Forestry and Technologies named after G.F. Morozov», Voronezh, Russia.

**Novikova L.A.**, PhD in Chemical Sciences, associate professor FGBOU VO «Voronezh State University of Forestry and Technologies named after G.F. Morozov», Voronezh, Russia.

**Tomina E.V.**, doctor of Chemical Sciences, associate professor, chairwoman of chemistry and biotechnology department at FGBOU VO «Voronezh State University of Forestry and Technologies named after G.F. Morozov», Voronezh, Russia.

**Zhuzhukin K.V.**, PhD in Technical Sciences, senior lecturer at FGBOU VO «Voronezh State University of Forestry and Technologies named after G.F. Morozov», Voronezh, Russia.

**Аннотация:** в работе представлены результаты исследования новых углеродных сорбентов, синтезированных из осадков левобережных очистных сооружений (ЛОС) города Воронеж. Методом пиролиза при различных температурах (400°C, 500°C, 600°C) были получены три модификации биоугля (U400, U500 и U600) с контролируемым размером частиц 200-300 мкм. Комплексный анализ состава материалов выявил преобладание углеродной составляющей (55-59%) и наличие металлоксодержащих примесей. Эксперименты по сорбции меди из модельных растворов продемонстрировали прямую зависимость эффективности очистки (7-50%) от температуры синтеза сорбента, при этом максимальная емкость (93,7 мг/г) достигнута для образца U600. Особое внимание удалено кинетическим особенностям процесса, где время установления равновесия варьировалось от 40 до 240 минут в зависимости от типа сорбента.

**Abstract:** the paper presents the results of a study of new carbon sorbents synthesized from the sediments of left-bank wastewater treatment plants (VOCs) in Voronezh. Three modifications of

biochar (U400, U500, and U600) with a controlled particle size of 200-300 microns were obtained by pyrolysis at different temperatures (400°C, 500°C, 600°C). Compositional analysis revealed predominant carbon content (55-59%) and presence of metal impurities. Copper sorption experiments from model solutions showed direct correlation between treatment efficiency (7-50%) and synthesis temperature, with U600 sample demonstrating maximum capacity (93.7 mg/g). Kinetic analysis highlighted equilibrium time variations (40-240 min) depending on sorbent type, providing insights into the sorption mechanism. The developed materials offer dual environmental benefit by combining waste utilization with effective water purification technology.

**Ключевые слова:** осадок сточных вод, углеродные сорбенты, сорбция, очистка сточных вод, тяжелые металлы, экология.

**Keywords:** sewage sludge, carbon sorbents, sorption, wastewaters treatment, heavy metals, ecology.

Осадки сточных вод (ОСВ), образующиеся в процессе очистки городских и промышленных стоков, представляют собой значительную экологическую и экономическую проблему. В России ежегодно накапливается более 100 млн м<sup>3</sup> таких отходов, что требует разработки эффективных методов их утилизации и переработки [1]. Традиционные способы обращения с ОСВ, такие как складирование на полигонах или сжигание, не только не решают проблему, но и могут усугублять негативное воздействие на окружающую среду [2].

Одним из перспективных направлений является использование ОСВ в качестве сырья для получения сорбционных материалов, способных удалять из воды тяжелые металлы, органические загрязнители и другие токсичные вещества. Исследования показывают, что углеродные сорбенты, полученные из осадков сточных вод, обладают высокой эффективностью в очистке водных сред благодаря развитой пористой структуре и наличию функциональных групп на поверхности [3, 4]. Например, композитные материалы на основе ферритов металлов, таких как кобальт и цинк, демонстрируют исключительную сорбционную емкость по отношению к ионам меди (до 200 мг/г) [5]. Кроме того, осадки сточных вод могут быть использованы в сельском хозяйстве в качестве удобрений после соответствующей обработки. Добавление 10% ОСВ к почве повышает всхожесть газонной травы на 50%, что делает этот метод экономически выгодным для озеленения городских территорий [6]. Однако применение ОСВ в агростекторе требует строгого контроля содержания тяжелых металлов и патогенных микроорганизмов [7].

Еще одним направлением переработки ОСВ является их термическая конверсия в твердое топливо. Разработаны технологии получения многокомпонентных топливных брикетов с содержанием осадков до 48%, которые могут использоваться в локальных системах отопления [8]. Такие методы позволяют не только утилизировать отходы, но и снижать нагрузку на полигоны.

В последние годы особое внимание уделяется созданию гибридных сорбентов, сочетающих углеродную матрицу с магнитными наночастицами. Например, композиты на

основе ZnFe<sub>2</sub>O<sub>4</sub> и цеолитов демонстрируют улучшенные кинетические характеристики и селективность к ионам меди, а также легко отделяются от воды с помощью магнитного поля [9], что делает переработку осадков сточных вод в функциональные сорбенты перспективным направлением, одновременно решающим проблему утилизации отходов и способствующим развитию ресурсосберегающих технологий в рамках циркулярной экономики [10].

Цель данной работы включала оценку сорбционной способности новых углеродных сорбентов на основе осадка сточных вод к ионам тяжелых металлов в водной среде для последующего использования в технологиях очистки воды.

В качестве объектов исследования выбраны образцы новых углеродных сорбентов, полученные пиролизом осадка сточных вод очистных сооружений г. Воронеж при 400, 500 и 600 °C, соответственно (U400, U500, U600). Размер фракции углей составлял 200-300 мкм. Согласно рентгеноспектральному анализу, по химическому составу исходный образец ОСВ и уголь U600 определяются преимущественно содержанием углерода (55-59%) и кислорода (40-30%), а также примесями кремния (1,1-3,7%), кальция (0,8-3,3%), алюминия (0,6-1,2%), фосфора (0,7-0,9%), железа (0,1-0,7%), серы (0,2%), калия (0,1-0,4%) и магния (0,2-0,4%). Для придания образцам углеродных материалов магнитных свойств синтезировали композит U600-F на его основе путем введения в состав 20 масс. % нанопорошка феррита цинка, аналогично [5]. Сорбционную способность образцов определяли в водном растворе 0,01 н CuSO<sub>4</sub>, варьируя время сорбции в интервале 10-240 мин при соотношении сорбент/раствор=1:100 и t=20 °C. Количественное определение ионов меди в растворах проводили фотоколориметрическим методом [4, 10].

С повышением температуры синтеза углеродного сорбента из ОСВ сорбционная емкость (мг/г) полученного материала постепенно возрастает в ряду U400(14,3) < U500 (25,1) < U600 (93,7) < U600-F (148,5), что обусловлено более эффективным формированием пористой структуры углей при более высокой температуре пиролиза, а также существенным вкладом фазы феррита в повышение сорбционной емкости композита U600-F к ионам меди. Равновесие сорбции ионов Cu<sup>2+</sup> из 0,01 н водного раствора устанавливается через 40-80 мин для образцов U400 и U500, и через 210-240 мин для образцов U600 и U600-F, что указывает на отличия в кинетике и механизме сорбции на углеродных и композитных сорбентах.

Эффективность очистки воды от ионов меди (рис. 1) достигает высоких значений с увеличением массы вводимого сорбента (до 85% для U600) и при использовании композитных сорбентов U600-F (73-99%), содержащих фазу феррита цинка в составе. Благодаря приобретению магнитных свойств, композитный сорбент легко отделяется от раствора действием неодимового магнита и направляется на регенерацию и повторное использование.

Таким образом, использование осадка сточных вод для получения композитных сорбентов позволяет решить двоякую проблему - утилизации промышленного отхода и очистку сточных вод от тяжелых металлов.

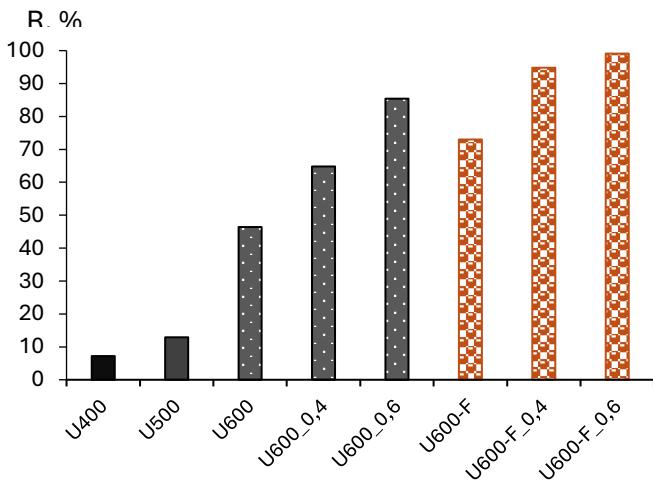


Рисунок 1 - Степень очистки воды от ионов меди в зависимости от температуры синтеза и массы сорбента ( $C_{p-pa}=0,01$  н  $\text{CuSO}_4$ )

### Список литературы

1. Васильева А. В., Харламова М. Д. Современные способы переработки осадков сточных вод и перспективы их использования в России // Sciences of Europe. 2016. №9-1 (9). – URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/sovremennye-sposoby-pererabotki-osadkov-stochnyh-vod-i-perspektivy-ih-ispolzovaniya-v-rossii>.
2. Хрусталев Б. М., Пехота А. Н., Вострова Р. Н. Осадок сточных вод городских очистных сооружений – ресурсная сокровищница для предприятий ЖКХ. – 2023.
3. Masengo J. L., Mulopo J. Synthesis and performance evaluation of adsorbents derived from sewage sludge blended with waste coal for nitrate and methyl red removal // Scientific Reports. – 2022. – Т. 12. – № 1. – С. 1670.
4. Новикова Л.А., Томина Е.В., Молчанова О.Н., Жукова Е.А., Дорошенко А.В., Тюпина Е.А. (2024). Сорбция ионов меди из водных растворов высокодисперсными ферритами кобальта и цинка. *Сорбционные и хроматографические процессы*, 24(5), 695-710. – URL: <https://journals.vsu.ru/sorpchrom/article/view/12509>
5. Khodosova, N.; Novikova, L.; Tomina, E.; Belchinskaya, L.; Zhabin, A.; Kurkin, N.; Krupskaya, V.; Zakusina, O.; Koroleva, T.; Tyupina, E.; et al. Magnetic Nanosorbents Based on Bentonite and  $\text{CoFe}_2\text{O}_4$  Spinel. *Minerals* 2022, 12, 1474. – URL: <https://doi.org/10.3390/min12111474>
6. Зимнухова А. Е., Зимнухов М. А., Белявская О. Ш. Исследование осадка сточных вод очистных сооружений как удобрения для озеленения территорий различного назначения // Вестник молодежной науки. 2021. №1 (28). – URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/issledovanie-osadka-stochnyh-vod-ochistnyh-sooruzheniy-kak-udobreniya-dlya-ozeleneniya-territoriy-razlichnogo-naznacheniya>.

7. Новикова, О. К. Обработка осадков сточных вод : учеб.- метод. пособие / О. К. Новикова ; М-во трансп. и коммуникаций Респ. Беларусь, Белорус. гос. ун-т трансп. – Гомель : БелГУТ, 2015. – 96 с.

8. Пехота, А. Н. Многокомпонентное твердое топливо / А. Н. Пехота; М-во трансп. и коммуникаций Респ. Беларусь, Белорус. гос. ун-т трансп. – Гомель: БелГУТ, 2021. – 243 с.

9. Чайвонг С., Куттатеп Т., Чирасуваннафот Й. и др. (2023) Новые многофункциональные адсорбенты на основе осадка сточных вод для очистки городских сточных вод. *J Appl Sci Eng* 27:3127–3146. – URL: [https://doi.org/10.6180/jase.202409\\_27\(9\).0010](https://doi.org/10.6180/jase.202409_27(9).0010)

10. Томина Е., Куркин Н., Конкина Д. Наноразмерный катализатор ZnFe<sub>2</sub>O<sub>4</sub> для очистки сточных вод от красителей окислительной деструкцией. *Экология и промышленность России*. 2022;26(5):17-21. – URL: <https://doi.org/10.18412/1816-0395-2022-5-17-21>.

## References

1. Vasilyeva A. V., Kharlamova M. D. Modern methods of wastewater sludge processing and prospects for their use in Russia // SciencesofEurope. 2016. No. 9-1 (9). – URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/sovremennye-sposoby-pererabotki-osadkov-stochnyh-vod-i-perspektivy-ih-ispolzovaniya-v-rossii>.

2. Khrustalev B. M., Pekhota A. N., Vostrova R. N. Wastewater sludge from urban treatment facilities is a resource treasury for housing and communal services enterprises. – 2023.

3. Masengo J. L., Mulopo J. Synthesis and performance evaluation of adsorbents derived from sewage sludge blended with waste coal for nitrate and methyl red removal // Scientific Reports. – 2022. – Vol. 12. – No. 1. – P. 1670.

4. Novikova L. A., Tomina E. V., Molchanova O. N., Zhukova E. A., Doroshenko A. V., Tyupina E. A. (2024). Sorption of copper ions from aqueous solutions by highly dispersed cobalt and zinc ferrites. *Sorption and chromatographic processes*, 24(5), 695-710. – URL: <https://journals.vsu.ru/sorpchrom/article/view/12509>

5. Khodosova, N.; Novikova, L.; Tomina, E.; Belchinskaya, L.; Zhabin, A.; Kurkin, N.; Krupskaya, V.; Zakusina, O.; Koroleva, T.; Tyupina, E.; et al. Magnetic Nanosorbents Based on Bentonite and CoFe<sub>2</sub>O<sub>4</sub> Spinel. *Minerals* 2022, 12, 1474. – URL: <https://doi.org/10.3390/min12111474>

6. Zimnukhova A. E., Zimnukhov M. A., Belyavskaya O. Sh. Study of wastewater sludge from treatment treatments as a fertilizer for landscaping of territories of various purposes // Bulletin of Youth Science. 2021. No. 1 (28). – URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/issledovanie-osadka-stochnyh-vod-ochistnyh-sooruzheniy-kak-udobreniya-dlya-ozeleneniya-territoriy-razlichnogo-naznacheniya>.

7. Novikova, O. K. Treatment of wastewater sludge: textbook. - method. manual / O. K. Novikova; M-vo transp. and communications of the Republic of Belarus, Belarusian state University of transport - Gomel: BelSUT, 2015. - 96 p.
8. Pekhota, A. N. Multicomponent solid fuel / A. N. Pekhota; M-vo transp. and communications of the Republic of Belarus, Belarusian state. un-t transp. - Gomel: BelGUT, 2021. - 243 p.
9. Chaiwong S., Kuttathep T., Chirasuvannaphot Y. et al. (2023) Novel multifunctional adsorbents based on sewage sludge for municipal wastewater treatment. *J Appl Sci Eng* 27:3127–3146. – URL: [https://doi.org/10.6180/jase.202409\\_27\(9\).0010](https://doi.org/10.6180/jase.202409_27(9).0010)
10. Tomina E., Kurkin N., Konkina D. Nanoscale ZnFe<sub>2</sub>O<sub>4</sub> Catalyst for Wastewater Treatment from Dyes by Oxidative Degradation. *Ecology and Industry of Russia*. 2022;26(5):17-21. (In Russ.). – URL: <https://doi.org/10.18412/1816-0395-2022-5-17-21>.

DOI: 10.58168/TBiEc2025\_225-232

УДК 628.4.03

## ОТХОДЫ НА ЗЕМЛЯХ ЛЕСНОГО ФОНДА: ПОТЕНЦИАЛ ДЛЯ ЭКОНОМИКИ ЗАМКНУТОГО ЦИКЛА

WASTE ON FOREST LANDS: POTENTIAL FOR A CLOSED LOOP ECONOMY

**Морковина С.С.**, д.э.н., доцент ФГБОУ ВО «Воронежский государственный лесотехнический университет имени Г.Ф. Морозова», Воронеж, Россия.

**Кузнецов Д.К.**, к.э.н., доцент ФГБОУ ВО «Воронежский государственный лесотехнический университет имени Г.Ф. Морозова», Воронеж, Россия.

**Лопатин В.Л.**, аспирант ФГБОУ ВО «Воронежский государственный лесотехнический университет имени Г.Ф. Морозова», Воронеж, Россия.

**Morkovina S.S.**, doctor of Economics, Associate Professor, Voronezh State Forest Engineering University named after G.F. Morozov, Voronezh, Russia.

**Kuznetsov D.K.**, candidate of Economics, Associate Professor, Voronezh State Forest Engineering University named after G.F. Morozov, Voronezh, Russia.

**Lopatin V.L.**, postgraduate Student, Voronezh State Forest Engineering University named after G.F. Morozov, Voronezh, Russia.

**Аннотация:** в статье рассмотрены ключевые вопросы формирования и переработки отходов в лесном комплексе страны. Показано, что совершенствование нормативного правового регулирования в области лесных отношений, а также в области отходов производства и потребления будет способствовать сокращению количества несанкционированных свалок на землях лесного фонда. Развитие количественных и качественных оценок отходов производства и потребления на землях лесного фонда, позволяет не только определить размер затрат на их обезвреживание, но дать оценку возможностям их переработки на принципах циркулярной экономики.

**Abstract:** the article examines key issues of waste formation and processing in the country's forestry complex. It is shown that improvement of legal regulation in the field of forestry relations, as well as in the field of production and consumption waste, will help reduce the number of unauthorized dumps on forest fund lands. The development of quantitative and qualitative assessments of production and consumption waste on forest fund lands allows not only to determine the amount of costs for their disposal, but also to assess the possibilities of their processing on the principles of a circular economy.

**Ключевые слова:** отходы, лесной фонд, экономика.

**Keywords:** waste, forestry, economy.

Экологическая повестка выходит на первое место в ключевых вопросах современности. Все чаще на всех уровнях власти слышны призывы к сокращению выбросов углерода и изменении тенденций к избыточному потреблению.

В этом плане циркулярная экономика (экономика замкнутого цикла) способна обеспечить не только экономическое развитие, но и рациональное использование природных ресурсов. Развитие механизмов замкнутого цикла, позволяющего обеспечить эффективное использование ресурсов, в первую очередь за счет зеленых инноваций, экологического мышления и целеустремленности, формирует условия для вовлечения в хозяйственный оборот все большего количества и номенклатуры отходов производства и потребления.

По оценкам Российского экологического оператора ежегодно в России образуется 7 млрд. тонн отходов [1]. Указом Президента Российской Федерации от 7 мая 2024 г. № 309 поставлена следующая цель: «формирование экономики замкнутого цикла, обеспечивающей к 2030 году сортировку 100 процентов объема ежегодно образуемых твердых коммунальных отходов, захоронение не более чем 50 процентов таких отходов и вовлечение в хозяйственный оборот не менее чем 25 процентов отходов производства и потребления в качестве вторичных ресурсов и сырья» [2].

При этом, федеральным проектом «Экономика замкнутого цикла» предусмотрено вовлечение отходов производства и потребления в отрасли народного хозяйства [3] (рисунок 1).

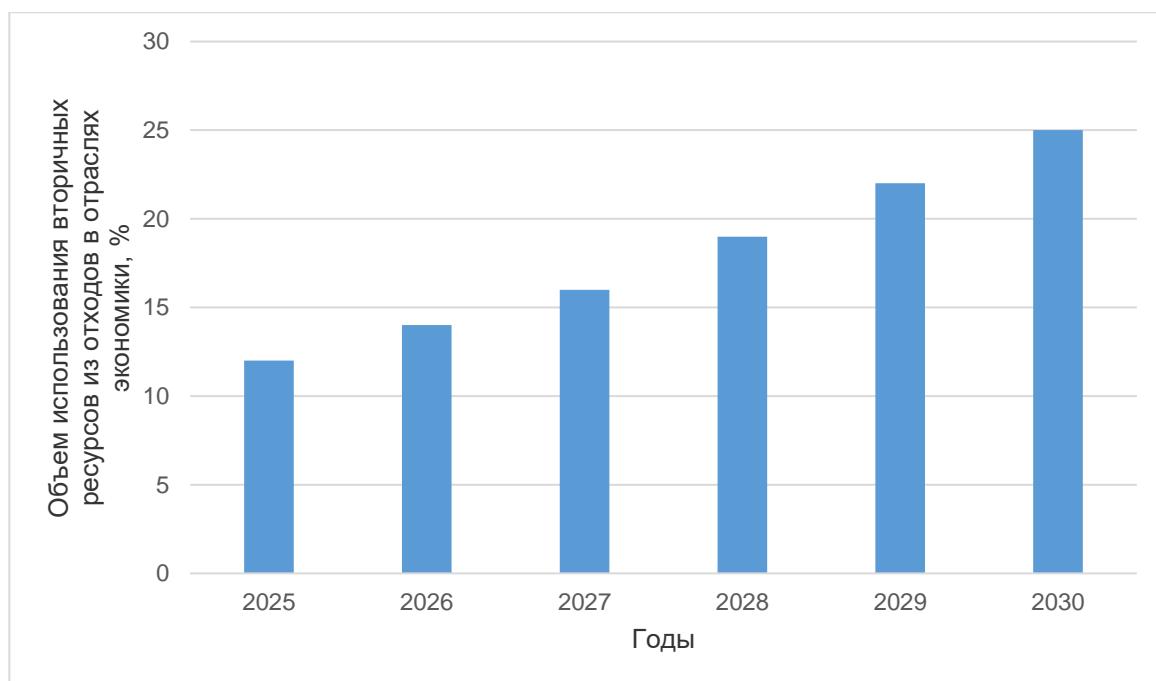


Рисунок 1 – Объем использования вторичных ресурсов из отходов в отраслях экономики, %

К 2030 году, согласно данным федерального проекта, в хозяйственный оборот должно быть вовлечено 25% всех отходов, являющихся вторичным сырьем. С точки зрения видов отходов в сфере лесного хозяйства существует множество различных классификационных

подходов. В одном из исследований предлагается рассматривать следующие виды отходов лесного хозяйства и лесной промышленности (рисунок 2), которые могут быть вовлечены в хозяйственную деятельность по иным отраслям и сферам деятельности.



Вместе с тем, в лесном хозяйстве России вопросы использования отходов производства и потребления остаются неурегулированными. Несмотря на разъяснения уполномоченного федерального органа исполнительной власти [5] и результаты судебной практики [6], вовлечение в отрасли народного хозяйства отходов лесного комплекса представляется до настоящего времени предметом дискуссии.

Необходимо отметить, что дальнейшее развитие лесного хозяйства должно не просто обеспечивать утилизацию отходов и ликвидацию несанкционированных свалок на землях лесного фонда, но и сформировать условия для вовлечения таких отходов в хозяйственный оборот. Так, государственной программой Красноярского края в сфере лесного хозяйства предусмотрена только ликвидация свалок на землях лесного фонда. В 2025 году планируется очистка лесов региона от захламления в сумме 24,8 млн рублей [7].

Соответствующие положения предусмотрены государственной программой в сфере лесного хозяйства Забайкальского края [8], где указывается на необходимость вовлечения в хозяйственный оборот не только древесных отходов, но и низкотоварной древесины. На территории Алтайского края в соответствующей государственной программе вопросы обращения с отходами на землях лесного фонда не рассматриваются, однако, большое внимание уделено несанкционированным свалкам на территории городов [9].

В целом, программными документами на региональном уровне в сфере лесного хозяйства вопросы вовлечение отходов производства и потребления в хозяйственный оборот не регулируются, что создает условия для неопределенности государственных мер в отношении несанкционированных свалок и мест размещения отходов на землях лесного фонда.

В связи с этим, необходимо установить количественно объемы образования отходов производства и потребления в лесном комплексе, что позволит определить целесообразность

дальнейшего вовлечения конкретных объемов таких отходов в хозяйственных оборот. В настоящее время одним из немногих источников информации о количественной оценке соответствующих отходов является форма статистического наблюдения 2-ТП «Отходы», сбор и обработка которой осуществляется Росприроднадзором (рисунок 3).



Рисунок 3 – Образование отходов лесного комплекса по данным формы «2-ТП (отходы)» в 2024 году (фрагмент)

В соответствующей статистической форме предусмотрено огромное количество видов отходов производства и потребления в сфере лесного хозяйства и лесной промышленности, в том числе, отходы подстилки из древесных опилок, горбыль, щепа, шлам, отсев, рейки и др.

Вместе с тем, для принятия взвешенных инвестиционных решений данных в соответствующей форме недостаточно. Так, в ней отсутствует информация о качественном составе отходов (то есть, о возможности их использования в дальнейшем производстве), а также совмещение видов отходов и разделения таких отходов по регионам. Это не позволяет задействовать их в хозяйственной деятельности, а способствует их утилизации и обработке.

Однако, представленные статистические сведения требуют тщательного анализа, в том числе, в динамике, поскольку количественная оценка потенциала отходов производства и потребления в лесном комплексе для использования в отраслях народного хозяйства до настоящего времени не проводилась, а, следовательно, невозможно в полной мере

обеспечить какую-либо инвестиционную привлекательность для их использования в рамках экономики замкнутого цикла.

Кроме того, ведения статистической отчетности в части несанкционированных свалок на землях лесного фонда не ведется, что не позволяет оценить реальные объемы отходов, которые могут быть вовлечены в экономику замкнутого цикла. Общая форма, ведение которой осуществляется Росприроднадзором, не включает в себя разделение по категориям земель, а также объемные показатели отходов по несанкционированным свалкам.

Исходя из этого, целесообразно дальнейшее развитие количественных и качественных оценок отходов производства и потребления на землях лесного фонда, поскольку такие оценки позволяют определить конкретную отрасль для дальнейшего использования соответствующих отходов.

Специалисты отмечают, что использование отходов производства и потребления лесного фонда может осуществляться по следующим направлениям [10]:

1. Развитие сферы биотоплива.
2. Производство отдельных видов продукции лесного комплекса, в том числе, плит, древесной муки, и др.
3. Развитие лесохимического производства.

По оценкам экспертов объемы накопления отходов в различных сферах лесной промышленности составляет: по лесозаготовкам и лесному хозяйству – до 37%, по лесопилению – до 48%, в рамках плитного производства – до 10%, на фанерном производстве – до 52%, при комбинированном производстве – до 27%, а в рамках лесохимического производства – до 38% [11].

Представленные оценки свидетельствуют о том, что в ходе развития лесного комплекса образуется существенное количество древесных отходов, которые могут быть использованы как в смежных, так и в иных отраслях и сферах деятельности. Изложенное показывает необходимость включения соответствующих отходов в экономику замкнутого цикла, формируемую в России.

В этих целях следует обеспечить:

Во-первых, проведение качественной оценки отходов производства и потребления в Российской Федерации, образуемых на землях лесного фонда, что позволит установить потенциал их вторичного использования.

Во-вторых, осуществить классификацию выявленных отходов производства и потребления, которая бы позволила сформировать балансовые модели для отраслей народного хозяйства, где используемые отходы могли бы повысить эффективность ведения экономической деятельности.

В-третьих, обеспечить формирование организационно-экономической модели использования отходов производства и потребления на землях лесного фонда, включающей общие принципы использования таких отходов, модели их вовлечения в хозяйственную деятельность, показатели и методику оценки эффективности их использования.

В-четвертых, совершенствование нормативного правового регулирования в области лесных отношений, а также в области отходов производства и потребления, что позволит на практике реализовать разработанные организационно-экономические модели.

В-пятых, разработать методические подходы к оценке эффективности вовлечения отходов на землях лесного фонда в хозяйственную деятельность по отраслям экономики.

Представленные направления развития сферы использования отходов производства и потребления земель лесного фонда в отраслях народного хозяйства позволят повысить эффективность ведения лесного хозяйства и производства продукции лесной промышленности, а также будут способствовать развитию экономики замкнутого цикла в России.

Таким образом, в рамках настоящей работы была показана необходимость совершенствования подходов к развитию экономики замкнутого цикла в части использования в отраслях народного хозяйства России отходов производства и потребления земель лесного фонда. Установлена концептуальная возможность использования организационно-экономических моделей с использованием отходов производства и потребления в различных видах экономической деятельности, позволяющих повысить эффективность использования ресурсов по отраслям. Определены проблемные вопросы количественной и качественной оценки таких отходов, а также правового механизма их использования в иных отраслях экономики страны.

### **Список литературы**

1. Единая цифровая платформа экономики замкнутого цикла / Российский экологический оператор. – URL: <https://reo.ru/ezc> (дата обращения: 17.05.2025).
2. Указ Президента Российской Федерации от 7 мая 2024 г. № 309 «О национальных целях развития Российской Федерации на период до 2030 года и на перспективу до 2036 года» / СПС Гарант. – URL: <https://www.garant.ru/products/ipo/prime/doc/408892634/> (дата обращения: 06.05.2025).
3. Паспорт федерального проекта «Экономика замкнутого цикла» / Сайт Министерства природных ресурсов и экологии Липецкой области. – URL: [https://экология-48.рф/wp-content/uploads/2025/02/fp\\_ekonomika\\_zamknutogo\\_cikla.pdf](https://экология-48.рф/wp-content/uploads/2025/02/fp_ekonomika_zamknutogo_cikla.pdf) (дата обращения: 30.04.2025).
4. Степанов, В. И. Отходы лесной промышленности и их использование в национальном хозяйстве / В. И. Степанов, Н. А. Мезина // Вестник Российского экономического университета имени Г.В. Плеханова. – 2012. – № 3(45). – С. 83-88.
5. Разъяснение по вопросу ликвидации загрязнения бытовыми и промышленными отходами лесных участков / СПС Гарант. – URL: <https://www.garant.ru/products/ipo/prime/doc/72059558/> (дата обращения: 03.05.2025).

6. Ликвидация несанкционированных свалок на лесных участках, находящихся в аренде / Сайт Службы по контролю и надзору в сфере охраны окружающей среды, объектов животного мира и лесных отношений Ханты-Мансийского автономного округа – Югры. – URL: <https://prirodnadzor.admhmao.ru/vse-novosti/9902223/> (дата обращения: 12.05.2025).

7. Постановление Правительства Красноярского края от 30 сентября 2013 года № 513-п «Об утверждении государственной программы Красноярского края «Развитие лесного хозяйства, воспроизводство и использование природных ресурсов» / Электронный фонд правовых и нормативно-технических документов. – URL: <https://docs.cntd.ru/document/465804575?marker=64U0IK> (дата обращения: 14.05.2025).

8. Постановление Правительства Забайкальского края от 18 июля 2014 года № 404 «Об утверждении государственной программы Забайкальского края «Развитие лесного хозяйства Забайкальского края» / Электронный фонд правовых и нормативно-технических документов. – URL: <https://docs.cntd.ru/document/412715933> (дата обращения: 14.05.2025).

9. Постановление Правительства Алтайского края от 28 декабря 2023 года № 538 «Об утверждении государственной программы Алтайского края «Охрана окружающей среды, воспроизводство и рациональное использование природных ресурсов, развитие лесного хозяйства Алтайского края» / Электронный фонд правовых и нормативно-технических документов. – URL: <https://docs.cntd.ru/document/407056512?marker=64U0IK> (дата обращения: 14.05.2025).

10. Оценка объемов и возможные пути использования отходов лесозаготовок на примере Красноярского края / В. И. Дитрих, А. А. Андрияс, А. И. Пережилин, В. П. Корпачев // Хвойные бореальной зоны. – 2010. – Т. 27, № 3-4. – С. 346-351.

11. Мохирев, А. П. Переработка древесных отходов предприятий лесопромышленного комплекса, как фактор устойчивого природопользования / А. П. Мохирев, Ю. А. Безруких, С. О. Медведев // Инженерный вестник Дона. – 2015. – № 2-2(36). – С. 81.

## References

1. Einheitliche digitale Plattform für die Kreislaufwirtschaft / Russischer Ökologischer Betreiber. – URL: <https://reo.ru/ezc> (Zugriffsdatum: 17.05.2025).
2. Erlass des Präsidenten der Russischen Föderation vom 7. Mai 2024 Nr. 309 „Über die nationalen Entwicklungsziele der Russischen Föderation für den Zeitraum bis 2030 und für die Zukunft bis 2036“ / SPS Garant. – URL: <https://www.garant.ru/products/ipo/prime/doc/408892634/> (Zugriffsdatum: 06.05.2025).
3. Reisepass des föderalen Projekts „Kreislaufwirtschaft“ / Website des Ministeriums für natürliche Ressourcen und Umwelt der Region Lipezk. – URL: [https://экология-48.рф/wp-content/uploads/2025/02/fp\\_ekonomika\\_zamknutogo\\_cikla.pdf](https://экология-48.рф/wp-content/uploads/2025/02/fp_ekonomika_zamknutogo_cikla.pdf) (Zugriffsdatum: 30.04.2025).

4. Stepanov, V. I. Abfälle der Forstwirtschaft und ihre Verwendung in der Volkswirtschaft / V. I. Stepanov, N. A. Mezina // Bulletin der Russischen Plechanow-Universität für Wirtschaft. – 2012. – Nr. 3 (45). – S. 83–88.

5. Erläuterung zur Beseitigung der Verschmutzung von Waldgebieten durch Haushalts- und Industrieabfälle / SPS Garant. – URL: <https://www.garant.ru/products/ipo/prime/doc/72059558/> (Zugriffsdatum: 03.05.2025).

6. Liquidierung nicht genehmigter Deponien in gepachteten Waldgebieten / Website des Dienstes für Kontrolle und Überwachung des Umweltschutzes, der Wildtiere und der Waldbeziehungen des Autonomen Kreises der Chanten und Mansen – Jugra. – URL: <https://prirodnadzor.admhmao.ru/vse-novosti/9902223/> (Zugriffsdatum: 12.05.2025).

7. Beschluss der Regierung der Region Krasnojarsk vom 30. September 2013 Nr. 513-p „Zur Genehmigung des staatlichen Programms der Region Krasnojarsk „Entwicklung der Forstwirtschaft, Reproduktion und Nutzung natürlicher Ressourcen“ / Elektronischer Fonds rechtlicher und regulatorischer Dokumente. – URL: <https://docs.cntd.ru/document/465804575?marker=64U0IK> (Zugriffsdatum: 14.05.2025).

8. Beschluss der Regierung der Region Transbaikalien vom 18. Juli 2014 Nr. 404 „Zur Genehmigung des staatlichen Programms der Region Transbaikalien „Entwicklung der Forstwirtschaft in der Region Transbaikalien“ / Elektronischer Fonds rechtlicher und regulatorisch-technischer Dokumente. – URL: <https://docs.cntd.ru/document/412715933> (Zugriffsdatum: 14.05.2025). 9. Beschluss der Regierung der Region Altai vom 28. Dezember 2023 Nr. 538 „Zur Genehmigung des staatlichen Programms der Region Altai „Umweltschutz, Reproduktion und rationelle Nutzung natürlicher Ressourcen, Entwicklung der Forstwirtschaft in der Region Altai“ / Elektronischer Fonds rechtlicher und regulatorisch-technischer Dokumente. – URL: <https://docs.cntd.ru/document/407056512?marker=64U0IK> (Zugriffsdatum: 14.05.2025).

10. Bewertung von Mengen und Verwendungsmöglichkeiten von Holzabfällen am Beispiel der Region Krasnojarsk / V. I. Dietrich, A. A. Andrias, A. I. Perezhilin, V. P. Korpachev // Nadelbäume der borealen Zone. – 2010. – Bd. 27, Nr. 3–4. – S. 346–351.

11. Mokhirev, A. P. Verarbeitung von Holzabfällen von Forstwirtschaftsunternehmen als Faktor nachhaltiger Naturbewirtschaftung / A. P. Mokhirev, Yu. A. Bezrukikh, S. O. Medvedev // Ingenieurbulletin des Don. – 2015. – Nr. 2-2 (36). – S. 81.

DOI: 10.58168/TBiEc2025\_233-239

УДК 630\*68 + 630\*85

## ОЦЕНКА ВОЗМОЖНОСТИ ДИВЕРСИФИКАЦИИ ПРОДУКЦИИ ИЗ ЛЕСОСЕЧНЫХ ОТХОДОВ

### ASSESSING THE POTENTIAL FOR DIVERSIFICATION OF PRODUCTS FROM LOGGING RESIDUES

**Мохирев А.П.**, д.т.н., профессор ФГАОУ ВО «Сибирский федеральный университет», Красноярск, Россия.

**Зырянов М.А.**, к.т.н., доцент ФГАОУ ВО «Сибирский федеральный университет», Красноярск, Россия.

**Mokhirev A.P.**, doctor of Technical Sciences, Professor, Siberian Federal University, Krasnoyarsk, Russia.

**Zyryanov M.A.**, candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Siberian Federal University, Krasnoyarsk, Russia.

**Аннотация:** статья посвящена анализу перспектив трансформации российского лесопромышленного комплекса (ЛПК) в условиях изменения глобальных рынков сбыта. Рассматривается переход от сырьевой модели экспорта к глубокой переработке лесосечных отходов, позволяющей создавать продукцию с высокой добавленной стоимостью. Особое внимание уделяется региональным возможностям России, технологическим инновациям (биоэнергетика, лесохимия, цифровизация) и институциональным мерам поддержки. Обосновывается экономическая эффективность переработки отходов, потенциал создания новых рабочих мест и экспортные перспективы на рынках Азии, Ближнего Востока и Латинской Америки.

**Abstract:** the article analyzes the prospects for transforming the Russian timber industry in the context of changing global markets. It explores the shift from a raw material export model to the deep processing of logging residues, enabling the production of high value-added goods. Special attention is paid to regional opportunities in Russia, technological innovations (bioenergy, wood chemistry, digitalization), and institutional support measures. The economic efficiency of waste processing, the potential for job creation, and export opportunities in Asian, Middle Eastern, and Latin American markets are substantiated.

**Ключевые слова:** лесопромышленный комплекс, глубокая переработка, лесосечные отходы, экспортная стратегия, региональное развитие, технологическая модернизация, устойчивое лесопользование

**Keywords:** timber industry, deep processing, logging residues, export strategy, regional development, technological modernization, sustainable forest management

В современных условиях глобальной трансформации международных торговых отношений российский лесопромышленный комплекс стоит перед необходимостью

кардинального пересмотра стратегии экспорта, при этом особое значение приобретают сырьевые и технологические возможности лесных регионов России.

Сложившаяся за последние десятилетия сырьевая модель, ориентированная преимущественно на поставки круглого леса и базовых пиломатериалов, переживает кризис в связи с изменением геополитической ситуации и логистических маршрутов [1, 2]. В этом контексте порубочные остатки, долгое время рассматривавшиеся как отходы лесозаготовки, приобретают стратегическое значение как ресурс для создания новой линейки экспортной продукции с высокой добавленной стоимостью [3, 4]. Анализ текущей ситуации показывает, что традиционные рынки сбыта лесной продукции в Европе и Северной Америке сократили закупки на 35-40 %, в то время как страны Азиатско-Тихоокеанского региона, Ближнего Востока и Латинской Америки демонстрируют устойчивый рост спроса на специализированную продукцию из древесины. Однако проникновение на эти рынки требует принципиально иного подхода к ассортименту и качеству предлагаемых товаров, а также максимального использования потенциала российских лесных регионов.

Россия обладает крупнейшими в мире лесными ресурсами – около 25% мировых запасов древесины, но использует лишь 22% расчетной лесосеки, при этом до 50% биомассы остаётся невостребованной в виде отходов [5]. Особую актуальность приобретает развитие направлений глубокой переработки лесосечных отходов, позволяющих создавать продукты с уникальными потребительскими свойствами [6]. Ветви, кора, сучья и другие виды отходов лесозаготовки, составляющие до 30% биомассы, содержат ценные химические компоненты, которые могут стать основой для производства широкого спектра товаров [7]. Современные технологии позволяют трансформировать эти отходы в биоэнергетические продукты премиального качества, такие как топливные гранулы стандарта ENPlus A1, особенно востребованные на рынках Японии и Южной Кореи. Пиролизная переработка дает возможность производить биоуголь с заданными характеристиками для металлургической промышленности Индии и Бразилии, где экологические стандарты становятся все более жесткими [3]. Древесные брикеты с улучшенными энергетическими показателями находят устойчивый спрос в Турции и странах Персидского залива, где активно развиваются программы перехода на возобновляемые источники энергии. Химическая переработка лесосечных отходов открывает перспективы выхода на высокомаржинальные нишевые рынки. Лигносульфонаты, получаемые из отходов древесины, востребованы нефтедобывающей промышленностью Ирана и Ирака в качестве реагентов для повышения нефтеотдачи пластов.

Технологии извлечения ванилина из лигнина позволяют создавать продукцию для фармацевтической отрасли Китая, где наблюдается дефицит натуральных ароматизаторов [3]. Производство фурфурола - ценного химического сырья для различных отраслей промышленности - может удовлетворить растущий спрос индийского рынка, который сегодня зависит от импорта этой продукции. Важно отметить, что все эти направления переработки не требуют значительного увеличения объемов лесозаготовки, а

основаны на использовании уже существующих отходов, что соответствует принципам устойчивого развития и циркулярной экономики.

Строительные материалы нового поколения на основе лесосечных отходов представляют особый интерес для рынков с высокими требованиями к экологичности и энергоэффективности. Древесно-полимерные композиты с улучшенными эксплуатационными характеристиками находят все большее применение в странах Персидского залива, где сочетание высокой температуры и влажности предъявляет особые требования к строительным материалам. Термообработанные декинг-доски из отходов древесины пользуются спросом в премиальном сегменте Сингапура и Малайзии, где ценятся натуральные материалы с длительным сроком службы. Разработка огнестойких панелей на основе древесных отходов открывает перспективы выхода на строительный рынок Вьетнама и других быстроразвивающихся стран Юго-Восточной Азии, где остро стоит проблема обеспечения пожарной безопасности. Реализация экспортного потенциала переработки лесосечных отходов требует решения ряда технологических задач. Особое значение приобретает внедрение модульных установок каталитического пиролиза средней мощности (15-20 тыс. тонн в год), которые могут быть развернуты в непосредственной близости от источников сырья. Развитие компактных биохимических комплексов позволит организовать производство ценных химикатов непосредственно в лесных регионах, минимизируя логистические издержки.

Совершенствование технологий глубокой очистки и фракционирования лигнина необходимо для обеспечения стабильного качества экспортной продукции. Автоматизированные системы контроля качества становятся обязательным условием соответствия строгим требованиям новых рынков сбыта. Экономический анализ показывает значительный потенциал переориентации экспорта на продукцию глубокой переработки лесосечных отходов. Расчеты демонстрируют, что переработка 1 млн тонн отходов позволяет увеличить экспортную выручку в несколько раз при производстве продукции с высокой добавленной стоимостью [6]. Такая трансформация создаст 1200-1500 новых высокотехнологичных рабочих мест в лесных регионах, обеспечит окупаемость инвестиций за 5-10 лет и увеличит налоговые отчисления в 2,5-3 раза. При этом важно учитывать региональную специфику: для Дальнего Востока наиболее перспективны поставки биоугля и строительных материалов в Китай, Северо-Запад может сосредоточиться на производстве биохимикатов, Сибирь - на выпуске топливных гранул для стран АТР, а Центральный регион - на глубокой переработке для ближневосточных рынков [3].

Для успешной реализации экспортного потенциала переработки лесосечных отходов необходимо создание благоприятных институциональных условий. Формирование отраслевого консорциума экспортёров продукции из отходов позволит консолидировать ресурсы и компетенции. Разработка системы сертификации продукции, соответствующей требованиям новых рынков, является обязательным условием выхода на международные рынки. Организация специализированных логистических хабов поможет преодолеть

транспортные ограничения, а развитие системы страхования экспортных поставок снизит коммерческие риски. Государственная поддержка в виде налоговых льгот для предприятий, занимающихся глубокой переработкой отходов, и финансирования научных исследований в этой области может стать катализатором процесса переориентации экспорта. В долгосрочной перспективе переработка лесосечных отходов может стать драйвером трансформации всего лесопромышленного комплекса России, способствуя переходу от сырьевой модели к экономике замкнутого цикла [3, 8]. Развитие этого направления не только позволит компенсировать потери традиционных рынков сбыта, но и создаст принципиально новые конкурентные преимущества российской лесной продукции на международной арене.

Ключевыми факторами успеха станут технологическая модернизация, создание гибких производственных систем, способных оперативно реагировать на изменения рыночной конъюнктуры, и развитие международной кооперации с новыми торговыми партнерами [7, 9, 10]. Реализация этого потенциала требует скоординированных усилий государства, бизнеса и научного сообщества для создания комплексной системы переработки лесосечных отходов, ориентированной на потребности новых экспортных рынков [2]. В частности, Сибирь и Дальний Восток с их запасами хвойных пород сосны и лиственницы могут стать центрами производства топливных гранул и биоугля, особенно учитывая близость к рынкам Китая и других стран АТР. Иркутская область уже демонстрирует успешный пример, запустив в 2024 году целлюлозно-картонный комбинат стоимостью 100 млрд рублей, ориентированный на экспорт. Северо-Западные регионы, такие как Архангельская область и Республика Коми, с их развитой целлюлозно-бумажной промышленностью, имеют потенциал для химической переработки лигнина в ванилин и фурфурол для поставок в Китай и Индию. Центральная Россия, включая Вологодскую и Костромскую области, может сосредоточиться на производстве древесно-полимерных композитов для рынков Ближнего Востока, где спрос на экологичные строительные материалы растёт. Важно отметить, что малоиспользуемые лиственные породы, такие как берёза и осина, в регионах типа Башкортостана и Татарстана также могут стать ценным сырьём для производства фанеры и биохимиков. Внедрение цифровых технологий, таких как космический мониторинг системы "Кедр" с погрешностью менее 3% и лазерное сканирование в рамках проекта "Открытый лес", позволит оптимизировать использование лесных ресурсов и минимизировать отходы. Биоэнергетические технологии, включая производство пеллет и биоугля, особенно актуальны для северных регионов, где переход на пеллетные котельные может снизить себестоимость энергии в 10 раз. Для определения эффективного портфеля товарной продукции и технологической цепочки для его производства авторами настоящей статьи предложен алгоритм и методика его решения, основанный на графоаналитическом моделировании [7]. Методика учитывает спрос на продукцию, себестоимость технологической цепочки в различные периоды года, а также специфику и характеристики сырья.

Перспективным направлением является развитие производства наноцеллюлозы, хотя Россия пока отстаёт в этой области от мировых лидеров. Государственная поддержка в рамках Стратегии-2030, предусматривающей рост вклада ЛПК в ВВП до 1% и строительство 2000 км лесных дорог ежегодно, а также запрет на экспорт необработанной древесины, создают благоприятные условия для развития глубокой переработки. Инвестиции в ЛПК в 2024 году выросли на 16,4%, достигнув 117 млрд рублей, а поддержка Минпромторга в размере 3,5 млрд рублей для 77 предприятий свидетельствует о внимании государства к этой отрасли. Создание транспортных хабов в ключевых регионах, таких как порты Владивостока и Находки на Дальнем Востоке для поставок в АТР и порт Усть-Луга на Северо-Западе для экспорта в Европу и на Ближний Восток, является важным элементом инфраструктурного развития [1].

Таким образом, трансформация экспортной стратегии российского лесопромышленного комплекса на основе глубокой переработки лесосечных отходов с учётом региональных особенностей и внедрения современных технологий открывает новые перспективы для выхода на растущие рынки Азии, Ближнего Востока и Латинской Америки [3]. Этот процесс требует комплексного подхода, включающего технологическую модернизацию, развитие инфраструктуры, государственную поддержку и международное сотрудничество, что в конечном итоге позволит России перейти от сырьевой модели к экономике замкнутого цикла в лесном секторе.

*Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда и Красноярского краевого фонда науки № 25-11-20033, <https://rscf.ru/project/25-11-20033/>*

### Список литературы

1. Чернова С. Г. Проблемы лесной логистики и их решение // Социально-экономический и гуманитарный журнал. – 2025. – № 1(35). – С. 27-36. – DOI 10.36718/2500-1825-2025-1-27-36.
2. Прядилина Н.К., Морковина С.С., Лобовиков М.А. Влияние санкций, запретов и ограничений на российскую лесную промышленность // Вестник Алтайской академии экономики и права. – 2024. – № 5-1. – С. 93-99. – DOI 10.17513/vaael.3418
3. Baykova, O. V. The entrepreneurial method as a way to solve the problems of processing wood waste in a circular economy / O. V. Baykova, V. N. Pugach, A. V. Kazakov // Theoretical and Applied Ecology. – 2022. – No. 4. – P. 224-231. – DOI 10.25750/1995-4301-2022-4-224-231.
4. Zyugyanov, M. Study of the possibility of using logging residue for the production of wood processing enterprises / M. Zyugyanov, S. Medvedev, A. Mokhirev // Journal of Applied Engineering Science. – 2020. – Vol. 18, No. 1. – P. 15-18. – DOI 10.5937/jaes18-22611.
5. Медведев, С. О. Теоретические аспекты переработки древесных отходов лесопромышленного комплекса / С. О. Медведев, Ю. А. Безруких // Актуальные направления научных исследований XXI века: теория и практика. – 2015. – Т. 3, № 9-2(20-2). – С. 209-213.

– DOI 10.12737/16468.

6. Russian Timber Industry: Current Situation and Modelling of Prospects for Wood Biomass Use / S. O. Medvedev, M. A. Zyryanov, A. P. Mokhirev [et al.] // International Journal of Design and Nature and Ecodynamics. – 2022. – Vol. 17, No. 5. – P. 745-752. – DOI 10.18280/ijdne.170512.

7. Технологический алгоритм производства продукции из порубочных остатков / А. П. Мохирев, К. П. Рукомойников, М. М. Герасимова [и др.] // Известия высших учебных заведений. Лесной журнал. – 2023. – № 1(391). – С. 153-171. – DOI 10.37482/0536-1036-2023-1-153-171.

8. Кочева, М. Н. Использование древесных отходов в лесной промышленности и разработка предложений по переработке их на предприятиях Республики Коми / М. Н. Кочева // Вестник Московского государственного университета леса - Лесной вестник. – 2016. – Т. 20, № 3. – С. 35-40.

9. Вукович, Н. А. Биоэнергетика как драйвер развития зеленой экономики в России / Н. А. Вукович, О. А. Полянская // Beneficium. – 2020. – № 4(37). – С. 4-10.

10. Технологические цепочки и системы машин для сбора и переработки древесной биомассы в топливную щепу при сплошнолесосечной заготовке в сортиментах / Ю. В. Суханов, Ю. Ю. Герасимов, А. А. Селиверстов, А. П. Соколов // Системы. Методы. Технологии. – 2011. – № 4(12). – С. 101-107.

## References

1. Chernova, S. G. Problems of forest logistics and their solutions // Socio-Economic and Humanitarian Journal. – 2025. – No. 1(35). – Pp. 27-36. – DOI 10.36718/2500-1825-2025-1-27-36.
2. Pryadilina, N. K., Morkovina, S. S., Lobovikov, M. A. Impact of sanctions, bans, and restrictions on the Russian timber industry // Bulletin of the Altai Academy of Economics and Law. – 2024. – No. 5-1. – Pp. 93-99. – DOI 10.17513/vaael.3418.
3. Baykova, O. V., Pugach, V. N., Kazakov, A. V. The entrepreneurial method as a way to solve the problems of processing wood waste in a circular economy // Theoretical and Applied Ecology. – 2022. – No. 4. – Pp. 224-231. – DOI 10.25750/1995-4301-2022-4-224-231.
4. Zyryanov, M., Medvedev, S., Mokhirev, A. Study of the possibility of using logging residue for the production of wood processing enterprises // Journal of Applied Engineering Science. – 2020. – Vol. 18, No. 1. – Pp. 15-18. – DOI 10.5937/jaes18-22611.
5. Medvedev, S. O., Bezrukikh, Yu. A. Theoretical aspects of wood waste processing in the timber industry // Current Trends in Scientific Research of the 21st Century: Theory and Practice. – 2015. – Vol. 3, No. 9-2(20-2). – Pp. 209-213. – DOI 10.12737/16468.
6. Medvedev, S. O., Zyryanov, M. A., Mokhirev, A. P. [et al.] Russian Timber Industry: Current Situation and Modelling of Prospects for Wood Biomass Use // International Journal of Design and Nature and Ecodynamics. – 2022. – Vol. 17, No. 5. – Pp. 745-752. – DOI 10.18280/ijdne.170512.

7. Mokhirev, A. P., Rukomoynikov, K. P., Gerasimova, M. M. [et al.] Technological algorithm for producing products from logging residues // News of Higher Educational Institutions. Forest Journal. – 2023. – No. 1(391). – Pp. 153-171. – DOI 10.37482/0536-1036-2023-1-153-171.
8. Kocheva, M. N. Utilization of wood waste in the timber industry and development of proposals for their processing at enterprises in the Komi Republic // Bulletin of the Moscow State Forest University – Forest Bulletin. – 2016. – Vol. 20, No. 3. – Pp. 35-40.
9. Vukovich, N. A., Polyanskaya, O. A. Bioenergy as a driver of green economy development in Russia // Beneficium. – 2020. – No. 4(37). – Pp. 4-10.
10. Sukhanov, Yu. V., Gerasimov, Yu. Yu., Seliverstov, A. A., Sokolov, A. P. Technological chains and machinery systems for collecting and processing woody biomass into fuel chips during clear-cut logging in assortments // Systems. Methods. Technologies. – 2011. – No. 4(12). – Pp. 101-107.

DOI: 10.58168/TBiEc2025\_240-246

УДК 543.544

**ТЕХНОЛОГИЯ ПОЛУЧЕНИЯ МОДИФИЦИРОВАННОЙ ДРЕВЕСИНЫ  
С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ СТИРОЛСОДЕРЖАЩИХ ОТХОДОВ НЕФТЕХИМИИ**  
TECHNOLOGY FOR THE PRODUCTION OF MODIFIED WOOD USING SULFUR-  
CONTAINING PETROCHEMICAL WASTE

**Никулина Н.С.**, к.т.н., преподаватель ФГБУ ДПО «Воронежский институт повышения квалификации сотрудников ГПС МЧС России», Воронеж, Россия.

**Никулин С.С.**, д.т.н., профессор ФГБОУ ВО «Воронежский государственный университет инженерных технологий», Воронеж, Россия.

**Дмитренков А.И.**, к.т.н., доцент ФГБОУ ВО «Воронежский государственный лесотехнический университет имени Г.Ф. Морозова», Воронеж, Россия.

**Томина Е.В.**, д.х.н., зав. кафедрой химии ФГБОУ ВО «Воронежский государственный лесотехнический университет имени Г.Ф. Морозова», Воронеж, Россия.

**Nikulina N.S.**, PhD in Engineering, teacher of the Voronezh Institute of Advanced Training of Employees of the Ministry of Emergency Situations of Russia, Voronezh, Russia.

**Nikulin S.S.**, doctor of Technical Sciences, Professor of the Voronezh State University of Engineering Technologies, Voronezh, Russia.

**Dmitrenkov A.I.**, PhD in Engineering, Associate Professor FGBOU VO «Voronezh State University of Forestry and Technologies named after G.F. Morozov», Voronezh, Russia.

**Tomina E.V.**, dr. Sci. (Chem.), head of the Department of Chemistry, FGBOU VO «Voronezh State University of Forestry and Technologies named after G.F. Morozov», Voronezh, Russia.

**Аннотация:** в работе исследована технология использования новых составов для модификации натуральной древесины на основе олигомеров, полученных из отходов нефтехимии, содержащих стирол. Для защитной обработки древесины были использованы олигомерные материалы, приготовленные из побочных продуктов производства полибутадиена и стирола. Получение олигомеров осуществляли в присутствии алюмосиликатного катализатора при температуре 160-165 °C в течении 24 часов. Показано, что увеличение содержания стирола в олигомерном продукте способствует снижению водопоглощения и разбухания модифицированной древесины. Установлено, что введение в структуру древесины защитного состава, включающего в себя олигомер из побочных продуктов производства полибутадиена в сочетании с лаком КОРС, обеспечивает эффективную защиту древесных композитов.

**Abstract:** the paper investigates the technology of using new formulations for modifying natural wood based on oligomers obtained from petrochemical waste containing styrene. For the protective treatment of wood, oligomeric materials prepared from by-products of the production of polybutadiene and styrene were used. The oligomers were obtained in the presence of an aluminosilicate catalyst at a temperature of 160-165 0C for 24 hours. It is shown that an increase in

the styrene content in the oligomeric product helps to reduce water absorption and swelling of modified wood. It has been established that the introduction of a protective compound into the wood structure, including an oligomer from the by-products of polybutadiene production in combination with KORS varnish, provides effective protection for wood composites.

**Ключевые слова:** древесина, модификация, олигомеры, побочные продукты производства полибутиадиена и стирола, водопоглощение, разбухание.

**Keywords:** wood, modification, oligomers, by-products of polybutadiene and styrene production, water absorption, swelling.

Несмотря на внедрение новых передовых технологий на действующих промышленных предприятиях, возникают и накапливаются как старые, так и новые отходы и побочные продукты. В большинстве случаев данные отходы и побочные продукты не находят своего применения и сбрасываются на очистные сооружения или выводятся в отвал. С практической точки зрения переработка отходов и побочных продуктов позволяет получить новые продукты и снизить потребление первичных материалов, сохраняя ценное природное сырьё. Однако и до настоящего времени фундаментальных решений по данному вопросу достигнуто не было [1-2].

Анализируя компонентный состав ряда отходов химической, нефтехимической и др. промышленных отраслей можно сделать вывод о том, что в их составе присутствуют ценные и дорогостоящие продукты, которые в ряде случаев получают целенаправленными синтезами с использованием первичного и дорогостоящего углеводородного сырья [3-4].

Получение полибутиадиена на металлокомплексных катализаторах сопровождается протеканием второстепенных реакций, приводящих к возникновению в системе побочных продуктов: димеры, тримеры бутадиена и другие производные [4]. Данные отходы образуются и на других предприятиях с использованием бутадиена, а также в процессе эмульсионной сополимеризации бутадиена со стиролом.

Димеры и тримеры бутадиена (4-винилциклогексен), циклододекатриен-1,5,9, н-додекатетраен-2,4,6,10, содержат непредельные связи и могут служить ценным исходным сырьем как для органического синтеза, так и для получения олигомерных материалов. Полимеризация побочных продуктов производства полибутиадиена (ПППБ) в присутствии радикальных инициаторов протекает с невысоким выходом олигомеров. Для увеличения выхода олигомеров в реакционную смесь вводится стирол, широко используемого в производстве полимеров [5]. Введение стирола позволяет увеличить не только общий выход по целевым продуктам, но и повысить ряд показателей изготовленных олигомеров. На основе данного олигомера был освоен выпуск лакокрасочных материалов, применялся в композиционных составах различного назначения, при изготовлении мастик, герметиков и других товаров.

Однако наличие опалесценции, высокая цветность и др. недостатки сдерживали широкое применение полученных олигомеров. В тоже время, данные олигомеры могут с

успехом использоваться в деревообрабатывающей промышленности для модификации древесины и защитной обработки изделий на её основе [6-8]. Использование в этом направлении олигомерных составов, приготовленных из отходов и побочных продуктов химической и нефтехимической промышленности позволит [9-10] более полно и рационально использовать ценное углеводородное сырье и решить ряд экологических проблем.

Цель данной работы является разработка и исследование новых составов для модификации натуральной древесины на основе олигомеров, полученных из отходов нефтехимии, содержащих стирол, с целью снижения водопоглощения и разбухания древесины.

Для изготовления олигомерного материала использовали побочные продукты производства полибутадиена, включающие в свой состав следующие углеводороды, % мас. : 4-винилциклогексен - 38,2; толуол - 43,4; тяжелый остаток (тримеры бутадиена: 1,5,9-циклододекатриен, н-додекатетраен-2,4,6,10 и другие продукты) – 18,4.

Получение олигомеров на основе ПППБ осуществляли в присутствии алюмосиликатного катализатора, который готовили на основе глин латинского месторождения Воронежской области.

Состав исходной мономерной шихты изменялся в следующих пределах, % мас. - непредельные ПППБ: стирол от 80: 20 до 20: 80. Температурный режим олигомеризационного процесса выдерживали 160-165 °С при продолжительности 24 часа. Изготовленный продукт обладал коротко цепными макромолекулами, что должно было обеспечить ему легкое проникновение в проводящие элементы древесины лиственных пород. Такие пропитывающие составы по своим характеристикам соответствуют лакам и маслам, используемым в деревообрабатывающей промышленности. Показатели олигомеров на основе ПППБ представлены в табл. 1.

Таблица 1 - Показатели олигомерных материалов из ПППБ

Показатели	Содержание стирола, %		
	0	40	80
Бромное число, мг Br2/100 г	163,2	112,1	69,7
Плотность, кг/м3	1060	1062	1066
Температура каплепадения, К	-	-	323

При малом присутствии стирола в олигомере (до 40 %) синтезированный продукт имел маслообразную консистенцию темно-коричневого цвета. Повышение содержание стирола до 80 % мас. приводит к возрастанию вязкости системы и при обычных условиях система теряет маслообразную консистенцию и переходит в твердое состояние с температурой размягчения 35-50 °С.

Молекулярно-массовые показатели синтезированных олигомеров при малом содержании стирола (до 40 %), не превышали 900 ед. При возрастании содержания стирола до 80 % молекулярная масса олигомера повышалась до 1200-1700 ед.

В приготовленный олигомерный продукт вводили 5,0 % мас. сиккатива НФ-1 на олигомеры.

Винилароматические мономеры – дороги и дефицитны. Перспективным в этом плане может служить отход стирольного производства - кубовый остаток. В кубовых остатках ректификационных колонн стирольного производства (КОРС) от его производства дегидрированием этилбензола в зависимости от условий фракционирования печеного масла содержание стирола колеблется от 10 до 50 %, а полистирола – от 15 до 70 %. Таким образом, КОРС может служить основой для проведения частичной замены стирола в мономерной шихте. При олигомеризации непредельных углеводородов в ППППБ дозировку первичного стирола выдерживали 50 %, а КОРС выдерживали 10, 20, 30 % Модификацию натуральной древесины проводили следующим образом.

Подготовленные образцы древесины березы с содержанием влаги 9-12 % загружали в герметично закрытую пропиточную ванну с толуольным раствором олигомера с концентрацией 30-50 %. Обработку образцов проводили при температуре 95 – 100 °C в течение 10 часов. Пропитанные образцы извлекали из ванны и осуществляли дегазации (удалении растворителя и других низкокипящих продуктов). После чего образцы модифицированной древесины подвергали термообработке при 160 – 165 °C в течение 5 часов. Содержание олигомера в образцах составляло 14,8-17,3 %.

Полученные экспериментальные результаты представлены в табл. 2.

Таблица 2 - Показатели древесины, включающей в свой состав олигомер с различным содержанием стирола

Характеристика олигомера	Показатель		
Содержание стирола в олигомере на основе ППППБ, %	Водопоглощение, %	Разбухание в радиальном направлении, %	Разбухание в тангенциальном направлении, %
0	28,0 / 81,9	5,5 / 7,8	8,4 / 9,8
20	25,9 / 74,4	4,9 / 7,0	7,6 / 8,8
40	24,1 / 68,6	4,5 / 6,6	6,9 / 8,0
60	20,2 / 65,3	3,9 / 6,0	6,1 / 7,4
80	18,1 / 60,2	3,1 / 5,4	5,4 / 7,0

Примечание: первая строка - продолжительность испытания 1 сутки; вторая строка - продолжительность испытания 30 суток.

Анализ результатов, представленных в табл. 2, говорят о том, что на стойкость древесно-полимерного композита (ДПК) к действию воды и влаги большое влияние оказывает содержание стирола в исходном олигомере. Чем выше содержание стирола, тем меньше водопоглощение и разбухание модифицированных образцов в воде.

Оценка показателей результатов, представленных в табл. 3 показала, что замена стирола на отход стирольного производства не только не ухудшает показатели модифицированных образцов ДПК, но даже оказывает и положительное влияние. Водопоглощение и разбухание образцов с КОРС было ниже, чем у образцов, приготовленных с таким же содержанием первичного стирола. Данная особенность может быть связана с меньшим количеством кратных связей присутствующих в пропитывающем олигомере с добавкой КОРС. Известно, что, чем больше кратных связей, тем выше гидрофильность системы. В используемом для получения олигомера на основе ППППБ лаке КОРС кроме стирола содержится и полистирол. Это приводит к снижению общего количества кратных связей в пропитывающем материале.

Таблица 3 - Показатели древесины березы, модифицированной олигомером на основе ППППБ и КОРС

Характеристика олигомера		Показатель		
Содержание стирола в ППППБ, %	Присутствие КОРС в ППППБ, %	Водопоглощение, %	Разбухание в радиальном направлении, %	Разбухание в тангенциальном направлении, %
50	0	22,8	4,0	6,1
		67,7	5,6	7,8
50	10	18,3	3,6	5,5
		50,7	5,0	6,7
50	20	15,8	3,1	5,2
		45,4	4,5	6,4
50	30	12,2	2,9	4,6
		41,1	4,3	5,9

Примечание: первая строка - продолжительность испытания 1 сутки; вторая строка - продолжительность испытания 30 суток содержание стирольного компонента выдерживали 50, 60, 70 и 80 %.

Перспективным для получения пропитывающего материала может служить низкомолекулярный полимер на основе КОРС, получаемый его сополимеризацией с малеиновым ангидридом. В промышленных масштабах был освоен выпуск материала на основе КОРС под торговым названием «лак КОРС» (ТУ 38.103279), использовавшийся в лакокрасочной промышленности.

Для этого готовился пропитывающий состав путем смешения олигомера, содержащего стирол из ПППБ, с лаком КОРС. Получали гибридный пропитывающий состав. Для этих целей смешивали толуольный раствор олигомера с содержанием стирола 50 % с 10, 20 и 30 % лака КОРС. Концентрацию пропитывающего гибридного состава выдерживали 40-59 %. Пропитку образцов древесины березы проводили по приведенной выше методике.

Показано, что присутствие малеиновых групп в олигомере приготовленным из кубовых остатков от производства стирола дегидрированием этилбензола в пропитывающем составе повышают его защитные свойства. При этом, ДПК на основе данного гибридного пропитывающего состава обладают более высокими защитными свойствами, чем пропитывающий состав на основе ПППБ со стиролом. Это связано с присутствием малеинового ангидрида в лаке КОРС, входящего в состав гибридного композита. После высокотемпературной термообработки ДПК ангидридные группы обладают повышенной реакционной способностью и взаимодействуют с гидроксилами клетчатки с образованием сложноэфирных химических связей. Прививка олигомерных молекул к компонентам древесины создает прочный древесно-полимерный каркас способный эффективно противостоять действию различных агрессивных сред, в том числе и воды, и влаги.

Таким образом, для защитной обработки древесины и ДПК могут быть использованы олигомерные материалы, приготовленные из ПППБ и стирола. Показано, что увеличение содержания стирола в олигомерном продукте способствует снижению водопоглощения и разбухания модифицированной древесины. Установлено, что введение в структуру натуральной древесины разработанного защитного состава, включающего в себя олигомер из ПППБ в сочетании с лаком КОРС, обеспечивает эффективную защиту получаемому композиту.

### **Список литературы**

1. Бархатов В.И., Добровольский И.П., Капкаев Ю.Ш. Отходы производств и потребления — резерв строительных материалов. Челябинск: ЧГУ. 2017. 477 с.
2. Садчиков А.В., Митрофанов С.В., Соколов В.Ю., Бухмиров В.В., Кокарев Н.Ф. Повышение энергетической эффективности крупных объектов концентрации отходов. Оренбург: ОГУ. 2019. 188с.
3. Филимонова О.Н. Переработка и применение кубовых остатков ректификации стирола. М.: Академия естествознания. 2009. 76 с.
4. Аверко-Антонович Л.А., Аверко-Антонович Ю.О., Давлетбаева И.М., Кирпичников П.А. Химия и технология синтетического каучука. М.: Химия, КолосС. 2008. 357 с.
5. Жагфаров Ф.Г., Григорьева Н.А., Краюшкин Ф.А. Современные тенденции развития рынка и технологии производства полистирола // НефтеГазоХимия. 2023. № 1. С. 27–32.

6. Шамаев, В.А., Никулина Н.С., Медведев И.Н. Модификация древесины: Воронеж: ВГЛТА. 2022. 571 с.
7. Köse C. et al. Production of Lightweight Three-Layered Particleboards Using Waste Tire Rubbers // Drvna industrija. 2023. T. 74. №. 3. P. 277-286.
8. Tanasă F. et al. Physical methods for the modification of the natural fiber's surfaces // Surface Treatment Methods of Natural Fibres and their Effects on Biocomposites // Woodhead Publishing. 2022. P. 125-146.
9. Pizzi A., Papadopoulos A. N., Pollicardi F. Wood composites and their polymer binders // Polymers. 2020. T. 12. №. 5. P. 1115.
10. Никулина Н.С., Дмитренков А.И., Никулин С.С., Томина Е.В. Модификация древесно-волокнистых плит смесью олигомеров из побочных продуктов производства полибутидана и стирола // Системы. Методы. Технологии. 2024. № 2 (62). С. 164-169.

### References

1. Barkhatov V.I., Dobrovolsky I.P., Kapkaev Yu.Sh. Production and consumption waste — a reserve of construction materials. Chelyabinsk: ChSU. 2017. 477 p.
2. Sadchikov A.V., Mitrofanov S.V., Sokolov V.Yu., Bukhmirov V.V., Kokarev N.F. Improving the energy efficiency of large waste concentration facilities. Orenburg: OSU. 2019. 188 p.
3. Filimonova O.N. Processing and application of still residues of styrene rectification. M.: Academy of Natural Sciences. 2009. 76 p.
4. Averko-Antonovich L.A., Averko-Antonovich Yu.O., Davletbaeva I.M., Kirpichnikov P.A. Chemistry and technology of synthetic rubber. M.: Chemistry, KolosS. 2008. 357 p.
5. Zhagfarov F.G., Grigorieva N.A., Krayushkin F.A. Modern trends in the development of the market and technology of polystyrene production // Oil and Gas Chemistry. 2023. No. 1. P. 27-32.
6. Shamaev, V.A., Nikulina N.S., Medvedev I.N. Wood modification: Voronezh: VGLTA. 2022. 571 p.
7. Köse C. et al. Production of Lightweight Three-Layered Particleboards Using Waste Tire Rubbers // Drvna industrija. 2023. T. 74. No. 3. P. 277-286.
8. Tanasă F. et al. Physical methods for the modification of the natural fibers surfaces // Surface Treatment Methods of Natural Fibers and their Effects on Biocomposites // Woodhead Publishing. 2022. P. 125-146.
9. Pizzi A., Papadopoulos A. N., Pollicardi F. Wood compo-sites and their polymer binders // Polymers. 2020. Vol. 12. No. 5. P. 1115.
10. Nikulina N.S., Dmitrenkov A.I., Nikulin S.S., Tomina E.V. Modification of wood-fiber boards with a mixture of oligomers from by-products of polybutadiene and styrene production // Systems. Methods. Technologies. 2024. No. 2 (62). P. 164-169.

DOI: 10.58168/TBiEc2025\_247-252  
 УДК 631.171 : (631.58 + 681.518.3)

## **IoT-УПРАВЛЕНИЕ АГРОТЕХНОЛОГИЯМИ: ОСОБЕННОСТИ СЕНСОРНОГО УРОВНЯ СИСТЕМЫ ПОДДЕРЖАНИЯ ЖИЗНЕННОГО ЦИКЛА ЮВЕНИЛЬНОГО РАСТЕНИЯ**

**IoT-CONTROL OF AGRICULTURAL TECHNOLOGIES: FEATURES OF THE SENSORY LEVEL OF THE SYSTEM FOR MAINTAINING THE LIFE CYCLE OF A JUVENILE PLANT**

**Новиков А.И.**, д.т.н., ведущий научный сотрудник ФГБНУ «Агрофизический научно-исследовательский институт», Санкт-Петербург, Россия

**Новикова Т.П.**, к.т.н., доцент ФГБОУ ВО «Воронежский государственный лесотехнический университет имени Г.Ф. Морозова», Воронеж, Россия

**Чесноков Ю.В.**, д.б.н., член-корреспондент РАН, ФГБНУ «Агрофизический научно-исследовательский институт», Санкт-Петербург, Россия

**Novikov A.I.**, doctor of Technical Sciences, leading researcher, Agrophysical Research Institute, St. Petersburg, Russia,

**Novikova T.P.**, candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Voronezh State University of Forestry and Technologies named after G.F. Morozov», Voronezh, Russia

**Chesnokov Yu.V.**, doctor of Biology Sciences, Professor, Corresponding Member of the Russian Academy of Sciences, Agrophysical Research Institute, St. Petersburg, Russia

**Аннотация:** управление сигналами, формирующими датчиками на сенсорном уровне IoT-системы поддержания жизненного цикла ювенильного растения, сопряжено с возможным временным отсутствием каналов передачи данных. Раскрытие особенностей функционирования сенсорного пула, сочетающего как возможности сбора, так и предварительного хранения данных, позволит свести к минимуму темпоральные риски использования данной системы.

**Abstract:** the control of signals generated by sensors at the sensory level of the IoT-system for maintaining the life cycle of a juvenile plant is associated with the possible temporary absence of data transmission channels. Disclosure of the functioning features of the sensor pool, combining both data collection and pre-storage capabilities, will minimize the temporal risks of using this system.

**Ключевые слова:** восстановление агролесного ландшафта, управление агротехнологиями, агромониторинг, интернет вещей, сенсорный уровень управления, сенсорный пул, автоматизация, почва, растение, атмосфера.

**Keywords:** agrotechnology, agromonitoring, Internet of Things, smart farming, sensory control layer, sensory pool, soil, plant, surface layer.

Функционирование и физический смысл любой IoT-системы поддержания

жизненного цикла [1,2] ювенильного растения [3], в принципе, невозможно без аппаратного уровня управления [4,5], представляющего, как правило, базис архитектуры «Sensor to Cloud Framework (SCF) [6,7]». Данный уровень SCF-управления можно разбить на несколько подуровней (как правило, четыре, но может быть и другое количество), один из которых присутствует постоянно. Условно обозначим его ПФС – подуровень формирования сигналов сенсорами различного физического принципа действия. Базовая конструкция сенсора, как правило, состоит из: чувствительного элемента, реагирующего на изменение параметров лим-факторов (солнечной радиации, влажности, температуры, давления и других лимитирующих факторов); управляющего элемента в виде электронной компонентной базы [9,10], формирующей аналоговый сигнал; питающего элемента (источника электрической энергии); защитного элемента (корпуса), обеспечивающего степени защиты по IP от твердых пылевых частиц не менее 2, от влаги не менее 4.

Точность детектирования параметров абиотических (засуха, переувлажнение, холод, экстремальная жара, засоленность и др.) и биотических лим-факторов системы «почва – растение – приземный слой атмосферы» зависит от мест установки сенсора относительно ювенильного растения [6], от расположения сенсоров относительно друг друга [11], от расположения базовой станции формирования и передачи сигналов [12]. Немаловажным фактором оценки отклика ювенильного растения на стрессоры представляется тип (используемый физический принцип) сенсора, в зависимости от которого чувствительный элемент реагирует на изменение оптических характеристик листовой поверхности растения, на изменение концентрации в воздухе вблизи растения летучих соединений [13,14], изменение влажности почвы, или другие изменения.

Небезынтересным представляется использование сенсоров, построенных на физическом принципе увеличения электрической проводимости системы при увеличении ppm, для детектирования концентрации  $\text{NO}_2$ , выделяемого при нитрификации в процессе онтогенеза. Наряду с этим, необходим точный контроль молекул угарного газа, увеличение концентрации которых вблизи растения является индикатором как нежелательных воздействий жесткого излучения на длине волны ниже 380 нм, засоления, тяжелых металлов, так и индикатором начала физиологических процессов: развития ризосферы, прорастания семян, закрытия устьиц на листовых пластинах.

Представляется, что для минимально полноценного агромониторинга физических параметров системы «почва – растение – приземный слой атмосферы» IoT-системе поддержания жизненного цикла ювенильного растения необходимы данные с восьми сенсоров: двух – для детектирования температуры ( $-40\dots+125^\circ\text{C}$ ,  $\pm 0.3^\circ\text{C}$ ) и относительной влажности ( $0\dots100\% \text{RH}$ ,  $\pm 3\% \text{RH}$ ) приземного слоя атмосферы, двух – для детектирования температуры ( $-10\dots+85^\circ\text{C}$ ,  $\pm 0.5^\circ\text{C}$ ) и влажности ( $0\dots100\%$ ,  $\pm 5\%$ ) почвы на определенной глубине, четырех – для детектирования концентрации летучих веществ ( $\text{NO}_2 - 0,1\dots10,0 \text{ ppm}$ ,  $\pm 0.1 \text{ ppm}$ ;  $\text{CO} - 5\dots5000 \text{ ppm}$ ,  $\pm 10 \text{ ppm}$ ;  $\text{VOC} - 1\dots500 \text{ ppm}$ ,  $\pm 5 \text{ ppm}$ ;  $\text{C}_2\text{H}_5\text{CH} - 1\dots500 \text{ ppm}$ ,  $\pm 5 \text{ ppm}$ ) в приземном слое вблизи растения, косвенно характеризующих как рост растения,

так и успешность применения агротехнологий для получения урожая. Совокупность сенсоров можно условной объединить термином «сенсорный пул», который при современном уровне миниатюризации ЭКБ вполне логично объединить в общем корпусе.

Таким образом, SCF-архитектура диктует особенности конструктивно-технологической схемы сенсорного пула:

- наличие АЦП для преобразования сигналов в двоичную систему, воспринимаемую микроконтроллером;
- наличие микроконтроллера для комплектования потоков преобразованных АЦП данных в блоки для временного хранения или отправки, а также для управления процессами передачи данных в облако на процессинговый уровень;
- наличие пылевлагозащищенного корпуса;
- наличие блока распределения энергии, достаточного для питания сенсоров и ЭКБ, устойчивого к воздействию низких-высоких температур, обеспечивающего высокий уровень автономной работы;
- наличие модуля связи;
- наличие модуля временного хранения (EEPROM);
- наличие модуля управления актуаторами (при необходимости).

### **Список литературы**

1. Беляева, Т. П. Интегрированная среда управления производственными процессами на основе ИПИ-технологий / Т. П. Беляева // Моделирование систем и процессов. – 2010. – № 1-2. – С. 18-23. – EDN NXNADH.
2. Новикова, Т.П. Разработка алгоритма и модели функционирования информационной системы для малого сельскохозяйственного предприятия / Т. П. Новикова, Т. В. Новикова, А. И. Новиков // Моделирование систем и процессов. – 2020. – Т. 13, № 4. – С. 53-58. – DOI 10.12737/2219-0767-2021-13-4-53-58. – EDN QDCYJV.
3. The Root Collar Diameter Growth Reveals a Strong Relationship with the Height Growth of Juvenile Scots Pine Trees from Seeds Differentiated by Spectrometric Feature / P. Tylek [et al.] // Forests. – 2023. – Vol. 14, No. 6. – Р. 1164. – DOI 10.3390/f14061164. – EDN ONMQTPR.
4. Новикова, Т. П. Состояние и задачи развития интегрированных информационных систем управления / Т. П. Новикова // Наука XXI века: проблемы и перспективы : Материалы Международной научно-практической конференции, Уфа, 29–30 мая 2013 года. – Уфа: Автономная некоммерческая организация "Исследовательский центр информационно-правовых технологий", 2013. – С. 106-108. – EDN SLAJPB.
5. Информационные системы управления / С. А. Евдокимова [и др.]. – Воронеж : Воронежский государственный лесотехнический университет им. Г.Ф. Морозова, 2016. – 148 с. – ISBN 978-5-7994-0749-0. – EDN UAVZFU.

6. Karothia R., Chattpadhyay M. K. Internet of thing (IoT) enabled smart sensor node (SSN) to measure the soil and environmental parameters for smart farming // CSI Transactions on ICT. 2024. № 4 (12). С. 119–135. DOI 10.1007/s40012-024-00402-8.
7. Облачные технологии – становление и перспективы развития / В. В. Лядов [и др.] // Моделирование систем и процессов. – 2013. – № 1. – С. 37-39. – EDN RBPJFR.
8. Беляева, Т. П. Алгоритм управления рисками проектов планирования и реализации электронной компонентной базы / Т. П. Беляева, В. К. Зольников, О. Н. Черкасов // Гетеромагнитная микроэлектроника. – 2011. – № 11. – С. 116-124. – EDN ORGGBP.
9. Novikova, T. P. Economic evaluation of mathematical methods application in the management systems of electronic component base development for forest machines / T. P. Novikova, A. I. Novikov // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science : International scientific and practical conference "Forest ecosystems as global resource of the biosphere: calls, threats, solutions" (Forestry-2019), Voronezh, 23–24 октября 2019 года. Vol. 392. – Voronezh: IOP Publishing Ltd, 2019. – Р. 012035. – DOI 10.1088/1755-1315/392/1/012035. – EDN DDRBRQ.
10. Soulis K. X., Elmaloglou S., Dercas N. Investigating the effects of soil moisture sensors positioning and accuracy on soil moisture based drip irrigation scheduling systems // Agricultural Water Management. 2015. 148. Р. 258–268. DOI 10.1016/j.agwat.2014.10.015.
11. Разработка модели оптимизации выбора площадки базовой станции на основе алгоритма PMET-PSO / Н. В. Панина [и др.] // Моделирование систем и процессов. – 2022. – Т. 15, № 4. – С. 61-69. – DOI 10.12737/2219-0767-2022-15-4-61-69. – EDN XLVOIM.
12. How to increase the analog-to-digital converter speed in optoelectronic systems of the seed quality rapid analyzer / S. V. Sokolov [et al.] // Inventions. – 2019. – Vol. 4, No. 4. – Р. 61. – DOI 10.3390/inventions4040061. – EDN DKXPHX.
13. Kashyap B, Kumar R (2021) Sensing Methodologies in Agriculture for Monitoring Biotic Stress in Plants Due to Pathogens and Pests, Inventions, vol. 6, no. 2, p. 29, Apr. <https://doi.org/10.3390/inventions6020029>.
14. Lobell DB, Di Tommaso S, Burney JA (Jun. 2022) Globally ubiquitous negative effects of nitrogen dioxide on crop growth. Sci Adv 8(22). <https://doi.org/10.1126/sciadv.abm9909>.

## References

1. Belyaeva, TP Integrierte Umgebung für die Verwaltung von Produktionsprozessen basierend auf IPI-Technologien / TP Belyaeva // Modellierung von Systemen und Prozessen. – 2010. – Nr. 1-2. – S. 18–23. – EDN NXNADH.
2. Novikova, TP Entwicklung eines Algorithmus und Modells für die Funktionsweise eines Informationssystems für ein kleines landwirtschaftliches Unternehmen / TP Novikova, TV Novikova, AI Novikov // Modellierung von Systemen und Prozessen. – 2020. – Band 13, Nr. 4. – S. 53–58. – DOI 10.12737/2219-0767-2021-13-4-53-58. – EDN QDCYJV.

3. Das Wachstum des Wurzelhalsdurchmessers weist eine starke Beziehung zum Höhenwachstum junger Waldkiefern aus Samen auf, die durch spektrometrische Merkmale differenziert wurden / P. Tylek [et al.] // Forests. – 2023. – Vol. 14, No. 6. – S. 1164. – DOI 10.3390/f14061164. – EDN ONMQTP.

4. Novikova, T. P. Stand und Aufgaben der Entwicklung integrierter Informationsmanagementsysteme / T. P. Novikova // Wissenschaft des 21. Jahrhunderts: Probleme und Perspektiven: Proceedings der Internationalen wissenschaftlich-praktischen Konferenz, Ufa, 29.–30. Mai 2013. – Ufa: Autonome gemeinnützige Organisation „Forschungszentrum für Informations- und Rechtstechnologien“, 2013. – S. 106–108. – EDN SLAJPB.

5. Managementinformationssysteme / S. A. Evdokimova [et al.]. – Woronesch: Staatliche Forstingenieuruniversität Woronesch, benannt nach G. F. Morozov, 2016. – 148 S. – ISBN 978-5-7994-0749-0. – EDN UAVZFU.

6. Karothia R., Chattopadhyay M. K. Internet of Things (IoT)-fähiger intelligenter Sensorknoten (SSN) zur Messung von Boden- und Umweltparametern für Smart Farming // CSI Transactions on ICT. 2024. Nr. 4 (12). S. 119–135. DOI 10.1007/s40012-024-00402-8.

7. Cloud-Technologien – Entstehung und Entwicklungsperspektiven / V. V. Lyadov [et al.] // Modellierung von Systemen und Prozessen. – 2013. – Nr. 1. – S. 37–39. – EDN RBPJFR.

8. Belyaeva, T. P. Algorithmus zum Risikomanagement von Projekten zur Planung und Implementierung einer elektronischen Komponentenbasis / T. P. Belyaeva, V. K. Zolnikov, O. N. Cherkasov // Heteromagnetische Mikroelektronik. – 2011. – Nr. 11. – S. 116–124. – EDN ORGGBP.

9. Novikova, T. P. Ökonomische Bewertung der Anwendung mathematischer Methoden in Managementsystemen zur Entwicklung einer elektronischen Komponentenbasis für Forstmaschinen / T. P. Novikova, A. I. Novikov // IOP-Konferenzreihe: Erd- und Umweltwissenschaften: Internationale wissenschaftliche und praktische Konferenz „Waldökosysteme als globale Ressource der Biosphäre: Herausforderungen, Bedrohungen, Lösungen“ (Forestry-2019), Woronesch, 23.–24. Oktober 2019. Band 392. – Woronesch: IOP Publishing Ltd, 2019. – S. 012035. – DOI 10.1088/1755-1315/392/1/012035. – EDN DDRBRQ.

10. Soulis K. X., Elmaloglou S., Dercas N. Untersuchung der Auswirkungen der Positionierung und Genauigkeit von Bodenfeuchtesensoren auf bodenfeuchtebasierte Tropfbewässerungsplanungssysteme // Landwirtschaftliches Wassermanagement. 2015. 148. S. 258–268. DOI 10.1016/j.agwat.2014.10.015.

11. Entwicklung eines Optimierungsmodells für die Standortauswahl von Basisstationen basierend auf dem PMET-PSO-Algorithmus / N. V. Panina [et al.] // Modellierung von Systemen und Prozessen. – 2022. – T. 15, Nr. 4. – S. 61–69. – DOI 10.12737/2219-0767-2022-15-4-61-69. – EDN XLVOIM.

12. Wie lässt sich die Geschwindigkeit des Analog-Digital-Wandlers in optoelektronischen Systemen des Saatgutqualitäts-Schnellanalysators erhöhen? / S. V. Sokolov [et al.] // Erfindungen. – 2019. – Band 4, Nr. 4. – S. 61. – DOI 10.3390/inventions4040061. – EDN DKXPHX.

13. Kashyap B., Kumar R. (2021) Sensormethoden in der Landwirtschaft zur Überwachung von biotischem Stress bei Pflanzen aufgrund von Krankheitserregern und Schädlingen, Erfindungen, Band 6, Nr. 2, S. 29. April. <https://doi.org/10.3390/inventions6020029>.
14. Lobell DB, Di Tommaso S, Burney JA (Juni 2022) Global allgegenwärtige negative Auswirkungen von Stickstoffdioxid auf das Pflanzenwachstum. Sci Adv 8(22). <https://doi.org/10.1126/sciadv.abm9909>.

DOI: 10.58168/TBiEc2025\_253-258

УДК 630

## ЕВРОПЕЙСКИЙ ОПЫТ АГРОЛЕСОВОДСТВА

### EUROPEAN EXPERIENCE IN AGROFORESTRY

**Писарев А.Е.**, аспирант ФГБОУ ВО «Воронежский государственный лесотехнический университет имени Г.Ф. Морозова», Воронеж, Россия.

**Pisarev A.E.**, postgraduate student Voronezh State University of Forestry and Technologies named after G.F. Morozov, Voronezh, Russia.

**Аннотация:** в работе рассматривается европейский опыт агролесоводства. Принципы создания лесных насаждений на сельскохозяйственных землях в европейских странах отличаются тем, что древесные породы выращиваются в сочетании с сельскохозяйственными культурами по определенным правилам. Системы агролесоводства обеспечивают множественные результаты, снижают риски земледелия и увеличивают доходы землепользователей, а также способствуют реализации экосистемных услуг.

**Abstract:** the paper examines the European experience of agroforestry. The principles of creating forest plantations on agricultural lands in European countries differ in that tree species are grown in combination with agricultural crops according to certain rules. Agroforestry systems provide multiple results, reduce farming risks and increase land users' incomes, and also contribute to the implementation of ecosystem services.

**Ключевые слова:** агролесоводство, климатические проекты, экономика природопользования.

**Keywords:** agroforestry, climate projects, economics of natural resource management.

В Европе агролесоводство является очень древней традиционной практикой, которая до сих пор широко применяется в некоторых странах Европейского союза (ЕС) и в настоящее время приобретает все большую популярность на всем континенте в связи с ее экологическими и экономическими преимуществами. В основном она подразумевает наличие двух производственных систем на одном участке земли, когда деревья растут над пастбищами или пахотными культурами или рядом с ними [1]. Особенностью агролесоводства является широкий спектр возможных вариантов расположения деревьев, культур и скота. В качестве примера можно привести выпас овец под пробковыми дубами (в некоторых районах Португалии и Испании), высокие фруктовые деревья, под которыми выращиваются сельскохозяйственные культуры или пасется скот, или оленеводство в boreальном лесу. Получаемые в результате применения агролесоводства продукты весьма разнообразны. В продажу идут оливки, фрукты, орехи, ягоды, семена, листья, клубни, съедобные цветы, биомасса, щепа, древесина, дрова, мясо, яйца, молоко, мед и т. д. Системы,

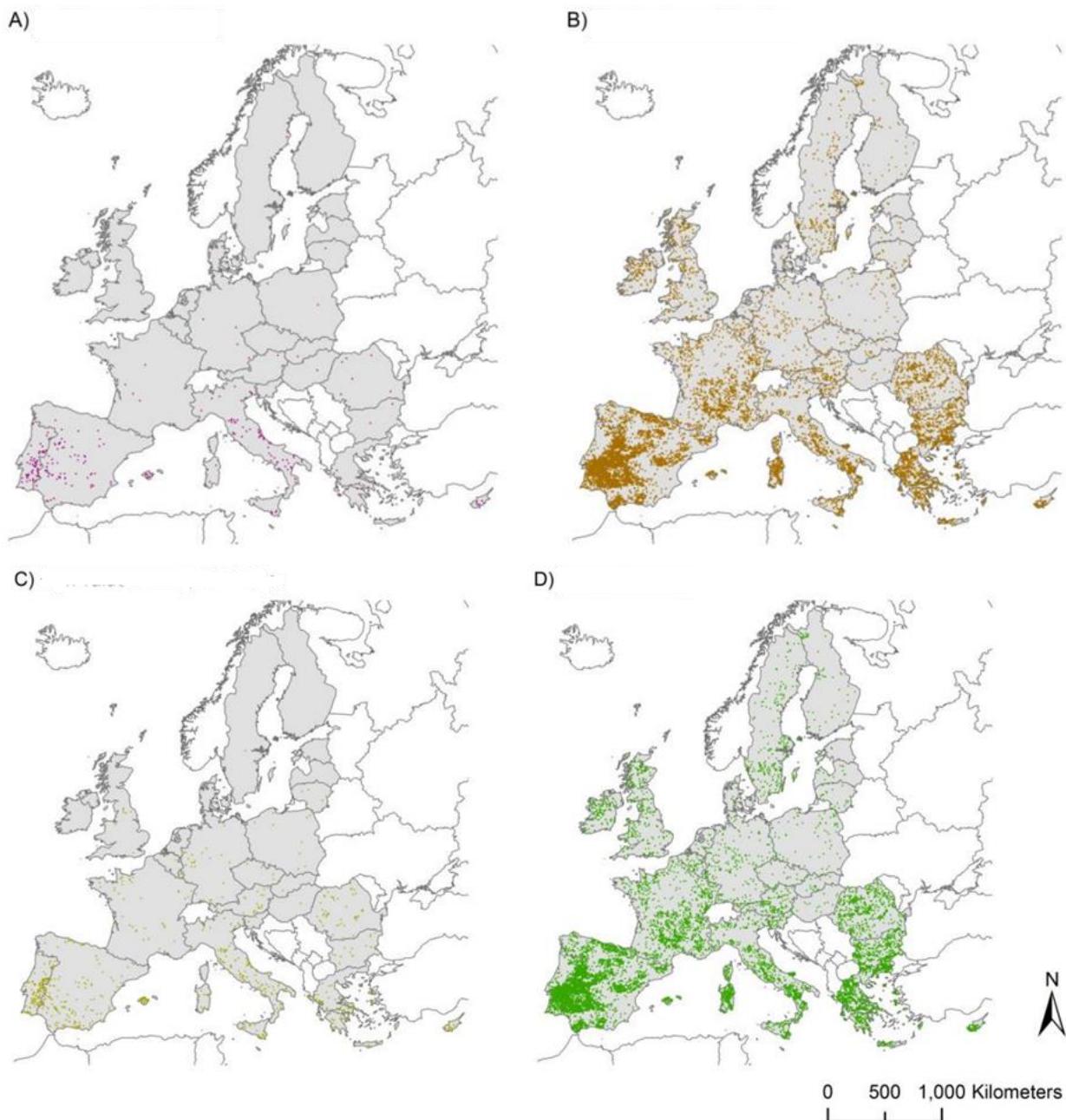
включающие яблоневые сады, оливковые рощи, каштановые леса или плантации грецкого ореха, в Европе считаются системами с высокоценными деревьями.

С модернизацией и интенсификацией сельскохозяйственного производства и лесного хозяйства ЕС в 1960-х годах многие традиционные агролесомелиоративные системы, применявшиеся до этого, исчезли. Например, бочаги (пастища с сетью живых изгородей), создававшиеся на протяжении веков, уступили место большим полям, поскольку живые изгороди были вырублены. Сегодня лучше понимается многофункциональная роль живых изгородей и их ценность как поставщиков экологических благ: защита биоразнообразия, улучшение качества почвы, регулирование стока и эрозии и т. д. В настоящее время возрождается интерес к интеграции деревьев в сельское хозяйство.

Одним из наиболее ярких опытов является 4-летний исследовательский проект под названием AGFORWARD [2]. Целью проекта было продвижение агролесоводства в Европе, и он был посвящен четырем типам агролесоводства: существующие системы, имеющие высокую природную и культурную ценность, и агролесоводство для высокоценных древесных, пахотных и животноводческих систем. Проект позволил лучше понять масштабы агролесоводства в Европе и восприятие фермерами агролесоводства, включая причины его принятия или непринятия. Для проверки отдельных инноваций в области агролесоводства путем проведения полевых испытаний и экспериментов был использован подход, основанный на широком участии более 40 заинтересованных групп по всей Европе. Инновации включали в себя улучшение управления пастищами в агролесомелиоративных системах высокой природной и культурной ценности и внедрение азотфиксирующих растений на лесопосадках высокой ценности и в оливковых рощах.

Другие инновации включали в себя преимущества укрытия для пахотных культур, а также преимущества борьбы с болезнями, удержания питательных веществ и диверсификации продуктов питания за счет интеграции деревьев в животноводческие предприятия. Также были разработаны биофизические и экономические модели для прогнозирования влияния различных схем агролесоводства на урожайность культур и деревьев, а также на связывание углерода, потерю питательных веществ и экосистемные услуги в целом. Эти модели помогают количественно оценить потенциальные экологические преимущества агролесоводства по сравнению с сельским хозяйством без деревьев.

По данным проекта AGFORWARD, общая площадь агролесомелиорации в ЕС составляет около 15,4 млн. га, что составляет почти 9 % используемой сельскохозяйственной площади (или 3,6 % территориальной площади). Если включить сюда оленеводство, то площадь агролесомелиорации в Европе составит 52 млн. га, что почти равно площади материковой Франции. Из них 15,4 млн. га занимают различные формы животноводческого агролесоводства (на сегодняшний день преобладающий тип агролесоводства в Европе, на который приходится 15,1 млн га), и меньшая часть - 358 000 га - под плодоносящим агролесоводством (рис.1).



А) земледельческое агролесоводство, В) животноводческое агролесоводство,  
С) агролесоводство высокоценных деревьев и D) общая площадь агролесоводства

Рисунок 1 - Распределение агролесоводства в Европе

Перед Европой стоит важная задача по созданию устойчивого сельского хозяйства и обеспечению продовольственной безопасности при одновременном снижении негативного воздействия на окружающую среду, включая потерю биоразнообразия и изменение климата, как заявлено в «Зеленом курсе» [3] и стратегии «От фермы до вилки» [3]. Климатически-ориентированное сельское хозяйство способствует достижению глобальных целей устойчивого развития [4], поскольку оно объединяет три аспекта устойчивого развития

(экономический, социальный и экологический) путем совместного решения проблем продовольственной безопасности и климата. Документы, опубликованные Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO), рассматривают практику агролесоводства как часть интегрированных систем для продвижения в рамках климатически-ориентированного сельского хозяйства (КСХ), что было включено Европейским союзом в план развития (решение №529 от 2013 года). Огромный потенциальный вклада гролесоводства в КСХ связан с возможностью применения этой практики на уровне участка, фермы и/или ландшафта, в зависимости от пространственного использования и сочетания агролесомелиоративных практик. На самом деле, воздействие интенсивного сельского хозяйства на окружающую среду получает все более негативное признание [5]. В связи с этим современное сельское хозяйство должно сочетать высокую производительность с низким воздействием на окружающую среду, чтобы устойчиво кормить растущее население планеты, то есть должна происходить экоинтенсификация сельского хозяйства [6].

По мнению [7] агролесоводство основано на практиках, работающих на уровне участка, которые в совокупности могут обеспечить множество систем на уровне фермы. Наиболее известные из них связаны с пространственным использованием древесных многолетних растений и включают в себя лесопастбища, лесопосадки, домашние сады, лесополосы и лесное хозяйство.

Mosquera-Losada и Santos описали в [8] две основные пространственные практики агроресоводства: silvopasture (лесопастбище) и alley cropping/silvoarable (аллельные высадки), которые могут быть расширены до третьей, названной древесными линейными ландшафтными полосами, если преследуется защита от загрязнения воды (riparian buffer strips) или ветра (hedgerows, hedges, and windbreaks).

Четвертая практика — это домашний сад или kitkengarden, известный как создание силового пастбища (например, куры) или силового поля (овощи) в городских и пригородных районах. Эта практика в настоящее время продвигается некоторыми муниципалитетами по всей Европе в рамках Соглашения мэров, инициированного в 2009 году Европейским союзом, в котором в настоящее время участвуют более 10 000 муниципалитетов [3]. Наконец, получение сельскохозяйственной продукции из подлеска в лесных массивах известно как лесное хозяйство. Из них наиболее распространенной практикой агроресоводства в Европе является лесопастбищное хозяйство, занимающее 17,78 млн га в Европе, что вместе с практикой лесопользования (360 тыс. га) (Mosquera-Losada et al., 2016, 2018a) достигает почти 20 млн га практики агролесоводства в Европе. Из них есть агролесные системы, реализованные в хозяйствах, использующих различные агролесомелиоративные практики (в основном лесопосадки и лесопастбища), которые занимают 3 млн га в Европе и 40 млн га в балтийских странах Европы.

Существуют агролесомелиоративные практики, реализуемые во временном масштабе, обычно на основе года или нескольких лет, которые используют древесные многолетние

растения, обычно кустарниковые бобовые, такие как *Ulex spp.*, созданные на период 10 лет, для восстановления плодородия почвы [9]. Улучшенный пар с древесными многолетниками - это древняя техника (бобовые *Ulex* используются для повышения плодородия почвы) для улучшения состояния почвы, которая использовалась во многих местах по всему миру. В Галисии кустарниковые бобовые, такие как *Ulex europeus* или *Ulex gallii*, высевались фермерами для повышения плодородия почвы путем добавления органического вещества и/или азота. Эти кустарниковые бобовые высевались, когда продуктивность зерновых (в основном пшеницы и ржи) значительно снижалась. Кустарникам позволили вырасти и ежегодно собирали урожай, чтобы обеспечить подстилку для животных в конюшнях, где смесь с навозом стала отличным удобрением и добавкой к почве. Через десять лет после посева кустарники были убраны, а корни извлечены и обожжены в ямах после анаэробного сжигания в процессе, названном «*troleiras*», таким образом, был получен биохар, который затем был внесен на поля. Бывшие кустарниковые земли были вновь засеяны зерновыми, в основном пшеницей или рожью, и стали высокопродуктивными. Более того, 10-летний период выращивания кустарников привел к значительному истощению банка семян сорняков на засеянных кустарниками полях, в результате чего зерновые культуры были очищены от сорняков без необходимости какой-либо механической обработки.

Агролесоводство в Европе имеет богатейший опыт, изучение и применение которого может внести значительный вклад в усилия по смягчению последствий изменения климата в нашей стране. Интеграция лесоводства с растениеводством или выпасом сельскохозяйственных животных может не только компенсировать выбросы парниковых газов в аграрном секторе экономики, увеличить запасы углерода в почве и древесных растениях, но и способствовать внедрению устойчивых методов управления земельными ресурсами.

### **Список литературы**

1. Rémi Cardinael, Tiphaine Chevallier, Aurelie Cambou, Camille Beral, Bernard G. Barthès, et al.. Increased soil organic carbon stocks under agroforestry: A survey of six different sites in France. / Agriculture, Ecosystems & Environment, 2017 // 236, pp.243–255.
2. Paul J. Burgess, Adolfo Rosati Advances in European agroforestry: results from the AGFORWARD project / CrossMark, Agroforest Syst (2018) // 92:801–810.
3. Marie-Laure Augère-Granier, Agroforestry in the European Union / EPRS | European Parliamentary Research Service // PE 651.982 – June 2020.
4. ФАО. – URL: <https://www.fao.org/home/ru>.
5. Antonio Rigueiro-Rodríguez, Jim McAdam, María Rosa Mosquera-Losada, Agroforestry in Europe, Current Status and Future Prospects / 2009 Springer Science + Business Media B.V.

6. Michael den Herder1, Gerardo Moreno, Current extent and stratification of agroforestry in the European Union / Agriculture, Ecosystems & Environment // volume 241, 1 april 2017, p 121-132.

7. Silvestre Garcia de Jalon1, Paul J. Burgess, How is agroforestry perceived in Europe? An assessment of positive and negative aspects by stakeholders / Agroforestry Systems // August 2018, Volume 92, Issue 4, pp 892-848.

8. María Rosa Mosquera-Losada, Mário Gabriel Santiago Santos, Policy challenges for agroforestry implementation in Europe / .Front. For. Glob. Change 6:1127601.doi: 10.3389/gc.2023.1127601.

9. Maya Sollen-Norrlin, Bhim Bahadur Ghaley and Naomi Laura Jane Rintoul 1, Agroforestry Benefits and Challenges for Adoption in Europe and Beyond / Sustainability, MDPI // 27 August 2020.

## References

1. Rémi Cardinael, Tiphaine Chevallier, Aurelie Cambou, Camille Beral, Bernard G. Barthès, et al.. Increased soil organic carbon stocks under agroforestry: A survey of six different sites in France. / Agriculture, Ecosystems & Environment, 2017 // 236, pp.243–255.
2. Paul J. Burgess, Adolfo Rosati Advances in European agroforestry: results from the AGFORWARD project / CrossMark, Agroforest Syst (2018) // 92:801–810.
3. Marie-Laure Augère-Granier, Agroforestry in the European Union / EPRS | European Parliamentary Research Service // PE 651.982 – June 2020.
4. FAO. – URL: <https://www.fao.org/home/ru>.
5. Antonio Rigueiro-Rodríguez, Jim McAdam, María Rosa Mosquera-Losada, Agroforestry in Europe, Current Status and Future Prospects / 2009 Springer Science + Business Media B.V.
6. Michael den Herder1, Gerardo Moreno, Current extent and stratification of agroforestry in the European Union / Agriculture, Ecosystems & Environment // volume 241, 1 april 2017, p 121-132.
7. Silvestre Garcia de Jalon1, Paul J. Burgess, How is agroforestry perceived in Europe? An assessment of positive and negative aspects by stakeholders / Agroforestry Systems // August 2018, Volume 92, Issue 4, pp 892-848.
8. María Rosa Mosquera-Losada, Mário Gabriel Santiago Santos, Policy challenges for agroforestry implementation in Europe / .Front. For. Glob. Change 6:1127601.doi: 10.3389/gc.2023.1127601.
9. Maya Sollen-Norrlin, Bhim Bahadur Ghaley and Naomi Laura Jane Rintoul 1, Agroforestry Benefits and Challenges for Adoption in Europe and Beyond / Sustainability, MDPI // 27 August 2020.

DOI: 10.58168/TBiEc2025\_259-265

УДК 630

**РАСЧЕТ ЭФФЕКТИВНОСТИ ИНВЕСТИЦИОННЫХ ЗАТРАТ ПРИ РЕАЛИЗАЦИИ  
ЛЕСНЫХ КЛИМАТИЧЕСКИХ ПРОЕКТОВ В РЕГИОНАХ ЦЕНТРАЛЬНОЙ  
ЛЕСОСТЕПИ ЕВРОПЕЙСКОЙ ЧАСТИ РФ**

**CALCULATION OF THE EFFICIENCY OF INVESTMENT COSTS IN THE  
IMPLEMENTATION OF FOREST CLIMATE PROJECTS IN THE REGIONS OF THE  
CENTRAL FOREST-STEPPE OF THE EUROPEAN PART OF THE RUSSIAN FEDERATION**

**Писарева С.В.**, к.ф-м.н., доцент ФГБОУ ВО «Воронежский государственный лесотехнический университет имени Г.Ф. Морозова», Воронеж, Россия.

**Писарев А.Е.**, аспирант ФГБОУ ВО «Воронежский государственный лесотехнический университет имени Г.Ф. Морозова», Воронеж, Россия.

**Pisareva S.V.**, candidate of Physical and Mathematical Sciences, associate professor FGBOU VO «Voronezh State University of Forestry and Technologies named after G.F. Morozov», Voronezh, Russia.

**Pisarev A.E.**, postgraduate student FGBOU VO «Voronezh State University of Forestry and Technologies named after G.F. Morozov», Voronezh, Russia.

**Аннотация:** в работе представлен расчет эффективности инвестиционных затрат при реализации лесных климатических проектов на землях лесного фонда в регионах центральной лесостепи Европейской части РФ. Введено понятие коэффициента углеродоемкости инвестиционных затрат, приведена общая формула для его расчета. Рассмотрены варианты его расчета для лесовосстановления на вырубках, лесовосстановления на гарях и лесоразведения на безлесных землях лесного фонда, а также на территориях сельхозназначения.

**Abstract:** the paper presents a calculation of the efficiency of investment costs in the implementation of forest climate projects on forest fund lands in the central forest-steppe regions of the European part of the Russian Federation. The concept of the coefficient of carbon intensity of investment costs is introduced, and a general formula for its calculation is given. Options for its calculation for reforestation in clear-cut areas, reforestation in burnt areas and afforestation on treeless lands of the forest fund, as well as on agricultural territories are considered.

**Ключевые слова:** лесовосстановление, лесоразведение, агролесоводство, климатические проекты, секвестрационный потенциал, экономика природопользования.

**Keywords:** reforestation, afforestation, agroforestry, climate projects, sequestration potential, economics of natural resource management.

Современная повестка развития человечества уже достаточно давно включает вопрос о том, что объектом рассмотрения и управления в обществе должны стать социально-

экологические системы, включающие равноправным образом как природный, так и экономический компонент [1]. Ни один из этих компонентов не может быть принесен в жертву другому, так как это неизбежно с течением времени приведет к деградации всей системы. Высокий уровень жизни зачастую достигается путем ухудшения обстановки и условий обитания в окружающей среде, что ограничивает время существования человеческого сообщества на данной территории [2].

Вопросы секвестра атмосферной углекислоты все чаще становятся предметом классического экономического анализа. Более того, направления исследований режимов управления лесными системами последних лет отражают стремление учесть не только производство лесами традиционного продукта – древесины, но и других продуктов, таких как поглощение углерода, производство кислорода, водных ресурсов и защита от эрозии [3].

При осуществлении экологических оценок углеродопоглощающей способности лесов одним из центральных вопросов является цена за единицу поглощенной углекислоты/углерода.

Из регионального анализа результатов Зонгена и Седжо [4] следует, что в рамках одной географически протяженной страны (такой, как Россия) могут иметь место значительные региональные отличия, обусловленные как географическими, так и историческими причинами. Как отмечают Зонген и Седжо, в долгосрочной перспективе на секвестр углерода сильное влияние оказывает фактор наличия и доступности земли для конверсии под лесонасаждения. Очевидно, что оценки этого фактора будут сильно отличаться для разных регионов России. В связи с этим, можно утверждать, что региональные исследования, направленные на разработку географически конкретных эколого-экономических моделей управления секвестром углерода, представляют собой актуальное научное направление.

В начале 2000-х годов Ричардс и Стоукс [5] провели анализ публикаций, в которых исследователи тем или иным способом пытались оценить стоимость секвестра углерода посредством лесохозяйственных практик. Все рассмотренные ими исследования имеют приблизительно одинаковую смысловую структуру. Во-первых, исследования всегда привязаны к какому-то конкретному географическому региону. Во-вторых, эти работы ориентируются на конкретную лесохозяйственную практику, которая нацеливается на усиление стоковых характеристик лесного покрова.

После выбора лесохозяйственной практики исследования ориентируются на определенную (гипотетическую) программу, в рамках которой эти практики будут применяться. Наконец, исследования экономической эффективности секвестра всегда опираются на оценки некоторого базового уровня, т. е. определения того, что будет происходить в отсутствии выбранной программы.

Три ключевых переменных служат входной информацией для расчета последующих результатов:

1. размер территории (в га), пригодной для реализации какой-то конкретной практики;

2. технологические затраты и стоимость земли для рассматриваемой практики (например, фиксированные платежи в год на га) относительно базового уровня;

3. ежегодный углеродный результат для данной практики в данном географическом регионе (тонн углерода на га) относительно базового уровня.

С формальной точки зрения, мера эффективности секвестра для заданного типа земель  $i$  и заданной лесохозяйственной практики  $j$  задается следующим выражением

$$C_{ij} = \frac{Q_{ij}}{Y_{ij}}, \quad (1)$$

где  $C_{ij}$  – рубль за тонну секвестрованного углерода,  $Q_{ij}$  – чистые затраты (в рублях на га),  $Y_{ij}$  – выход углерода для заданной лесохозяйственной практики.

Уравнение (1) в выходной величине отражает идею о том, что исследования эффективности секвестра углерода должны отвечать на вопросы: 1) сколько углерода будет поглощено, 2) в течение какого времени и 3) сколько это будет стоить. В частности, необходимы оценки физического влияния проекта на запасы и потоки углерода и суммарного выражения влияния всех проектов.

Центрально-Черноземный регион, географически располагаясь на границе лесной и степной зоны, оказывается наиболее уязвим к климатическим изменениям, и, следовательно, нуждается в мерах адаптации экосистем, в том числе посредством сохранения и разведения лесов. Основным мероприятием по снижению парникового эффекта является создание искусственных зеленых насаждений на нелесных территориях и на лесных землях, на которых не происходит естественного лесовосстановления.

По информации Национального исследовательского университета «Высшая школа экономики», в России могут быть реализованы лесоклиматические проекты трех типов, предусматривающие добровольное сохранение лесов арендаторами, лесопользование, направленное на повышение поглотительной способности лесных экосистем, включая охрану лесов от пожаров, а также защитное лесоразведение. Проекты могут быть реализованы на безлесных землях лесного фонда, а также на территориях сельхозназначения [6]. В данном случае необходимо будет формировать устойчивые к изменениям климата леса и восстанавливать исходные лесные экосистемы. Всего в мире на сегодняшний день реализовано и сертифицировано более 250 лесоклиматических проектов с лесной площадью свыше 50 млн га. Однако российские инвесторы не спешат вкладываться в лесные климатические проекты. Причин несколько, но ключевой, на наш взгляд, является неопределенность в части оценки: сколько нужно инвестировать в проект, чтобы обеспечить углеродную нейтральность деятельности. При первом приближении требуется ответить на вопрос об инвестициях необходимых и достаточных для получения одной карбоновой единицы, которую можно принять в засчет выбросов на карбоновых биржах. Примечательно, что до настоящего времени такой инструментарий в лесном хозяйстве страны отсутствует, что существенно снижает инвестиционную привлекательность лесных климатических проектов [7].

От решения вопросов: сколько требуется инвестировать, какой объем карбоновых единиц будет зачен и какой срок необходим для реализации климатического проекта, зависит не только инвестиционная привлекательность отрасли, но и решение стратегической задачи государственного уровня — низкоуглеродное развитие отраслей экономики

В результате проведенных исследований на территориях Воронежской, Липецкой, Белгородской, Курской, Тамбовской и Орловской областей на безлесных землях лесного фонда было выделены земельные участки которые подходят под обустройство карбоновых ферм. Все выделенные участки относятся к пяти типам лесорастительных условий: Бор сухой А1; Бор свежий А2; Суборь свежая В2; Судубрава свежая С2; Дубрава свежая Д2.

Для обустройства ферм методом экспертных оценок были выбраны основные лесные древесные породы, которые наилучшим образом отвечают условиям произрастания, экосистемным и социально-экономическим целям климатических проектов, и определены лесохозяйственные мероприятия. Таким образом, мера эффективности секвестрации зависит только от заданного типа земель  $i$  и уравнение (1) приобретает вид

$$C_i = \frac{Q_i}{Y_i}$$

Федеральный закон «Об ограничении выбросов парниковых газов» определяет результат климатического проекта как комплекс мероприятий, обеспечивающих сокращение (предотвращение) выбросов парниковых газов или увеличение поглощения парниковых газов в результате его реализации. Для оценки результата рассчитывается углеродный баланс «с проектом» ( $CB_p$ ) и углеродный баланс «без проекта» (базовая линия) ( $CB_0$ ). Оценка климатического проекта по секвестрации углерода древеснокустарниковыми сообществами производится сопоставлением ситуаций «с проектом» и «без проекта». CO2-эффект за  $t$ -й год, достигнутый благодаря реализации климатического проекта (т/га), ( $Y_{it}$ ) рассчитывается по следующей формуле:

$$Y_{it} = CB_p - CB_0$$

Депонированный CO2 переводится в УЕ по правилу: 1 тонна CO2 = 1 УЕ. При этом углеродные единицы образуются при условии положительного значения CO2-эффекта, т. е. формально

$$Y_i = \max(Y_{it}; 0).$$

Наиболее простой, как указывают Ричардс и Стоук, подход к оценке эффективности затрат по секвестру углерода предоставляет метод «суммирования потока». Формула этого метода задается выражением

$$C_i = \frac{\sum_{t=0}^T \frac{Q_{it}}{(1+r)^t}}{\sum_{t=0}^T \bar{Y}_{it}}, \quad (2)$$

где  $Q_{it}$  – чистые затраты в год  $t$  (в долларах на га),  $\bar{Y}_{it}$  – выход углерода для заданной лесохозяйственной практики в год,  $T$  – временной горизонт планирования,  $r$  – ставка социального дисконтирования.

Все справочники по депонированию углерода содержат вычисления с накопительным эффектом. Для упрощения расчетов введем формулу (4),

$$C_i = \frac{\sum_{t=0}^T \frac{Q_{it}}{(1+r)^t}}{Y_{i0} + \sum_{t=1}^T \frac{Y_{it} - Y_{i(t-1)}}{(1+r)^t}} \quad (3)$$

где  $Y_{it}$  – накопленное углерод для заданной лесохозяйственной практики к году  $t$ .

Для задач нашего проекта введем понятие коэффициента углеродоемкости инвестиционных затрат

$$K_i = \frac{Y_i}{Q_i} = \frac{Y_{i0} + \sum_{t=1}^T \frac{Y_{it} - Y_{i(t-1)}}{(1+r)^t}}{\sum_{t=0}^T \frac{Q_{it}}{(1+r)^t}}. \quad (4)$$

В предполагаемых нами проектах мы рассматриваем варианты лесовосстановления на вырубках (В), лесовосстановления на гарях (Г) и лесоразведения (Л) на безлесных землях лесного фонда, а также на территориях сельхозназначения [6].

Учет пулов углерода в проектах, направленных на лесовосстановление, лесоразведение и рекультивацию земель, осуществляется в соответствии с методикой, указанной в [8].

В зеленой политике развитых государств отмечается, что в значительной степени экологические факторы влияют на производительность не только лесных, но и в большей степени на урожайность аграрных систем, что в свою очередь влияет на доходность соответствующих объектов. Одним из способов улучшения этих двух показателей является интеграция лесов в сельское хозяйство путём создания лесных насаждений, для защиты от негативных природных и антропогенных факторов. Способ такой интеграции – агролесоводство.

Развитие систем агролесоводства на неиспользуемых землях сельскохозяйственного назначения имеет значительный потенциал для секвестрации углерода, и играет важную роль в смягчении последствий изменения климата. Интеграция лесоводства с растениеводством или выпасом сельскохозяйственных животных может не только компенсировать выбросы парниковых газов в аграрном секторе экономики, увеличить запасы углерода в почве и древесных растениях, но и способствовать внедрению устойчивых методов управления земельными ресурсами

В работе [9] определен фонд земель, подходящих для климатических проектов в форме агролесоводства, и дана оценка инвестиционной привлекательности таких проектных решений. Коэффициент углеродоемкости инвестиционных затрат на реализацию необходимых практик по агролесоводству можно определить по формуле, аналогичной формуле (4):

$$K_i = \frac{Y_i}{Q_i}, \quad (5)$$

где  $Q_i$  – чистые затраты (в рублях на га),  $Y_i$  – выход углерода для заданной агролесоводческой практики.

Продвижение и расширение систем агролесоводства может внести значительный вклад в глобальные усилия по смягчению последствий изменения климата. Потенциал агролесоводства для секвестрации углерода в сочетании с его многочисленными

экологическими и социально-экономическими преимуществами делает его убедительным решением для достижения более устойчивого и низкоуглеродного будущего.

### **Список литературы**

1. Букварева Е. Н., Алещенко Г. М. Задача оптимизации взаимодействия человека и живой природы и стратегия сохранения биоразнообразия // Успехи современной биологии. — 1994. — Т. 114, № 2. — С. 133–143.
2. Пегов С. А. Экологические аспекты геополитики // Общественные науки и современность. — 1996. — № 1. — С. 131–137.
3. Quantifying the effects of forest management strategies on the production of forest values: timber, carbon, oxygen, water, and soil / EminZekiBa,skent, SedatKele,s, Ali 'IhsanKadio`gullari, OzkanBing"ol // Environmental Mod- "eling& Assessment. — 2011. — Vol. 16, no. 2. — P. 145–152.
4. Sohngen B., Sedjo R. Carbon sequestration costs in global forests // Energy Journal. — 2006. — no. Special Issue 3. — P. 109–126.
5. Richards K. R., Stokes C. A review of forest carbon sequestration cost studies: a dozen years of research // Climatic change. — 2004. — Vol. 63, no. 1-2. — P. 1–48.
6. Экономические аспекты организации карбоновых ферм на лесных землях / С. С. Морковина, Е. А. Панявина, И. И. Шанин, И. А. Авдеева // Актуальные направления научных исследований XXI века: теория и практика. — 2021. — № 1 (52). — Т. 9. — С. 17–25.
7. Морковина, С. С., Иванова, А. В., Нетребская, О. А. Климатические инициативы в лесном хозяйстве России как инструмент нейтрализации рисков безопасности и устойчивого развития отраслей // Проблемы устойчивости развития социально-экономических систем : материалы междунар. науч.-практ. конф. — Тамбов, 2021. — С. 331–338.
8. Приказ Министерства природных ресурсов и экологии Российской Федерации от 27 мая 2022 г. N 371 Об утверждении методик количественного определения объемов выбросов парниковых газов и поглощений парниковых газов

### **References**

1. Bukvareva E. N., Aleshchenko G. M. The problem of optimizing the interaction between man and wildlife and the strategy for preserving biodiversity // Advances in modern biology. - 1994. - V. 114, No. 2. - P. 133-143.
2. Pegov S. A. Ecological aspects of geopolitics // Social sciences and modernity. - 1996. - No. 1. - P. 131-137.
3. Quantifying the effects of forest management strategies on the production of forest values: timber, carbon, oxygen, water, and soil / EminZekiBa,skent, SedatKele,s, Ali

·İhsanKadio˘gulları, OzkanBingöl // Environmental Mod- “eling& Assessment. — 2011. — Vol. 16, no. 2. — P. 145–152.

4. Sohngen B., Sedjo R. Carbon sequestration costs in global forests // Energy Journal. — 2006. — no. Special Issue 3. — P. 109–126.

5. Richards K. R., Stokes C. A review of forest carbon sequestration cost studies: a dozen years of research // Climatic change. — 2004. — Vol. 63, no. 1-2. — P. 1–48.

6. Economic aspects of organizing carbon farms on forest lands / S. S. Morkovina, E. A. Panyavina, I. I. Shanin, I. A. Avdeeva // Current areas of scientific research in the 21st century: theory and practice. - 2021. - No. 1 (52). - Vol. 9. - P. 17-25.

7. Morkovina, S. S., Ivanova, A. V., Netrebskaya, O. A. Climate initiatives in forestry in Russia as a tool for neutralizing security risks and sustainable development of industries // Problems of sustainability of development of socio-economic systems: materials of the international. scientific and practical. conf. - Tambov, 2021. - Pp. 331-338.

8, Order of the Ministry of Natural Resources and Environment of the Russian Federation dated May 27, 2022 N 371 On approval of methods for quantitative determination of greenhouse gas emissions and greenhouse gas absorption

DOI: 10.58168/TBiEc2025\_266-270

УДК 338.439.4

**ВЛИЯНИЕ КЛИМАТИЧЕСКИХ РИСКОВ НА ЭКОНОМИЧЕСКУЮ  
СТАБИЛЬНОСТЬ ЗЕРНОВОГО ХОЗЯЙСТВА: КЕЙС-СТАДИ ЮГА РОССИИ**  
**IMPACT OF CLIMATE RISKS ON THE ECONOMIC STABILITY OF THE GRAIN  
ECONOMY: CASE-STUDY OF THE SOUTH OF RUSSIA**

**Погребная Н.В.**, к.э.н., доцент ФГБОУ ВО «Кубанский государственный аграрный университет имени И.Т. Трубилина», Краснодар, Россия.

**Литвинова М.А.**, специалитет ФГБОУ ВО «Кубанский государственный аграрный университет имени И.Т. Трубилина», Краснодар, Россия.

**Pogrebnaya N.V.**, candidate of Economic Sciences, associate professor FGBOU VO «Kuban State Agrarian University named after I.T. Trubilin», Krasnodar, Russia.

**Litvinova M.A.**, specialty FGBOU VO «Kuban State Agrarian University named after I.T. Trubilin», Krasnodar, Russia.

**Аннотация:** в рамках проведенного в данной научной статье исследования было выявлено, что одновременно с достаточно динамичным ростом агропромышленного комплекса ухудшаются экологические характеристики сельских территорий, уровень и качество жизни сельского населения в целом существенно отстает от уровня жизни в городах, сужается доступ населения к услугам организаций социальной сферы, углубляется информационный и инновационный разрыв между городской и сельской местностью, что ведет к росту миграционного оттока сельского населения и к утрате освоенности сельских территорий. Поэтому уровень занятости и благополучие, направление путей развития экономики и борьба с нищетой являются первостепенным для научных исследований в мире, включая Российскую Федерацию.

**Abstract:** as part of the study conducted in this scientific article, it was revealed that simultaneously with the rather dynamic growth of the agro-industrial complex, the environmental characteristics of rural areas deteriorate, the standard and quality of life of the rural population as a whole lags significantly behind the standard of living in cities, the access of the population to the services of social organizations is narrowing, the information and innovation gap between urban and rural areas is deepening, which leads to an increase in the migration outflow of the rural population and to the loss of development of rural areas. Therefore, the level of employment and well-being, the direction of economic development and the fight against poverty are paramount for scientific research in the world, including the Russian Federation.

**Ключевые слова:** климатические риски, стабильность, зерновое хозяйство, урожайность, биотехнология, инновации.

**Keywords:** climate risk, stability, grain farming, yield, biotechnology, innovation.

В рамках стратегии развития сельскохозяйственной биотехнологии в Российской Федерации представляется целесообразным учитывать и адаптировать наиболее успешные практики зарубежных стран, добившихся существенного прогресса в обеспечении продовольственной безопасности через применение современных агротехнологий. Учитывая растущие климатические вызовы, важным направлением становится исследование эффективных механизмов государственного регулирования и поддержки агропромышленного комплекса, способных не только стимулировать инновационную активность, но и укрепить национальную продовольственную безопасность. Это приобретает особую актуальность в условиях глобальных климатических трансформаций, а также нестабильной геополитической и экономической ситуации, оказывающей влияние на внешнеторговые отношения в агросекторе.

Современные проявления глобального потепления, наблюдаемые в различных регионах планеты, оказывают всё более заметное и разрушительное воздействие на окружающую среду и биоразнообразие. Южные территории России, характеризующиеся высокой плотностью сельскохозяйственного производства, оказываются в зоне наибольшего риска. Повышение среднегодовых температур, учащение случаев экстремальных погодных явлений — продолжительных засух, ливневых осадков, весенних заморозков и наводнений — становятся причиной снижения продуктивности аграрных культур. Помимо физических разрушений, возрастают эпидемиологические угрозы: климатические колебания провоцируют рост числа вспышек фитопатогенов, вредителей и болезней растений, ранее не характерных для региона. Всё это приводит к существенным потерям урожая, ухудшению качества продукции и, как следствие, экономическим убыткам агропроизводителей. В условиях постоянного роста населения и увеличения глобального спроса на продовольствие, вопрос устойчивого обеспечения продовольственной безопасности приобретает стратегическое значение для будущих поколений.

В современных условиях биотехнология становится ключевым инструментом повышения устойчивости агропроизводства. Использование передовых методов генной инженерии, геномного редактирования (в том числе CRISPR/Cas-технологий), RNA-интерференции, а также биоинформатики позволяет целенаправленно и эффективно модифицировать сельскохозяйственные культуры для повышения их устойчивости к биотическим и абиотическим стрессам. Такие методы превосходят традиционные подходы селекции как по скорости, так и по точности. Особенно актуально это для регионов юга России, где необходимость в культурах, адаптированных к засушливым условиям, высока. Генетическая адаптация позволяет не только поддерживать стабильные урожаи в условиях изменяющегося климата, но и расширять спектр возделываемых культур, тем самым повышая экономическую устойчивость сельскохозяйственных предприятий.

Растущее значение биотехнологий также обусловлено необходимостью смягчения воздействия сельского хозяйства на окружающую среду. Агропроизводство вносит вклад в глобальные выбросы парниковых газов — по оценкам, более 10–14% всех выбросов

приходится на сектор сельского хозяйства. При этом значительная доля приходится на расчистку земель под пашню, использование удобрений и технических средств. Биотехнологические подходы могут способствовать существенному снижению этого воздействия. Например, трансгенные культуры, устойчивые к вредителям и болезням, требуют меньшего количества пестицидов, что одновременно снижает нагрузку на экосистемы и производственные затраты. Применение таких сортов позволяет сократить количество агрохимикатов, повысить урожайность и снизить потребление ресурсов, включая воду и энергию. Кроме того, высокопродуктивные сорта, выведенные с применением генной инженерии, демонстрируют лучшие показатели рентабельности и устойчивости к стрессовым факторам.

Особенно важную роль играют культуры, спроектированные для повышения устойчивости к температурным колебаниям и водному дефициту. Такие трансгенные растения способны адаптироваться к экстремальным климатическим условиям, включая волны жары, почвенную засуху, высокую солнечность и другие неблагоприятные факторы. Это открывает новые возможности для ведения устойчивого аграрного производства в регионах, ранее считавшихся уязвимыми. В южных регионах России внедрение подобных культур может привести не только к стабилизации урожайности, но и к улучшению общего состояния сельского хозяйства, снижению технологических и экономических рисков.

Кроме этого, одним из ключевых направлений устойчивого сельского хозяйства (CSA — Climate Smart Agriculture) является внедрение технологий, способствующих сохранению и восстановлению почвенного плодородия, оптимизации водопользования, а также сохранению биоразнообразия. Адаптация к климатическим изменениям должна быть подкреплена соответствующей государственной политикой, инвестициями в научно-исследовательские программы, развитием кадрового потенциала, созданием биотехнологических кластеров и инкубаторов инноваций. Одновременно необходимо учитывать социальные аспекты — доступность новых сортов и технологий для фермеров, особенно в малых и средних хозяйствах, уровень агрообразования, развитие сервисной и консультационной поддержки.

Юг России сохраняет высокий агроклиматический потенциал, несмотря на наблюдающиеся климатические колебания. Повышение урожайности яровой пшеницы в последние десятилетия — результат системного совершенствования элементов земледелия, включая применение адаптированных технологий, улучшение сортового состава, агротехники и мониторинга состояния посевов. Это свидетельствует о возможности адаптации к климатическим угрозам и подтверждает, что устойчивое зерновое производство может быть достигнуто даже в неблагоприятных условиях. Однако для долгосрочного успеха необходимо расширение масштабов использования биотехнологий, развитие инфраструктуры хранения и логистики, цифровизация агропроизводства и создание условий для трансфера технологий.

Дополнительные усилия в области фундаментальных и прикладных исследований позволяют ускорить процессы выведения новых сортов сельскохозяйственных культур, адаптированных к изменчивому климату. Заполнение информационных и технических пробелов, координация научных центров, повышение инвестиционной привлекательности сектора создадут условия для устойчивого роста агропромышленного комплекса. В совокупности, биотехнологический подход выступает основой нового этапа в развитии отечественного сельского хозяйства — более продуктивного, экологичного и устойчивого к климатическим вызовам.

### **Список литературы**

1. Аджимет Г. Х. Влияние изменения климата на продовольственную безопасность / Г. Х. Аджимет // Ученые записки Крымского инженерно-педагогического университета. – 2020. – № 4(70). – С. 49-55.
2. Гайдук В. И. Повышение эффективности применения механизма страхования рисков в АПК / В. И. Гайдук, С. А. Калитко, В. В. Шевцов // Инженерный вестник Дона. – 2012. – № 2(20). – С. 137-141.
3. Гайдук В. И. Формирование системы производственно-технологической инфраструктуры агропродовольственного рынка (на примере Республики Адыгея): монография / В. И. Гайдук, С. В. Багмут, А. В. Кондрашова. – Краснодар : КубГАУ, 2014. – С. 15–49.
4. Гандалоев Р. Б. Теоретические основы продовольственной безопасности / Р. Б. Гандалоев, Я. А. Богатырев // Социально-гуманитарное обозрение. – 2019. – № 2. – С. 21-27.
5. Канаматова Д.А. Обеспечение продовольственной безопасности Российской Федерации // Вестник Евразийской науки. 2021, №об, Том 13.
6. Кондрашова А. В. Анализ выбора инвестиционных инновационных проектов в сфере АПК в условиях ограниченного финансирования / А. В. Кондрашова // В мире научных открытий. – 2012. – № 2-5 (26). – С. 285-293.
7. Нозадзе Е. В. Роль современных сельскохозяйственных биотехнологий в обеспечении продовольственной и национальной безопасности: мировой опыт / Е. В. Нозадзе, С. А. Наумов, А. А. Коновалов // Модернизация экономики России: отраслевой и региональный аспект : Материалы международной научно-практической конференции профессорско-преподавательского состава, молодых ученых и студентов, Ростов-на-Дону, 22–25 мая 2019 года. – Ростов-на-Дону: Индивидуальный предприниматель Беспамятнов Сергей Владимирович, 2019. – С. 171-174.
8. Погребная Н. В. Управление эффективностью функционирования аграрной фирмы на мезоуровне / Н. В. Погребная, А. В. Кондрашова, В. С. Грицунов, М. А. Малания, И. В. Шахов // Экономика и предпринимательство. 2020. № 1 (114). С. 435-443.

9. Чередниченко О.А., Довготько Н.А., Яшалова Н.Н. Устойчивое развитие агропродовольственного сектора: российские приоритеты и направления адаптации Повестки дня-2030 // Экономические и социальные перемены: факты, тенденции, прогноз, № 11 (6), с. 89-108.
10. Improving institutional forms of state support for small agricultural businesses / V. Gayduk, M. Kovalchuk, A. Khaliapin [et al.] // Revista Juridica. – 2023. – Vol. 3, No. 75. – P. 679-695. – EDN MGICU.

### References

1. Adzhimet G. Kh. Impact of climate change on food security/G. Kh. Adzhimet//Scientific notes of the Crimean Engineering and Pedagogical University. – 2020. – № 4(70). - S. 49-55.
2. Gaiduk V.I. Increasing the efficiency of the application of the risk insurance mechanism in the agro-industrial complex/V.I. Gaiduk, S.A. Kalitko, V.V. Shevtsov//Engineering Bulletin of the Don. – 2012. – № 2(20). - S. 137-141.
3. Gaiduk V.I. Formation of the system of production and technological infrastructure of the agri-food market (on the example of the Republic of Adygea): monograph/V.I. Gaiduk, S.V. Bagmut, A.V. Kondrashova. - Krasnodar: KubSAU, 2014. - S. 15-49.
4. Gandaloev R. B. Theoretical foundations of food security/R. B. Gandaloev, Ya. A. Bogatyrev//Social and humanitarian review. – 2019. – № 2. - S. 21-27.
5. Kanamatova D.A. Ensuring Food Security of the Russian Federation//Bulletin of Eurasian Science. 2021, No. 6, Volume 13.
6. Kondrashova A.V. Analysis of the choice of investment innovative projects in the agro-industrial complex in conditions of limited funding/A.V. Kondrashova//In the world of scientific discoveries. – 2012. – № 2-5 (26). - S. 285-293.
7. Nozadze E.V. The role of modern agricultural biotechnologies in ensuring food and national security: world experience/E.V. Nozadze, S.A. Naumov, A.A. Konovalov//Modernization of the Russian economy: sectoral and regional aspect: Materials of the international scientific-practical conference of faculty, young scientists and students, Rostov-on-Don, May 22-25, 2019. - Rostov-on-Don: Individual entrepreneur Bespamyatnov Sergey Vladimirovich, 2019. - S. 171-174.
8. Pogrebnaya N.V. Management of the efficiency of the functioning of an agricultural company at the meso level / N.V. Pogrebnaya, A.V. Kondrashova, V.S. Gritsunov, M.A. Malania, I.V. Shakhov//Economics and Entrepreneurship. 2020. № 1 (114). S. 435-443.
9. Cherednichenko O.A., Dovgotko N.A., Yashalova N.N. Sustainable development of the agri-food sector: Russian priorities and directions for adaptation of Agenda 2030//Economic and social changes: facts, trends, forecast, No. 11 (6), p. 89-108.
10. Improving institutional forms of state support for small agricultural businesses / V. Gayduk, M. Kovalchuk, A. Khaliapin [et al.] // Revista Juridica. – 2023. – Vol. 3, No. 75. – P. 679-695. – EDN MGICU.

DOI: 10.58168/TBiEc2025\_271-279

УДК 504.03

## **МЕХАНИЗМЫ И ИНСТРУМЕНТЫ РЕАЛИЗАЦИИ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ ПОЛИТИКИ КИТАЯ**

### **MECHANISMS AND INSTRUMENTS FOR IMPLEMENTING CHINA'S ENVIRONMENTAL POLICY**

**Подмолодина И.М.**, профессор ФГБОУ ВО «Воронежский государственный университет инженерных технологий», Воронеж, Россия.

**Серебрякова Н.А.**, профессор ФГБОУ ВО «Воронежский государственный университет инженерных технологий», Воронеж, Россия.

**Ло Вэйвэй**, аспирант ФГБОУ ВО «Воронежский государственный университет инженерных технологий», Воронеж, Россия.

**Podmolodina I.M.**, professor Voronezh State University of Engineering Technologies, Voronezh, Russia.

**Serebryakova N.A.**, professor Voronezh State University of Engineering Technologies, Voronezh, Russia.

**Luo Weiwei**, postgraduate Student Voronezh State University of Engineering Technologies, Voronezh, Russia.

**Аннотация:** в статье рассматриваются особенности экологической политики Китая, её институциональная основа и ключевые инструменты регулирования. Раскрывается влияние экологизации экономики на устойчивое развитие. Особое внимание уделено системе экологических красных линий, «зелёному ВВП», экологической компенсации и торговле углеродными квотами.

**Abstract:** the article examines the characteristics of China's environmental policy, its institutional foundation, and key regulatory instruments. The impact of environmental mainstreaming on sustainable development is analyzed. Special attention is given to the system of ecological red lines, "green GDP," ecological compensation, and carbon quota trading.

**Ключевые слова:** экологическая политика, Китай, экологическая цивилизация, зелёный ВВП, углеродные квоты, экологические красные линии.

**Keywords:** environmental policy, China, ecological civilization, green GDP, carbon quotas, ecological red lines.

Опережающее развитие промышленного производства в мировом хозяйстве во второй половине XX в. происходило за счет экстенсивных факторов, что привело к экономическому кризису, который проявился в росте цен на природные ресурсы и загрязнении окружающей среды. Выход из кризиса был связан с переходом к монетаристской модели воспроизводства в развитых странах, использованием энерго- и ресурсосберегающих технологий, переносом промышленного производства из развитых стран в развивающиеся. Именно в это время для мирового хозяйства на уровне ООН предлагается концепция устойчивого развития, в

которой важное место отводится экологической политике. Экологизация экономики становится одним из критериев, характеризующим развитость страны [1].

За пятьдесят лет реализации данной концепции результаты в разрезе стран сильно отличаются друг от друга. Самой чистой страной мира из 180 исследуемых стала Швейцария. Россия находится на 52 месте, Китай не вошел в первую сотню. Самые худшие экологические показатели имеет Вьетнам [2].

Однако, в новостях все больше появляется информации, которая сообщает, что Китай очень быстро «очищается», и в первую очередь, за счет перехода к «зеленой» экономике и использованию чистых технологий. В связи с этим, по нашему мнению, изучение опыта Китая в реализации экологической политики полезно для выявления наиболее эффективных инструментов и механизмов, которые возможно использовать в российской экономике.

Успешное развитие экономики КНР в период с 1978 по 2000 гг. было основано на модели, которая характеризовалась следующими особенностями [3]:

1. высокой зависимостью от ресурсоемких отраслей, таких как сталелитейная, угольная, энергетическая, химическая промышленность и цветная металлургия;
2. приоритетом территориального расширения над экологическим планированием. Градостроительное освоение преимущественно опиралось на масштабное изъятие сельскохозяйственных угодий, осушение озер, вырубку лесов для создания промышленных зон, коммерческих и жилых районов;
3. экспортной ориентированностью экономики благодаря низкозатратному производству.

С учетом перечисленных особенностей за 20 лет промышленного развития в Китае был нанесен серьезный ущерб природным экосистемам. Обострились экологические проблемы, такие, как [4]:

- загрязнение воздуха (например, кислотные дожди, повышенная концентрация твердых частиц PM2.5 и PM10, смог, высокое содержание диоксида серы ( $\text{SO}_2$ ) и оксидов азота ( $\text{NO}_x$ ));
- дефицит водных ресурсов (из-за сбросов промышленных отходов в реки);
- накопление твердых отходов.

Эти проблемы стали ключевыми экологическими вызовами, требующими усиленного регулирования в области охраны атмосферного воздуха, водных ресурсов и обращения с отходами со стороны местных властей в последующие годы.

С наступлением XXI века экологические проблемы стали решаться на уровне правительства страны. В 2005 году, будучи секретарем парткома провинции Чжэцзян Си Цзиньпин выдвинул концепцию «Зеленые горы и чистая вода — это золотые горы и серебряные реки», которая затем официально была утверждена Центральным правительством в качестве ключевой задачи строительства экологической цивилизации на XVIII съезде КПК в 2012 году. В 2015 году ЦК КПК и Госсовет КНР опубликовали

стратегический документ под названием «Общая схема реформы системы экологической цивилизации», основные положения содержания которой приведены в таблице 1.

Таблица 1 - Основные положения содержания «Общей схемы реформы системы экологической цивилизации» (2015 год)

Направления реформы	Основное содержание	Результат реформы. Отражение в последующих документах, влияющих на дальнейшее формирование экологической политики
1	2	3
Пространственное планирование и охрана территорий	1. Четкое разделение национальной территории на три типа зон: городские, сельскохозяйственные и экологические. 2. Установление экологических красных линий, постоянных красных линий защиты основных сельхозугодий, границ городского развития.	Заложена политическая основа для системы экологических красных линий. «Некоторые положения по установлению и строгому соблюдению экологических красных линий (экологических ограничительных линий)» 2017 год, Канцелярия ЦК КПК и Госсовета КНР
Оценка эффективности экологической цивилизации	Внедрение в систему оценки деятельности чиновников показателей потребления ресурсов, охраны окружающей среды, экологической эффективности.	Создана база для механизма оценки «зеленого ВВП». «Генеральный план реформирования системы экологической цивилизации» 2015 год, ЦК КПК и Госсовет КНР
Платное использование ресурсов и экологическая компенсация	Создание комбинированного механизма экокомпенсации	Реализация проектов механизма экокомпенсации «Мнения по совершенствованию механизма экологической компенсации» 2016 г., Канцелярия ЦК КПК и Госсовета КНР

Окончание таблицы 1

1	2	3
Управление окружающей средой	Установление правительством квот на выбросы углерода для предприятий.	Сформирована рыночная управленческая основа для механизма торговли углеродными квотами «Программа создания национального рынка торговли углеродными квотами (в электроэнергетической отрасли)» 2017 г., Государственный комитет по развитию и реформам

В соответствии с «Общей схемой реформы системы экологической цивилизации» в Китае были определены направления экологической политики, которые позволили сформировать институциональные механизмы реализации принципа «экологизации экономики». Они включают:

1) пространственное планирование и охрану территорий. Это направление реформы включало четкое разделение национальной территории на три типа зон: городские, сельскохозяйственные и экологические. Городские зоны разрешают урбанизацию, сельскохозяйственные предполагают производство продовольствия, экологические зоны подлежат охране без права освоения. Одновременно с этим происходило установление экологических красных линий (зон ограниченного освоения), а также постоянных красных линий защиты основных сельхозугодий, гарантирующих неприкосновенность пахотных земель, границ городского развития, предотвращающих хаотичное расширение городов;

2) оценка эффективности экологической цивилизации. Внедрение в систему оценки деятельности чиновников показателей потребления ресурсов, охраны окружающей среды, экологической эффективности, вместо системы оценки, ориентированной только на рост ВВП.

Например, оценка экологической эффективности включает: качество воздуха (PM2.5, концентрация SO<sub>2</sub>), управление водным загрязнением (уровень COD), уровень лесистости, долю возобновляемых источников энергии;

3) платное использование ресурсов и экологическая компенсация. Создание комбинированного механизма экокомпенсации, который действует, как:

- вертикальный. Центральное правительство предоставляет субсидии регионам, выполняющим функции экологической защиты, таким как природные заповедники, лесные зоны, водосборные территории. Субсидии компенсируют экономические потери от ограничений на освоение.

Например, компенсации предоставляются за охрану водных ресурсов в верховьях Янцзы и Хуанхэ — провинциям Сычуань, Цинхай, Ганьсу и др.;

- горизонтальный. Регионы-бенефициары оказывают финансовую поддержку экологическим зонам, например, Пекин, использующий воду из провинции Хэнань, выплачивает ей экокомпенсацию;

4) управление окружающей средой. Установление правительством квот на выбросы углерода для предприятий. Компании, превышающие лимит, обязаны покупать «права на выбросы», а те, кто сокращает эмиссии, могут продавать излишки квот.

Таким образом, после реализации «Общей схемы реформы системы экологической цивилизации» были последовательно введены:

система экологических красных линий;  
механизм оценки «зеленого ВВП»;  
механизм экокомпенсаций;  
механизм торговли углеродными квотами.

Эти механизмы сформировали системную институциональную основу для экологического управления в стране.

Инструменты экологического управления, реализуемые в рамках экологической политики Китая, представлены в таблице 2.

Таблица 2 - Инструменты экологического управления, введенные после реформы системы экологической цивилизации Китая

Институциональные механизмы	Инструменты экологического управления	Зона применения		
		1	2	3
Система экологических красных линий	<p>1. Делимитация запретных зон. Ключевые экологически значимые и уязвимые территории обозначаются красными линиями, запрещающими индустриализацию и масштабное освоение.</p> <p>2. Строгий контроль. Осуществляется местными органами экологического надзора под координацией Министерства экологии и окружающей среды.</p> <p>3. Мониторинг и ответственность: спутниковый мониторинг в режиме реального времени; пожизненная ответственность за экологические нарушения</p>			Вся страна, включая бассейны Янцзы и Хуанхэ, регион «Трех рек» (Саньцзяньюань), ключевые водно-болотные угодья и лесные заповедники.

Окончание таблицы 2

1	2	3
Механизм оценки «зеленого ВВП»	Внедрение системы показателей «зеленого ВВП», включающей: - потребление ресурсов (энергия, вода, земля); - экологический ущерб (загрязнение, затраты на восстановление экосистем, углеродные издержки); - экологическая эффективность (защита редких видов, доля заповедников)	Закреплён на национальном уровне, но сначала реализован в pilotных городах Шэньчжэне, Ханчжоу, Чэнду и др. с последующим распространением по всей стране.
Механизм экологической компенсации	Экологические компенсации через соглашения торговли водными правами	Экологические функциональные зоны: Саньцзянъюань, источники водопады «Юг-Север», заповедники.
Механизм торговли углеродными квотами	Квоты на выбросы CO <sub>2</sub> и их торговля на биржах	Пилотные регионы: Пекин, Шанхай, Гуандун, Хубэй; общенациональный рынок запущен в 2021 году.

Система экологических красных линий предполагает следующие инструменты:

делимитация запретных зон. Ключевые экологически значимые и уязвимые территории обозначаются красными линиями, запрещающими индустриализацию и масштабное освоение.

строгий контроль. Он осуществляется местными органами экологического надзора под координацией Министерства экологии и окружающей среды. В пределах красных линий запрещены добыча полезных ископаемых, вырубка лесов, сброс загрязнений. Инфраструктурные проекты требуют жесткой экологической экспертизы.

мониторинг и ответственность. В системе экологических красных линий выполняется спутниковый мониторинг в режиме реального времени, а за экологические нарушения предполагается пожизненная ответственность.

Механизм оценки «зеленого ВВП» предусматривает замену оценки экономического развития на основе показателя роста ВВП на систему показателей «зеленого ВВП», включающую:

- потребление ресурсов (энергия, вода, земля). Эти параметры учитываются как часть ресурсно-экологических издержек, вычитаемых из традиционного ВВП;

- экологический ущерб (загрязнение, затраты на восстановление экосистем, углеродные издержки);

- экологическая эффективность (защита редких видов растений и животных, доля заповедников)

Формула: Скорректированный зеленый ВВП = Традиционный ВВП – Ресурсно-экологические издержки + Экологическая эффективность.

Реализация экологической компенсации осуществляется соглашения.

Например, Соглашение между провинциями Чжэцзян и Аньхой в бассейне реки Синьаньцзян предполагает, что, если качество воды на трансграничном участке (Аньхой) соответствует стандартам, Чжэцзян ежегодно выплачивает Аньхое 100 млн юаней, в противном случае Аньхой платит компенсации Чжэцзян.

Используется инструмент торговли водными правами. Регионы с избытком воды могут передавать права на водопользование районам с дефицитом воды. Например, Нинся-Хуэйский АР приобрел у Сычуани право на 5 млн м<sup>3</sup> воды/год по цене 1,20 юаня/м<sup>3</sup>.

Механизм торговли квотами на выбросы CO<sub>2</sub> регулирует эмиссии через рыночные инструменты. Для высокоэмиссионных отраслей (энергетика, металлургия, цемент) устанавливаются годовые лимиты (например, для угольной энергетики — 0,877 тонны CO<sub>2</sub>/МВт·ч).

Предприятия, превышающие лимит выбросов, обязаны покупать квоты на специальных биржах, таких как Гуанчжоуская товарная биржа, Тяньцзинская биржа торговли выбросами и другие. Продажа избыточных квот также происходит на этих же платформах — то есть одна и та же биржа обслуживает и покупку, и продажу.

Цены на углеродные квоты в Китае не устанавливаются государством напрямую, а формируются поциальному механизму, в зависимости от спроса и предложения на специализированных биржах. Однако начальные квоты распределяются регулятором — Министерством экологии и окружающей среды КНР, на основе таких критериев, как тип отрасли, производственные мощности и исторические данные по выбросам.

По состоянию на апрель 2024 года средняя рыночная цена превысила 100 юаней за тонну CO<sub>2</sub>, а суточный объём торгов на крупнейших биржах (например, Шанхайской национальной бирже углеродных квот) достигает более 1 млн тонн.

Торговля квотами опосредованно влияет на показатели скорректированного ВВП, поскольку снижает экологические издержки и стимулирует инвестиции в экологические технологии, тем самым повышая компонент экологической эффективности в формуле зелёного ВВП.

Таким образом, позитивные изменения в экологической обстановке Китая произошли благодаря применению механизмов и инструментов экологизации экономики, которые

позволяют решить ключевые экологические проблемы Китая, и способствуют «очищению» экосистемы страны.

### **Список литературы**

1. История развития мировой экономики. Раздел: Промышленная революция и глобализация // Научная электронная библиотека «Гумер». – URL: [https://www.gumer.info/bibliotek\\_Buks/Econom/IstEk/09.php](https://www.gumer.info/bibliotek_Buks/Econom/IstEk/09.php) (дата обращения: 07.06.2025).
2. Блок С., Эмерсон Дж. У., Эсти Д. К., де Шербинин А., Венлинг З. А. Индекс экологической эффективности 2024 года. Нью-Хейвен, Коннектикут: Центр экологического права и политики Йельского университета, 2024. – URL: <https://epi.yale.edu/measure/2024/EPI> (дата обращения: 07.06.2025).
3. Цай Фан. Логика успешного опыта реформ в Китае // Современные исследования истории Китая. 2018. № 3 (25). С. 120. URL: <https://www.cnki.net/KCMS/detail/detail.aspx?dbcode=CJFD&dbname=CJFDLAST2018&filename=DZSY201803016&uniplatform=OVERSEA&v=4IrvkenNcdZjtyS79fOc0f2sEgExRz4j0YZ7itTonDaw2zPkCAYo8b0kxoWIYE-C> (дата обращения: 07.06.2025).
4. Чжан Яньшу, Е Танлинь, Лю Хуачжэнь. Зелёная индустриализация в контексте китайской модели модернизации: достижения, проблемы и меры // Обзор региональной экономики. 2025. № 2. С. 143–151, 2. DOI: 10.14017/j.cnki.2095-5766.2025.0020. – URL: [https://www.cnki.net/KCMS/detail/detail.aspx?dbcode=CJFD&dbname=CJFDLAST2025&filename=QYHL202502014&uniplatform=OVERSEA&v=nEYd4BTYZIs98ov9RM0NvXRFVkf\\_9qpZRs tvnPI26Z3AfmCWdzqbMLOh8-w3qEer](https://www.cnki.net/KCMS/detail/detail.aspx?dbcode=CJFD&dbname=CJFDLAST2025&filename=QYHL202502014&uniplatform=OVERSEA&v=nEYd4BTYZIs98ov9RM0NvXRFVkf_9qpZRs tvnPI26Z3AfmCWdzqbMLOh8-w3qEer) (дата обращения: 07.06.2025).
5. Некоторые положения по установлению и строгому соблюдению экологических красных линий (экологических ограничительных линий): Постановление Госсовета КНР № 7, 2017 г. // Официальный сайт Государственного совета КНР. – URL: [https://www.gov.cn/gongbao/content/2017/content\\_5174504.htm](https://www.gov.cn/gongbao/content/2017/content_5174504.htm) (дата обращения: 07.06.2025).
6. Генеральный план реформирования системы экологической цивилизации: Постановление Госсовета КНР № 28, 2015 г. // Официальный сайт Государственного совета КНР. – URL: [https://www.gov.cn/gongbao/content/2015/content\\_2941157.htm](https://www.gov.cn/gongbao/content/2015/content_2941157.htm) (дата обращения: 07.06.2025).
7. Мнения по совершенствованию механизма экологической компенсации: Постановление Госсовета КНР № 15, 2016 г. // Официальный сайт Государственного совета КНР. – URL: [https://www.gov.cn/gongbao/content/2016/content\\_5076965.htm](https://www.gov.cn/gongbao/content/2016/content_5076965.htm) (дата обращения: 07.06.2025).
8. Программа создания национального рынка торговли углеродными квотами (в электроэнергетической отрасли): Приказ Государственного комитета по развитию и реформам КНР № 2191, 2017 г. // Официальный сайт Государственного комитета по

развитию и реформам КНР. – URL: [https://www.ndrc.gov.cn/xxgk/zcfb/ghxwj/201712/t20171220\\_960930\\_ext.html](https://www.ndrc.gov.cn/xxgk/zcfb/ghxwj/201712/t20171220_960930_ext.html) (дата обращения: 07.06.2025).

## References

1. Geschichte der Entwicklung der Weltwirtschaft. Abschnitt: Industrielle Revolution und Globalisierung // Wissenschaftliche Elektronische Bibliothek „Gumer“. – URL: [https://www.gumer.info/bibliotek\\_Buks/Econom/IstEk/09.php](https://www.gumer.info/bibliotek_Buks/Econom/IstEk/09.php) (Zugriffsdatum: 06.07.2025).
2. Block S., Emerson J. W., Esty D. K., de Sherbinin A., Wenling Z. A. Der Umweltleistungsindex 2024. New Haven, CT: Yale University Center for Environmental Law and Policy, 2024. – URL: <https://epi.yale.edu/measure/2024/EPI> (Zugriffsdatum: 06.07.2025).
3. Cai Fang. Die Logik der erfolgreichen Reformerfahrung Chinas // Moderne Studien zur Geschichte Chinas. 2018. Nr. 3 (25). S. 120. – URL: <https://www.cnki.net/KCMS/detail/detail.aspx?dbcode=CJFD&dbname=CJFDLAST2018&filename=DZSY201803016&uniplatform=OVERSEA&v=4IrvkenNcdZjtyS79fOc0f2sEgExRz4j0YZ7itTonDaw2zPkCAYo8b0kxoWIYE-C> (abgerufen am 07.06.2025).
4. Zhang Yanshu, Ye Tanglin, Liu Huazhen. Grüne Industrialisierung im Kontext des chinesischen Modernisierungsmodells: Erfolge, Probleme und Maßnahmen // Review of Regional Economics. 2025. Nr. 2. S. 143–151, 2. DOI: 10.14017/j.cnki.2095-5766.2025.0020. – URL: [https://www.cnki.net/KCMS/detail/detail.aspx?dbcode=CJFD&dbname=CJFDLAST2025&filename=QYHL202502014&uniplatform=OVERSEA&v=nEYd4BTYZIs98ov9RM0NvXRFVkf\\_9qpZRstvnPI26Z3AfmCWdzqbMLOh8-w3qEer](https://www.cnki.net/KCMS/detail/detail.aspx?dbcode=CJFD&dbname=CJFDLAST2025&filename=QYHL202502014&uniplatform=OVERSEA&v=nEYd4BTYZIs98ov9RM0NvXRFVkf_9qpZRstvnPI26Z3AfmCWdzqbMLOh8-w3qEer) (Zugriff: 07.06.2025).
5. Bestimmungen zur Festlegung und strikten Umsetzung ökologischer roter Linien (ökologischer Grenzwerte): Resolution Nr. 7 des Staatsrats der Volksrepublik China, 2017 // Offizielle Website des Staatsrats der Volksrepublik China. URL: [https://www.gov.cn/gongbao/content/2017/content\\_5174504.htm](https://www.gov.cn/gongbao/content/2017/content_5174504.htm) (abgerufen am 7. Juni 2025).
6. Masterplan zur Reform des ökologischen Zivilisationssystems: Resolution Nr. 28 des Staatsrats der Volksrepublik China, 2015 // Offizielle Website des Staatsrats der Volksrepublik China. – URL: [https://www.gov.cn/gongbao/content/2015/content\\_2941157.htm](https://www.gov.cn/gongbao/content/2015/content_2941157.htm) (abgerufen am 7. Juni 2025).
7. Stellungnahmen zur Verbesserung des Umweltkompensationsmechanismus: Resolution Nr. 15 des Staatsrats der Volksrepublik China, 2016 // Offizielle Website des Staatsrats der Volksrepublik China. – URL: [https://www.gov.cn/gongbao/content/2016/content\\_5076965.htm](https://www.gov.cn/gongbao/content/2016/content_5076965.htm) (abgerufen am: 07.06.2025).
8. Das Programm zur Schaffung eines nationalen Emissionshandelsmarktes (in der Elektrizitätswirtschaft): Anordnung Nr. 2191 der Nationalen Entwicklungs- und Reformkommission der Volksrepublik China, 2017 // Offizielle Website der Nationalen Entwicklungs- und Reformkommission der Volksrepublik China. – URL: [https://www.ndrc.gov.cn/xxgk/zcfb/ghxwj/201712/t20171220\\_960930\\_ext.html](https://www.ndrc.gov.cn/xxgk/zcfb/ghxwj/201712/t20171220_960930_ext.html) (Zugriff: 07.06.2025).

DOI: 10.58168/TBiEc2025\_280-284

УДК 630.367

## **РЕСУРСОСБЕРЕГАЮЩИЕ ТЕХНИЧЕСКИЕ РЕШЕНИЯ ДЛЯ УДАЛЕНИЯ ПНЕЙ НА ВЫРУБКАХ И ГАРЯХ**

### **RESOURCE-SAVING TECHNICAL SOLUTIONS FOR STUMPS REMOVAL ON CUTTINGS AND BURNING AREAS**

**Поздняков Е.В.**, к.т.н., доцент ФГБОУ ВО «Воронежский государственный лесотехнический университет имени Г.Ф. Морозова», Воронеж, Россия.

**Дручинин Д.Ю.**, к.т.н., доцент ФГБОУ ВО «Воронежский государственный лесотехнический университет имени Г.Ф. Морозова», Воронеж, Россия.

**Сорокина К.С.**, магистрант ФГБОУ ВО «Воронежский государственный лесотехнический университет имени Г.Ф. Морозова», Воронеж, Россия.

**Pozdnyakov E.V.**, candidate of Technical Sciences, associate professor FGBOU VO «Voronezh State University of Forestry and Technologies named after G.F. Morozov», Voronezh, Russia.

**Druchinin D.Yu.**, candidate of Technical Sciences, associate professor FGBOU VO «Voronezh State University of Forestry and Technologies named after G.F. Morozov», Voronezh, Russia.

**Sorokina K.S.**, master's student FGBOU VO «Voronezh State University of Forestry and Technologies named after G.F. Morozov», Voronezh, Russia.

**Аннотация:** выполнен анализ современных механизированных технологий для удаления пней на вырубках и гарях, на основе которого выявлены их экологические, энергетические и экономические достоинства и недостатки. Представлены новые рабочие процессы и конструктивные решения, направленные на повышение эффективности процессов корчевания и измельчения пней, ресурсосбережение при их осуществлении и снижение негативного воздействия на окружающую лесную среду.

**Abstract:** an analysis of modern mechanized technologies for stumps removal on cuttings and burning areas has been carried out. Their environmental, energy and economic advantages and disadvantages have been identified. New work processes and constructive solutions, aimed at efficiency improving of the processes of stumps uprooting and crushing, resources saving during their implementation and negative impact reducing on the forest environment, are presented.

**Ключевые слова:** лесовосстановление, вырубки, гари, корчевание пней, измельчение пней.

**Keywords:** reforestation, cuttings, burning areas, stumps uprooting, stumps crushing.

В связи с высокой интенсивностью вырубок леса и лесных пожаров особенно актуальной для современного общества становится проблема лесовосстановления, при

реализации которого операция по удалению пней является одной из наиболее энергоемких и ресурсозатратных [1].

Основными промышленными способами удаления пней на вырубках и гарях являются их корчевание с корневой системой различными корчевателями и корчевальными машинами или измельчение режущими элементами активных рабочих органов [2].

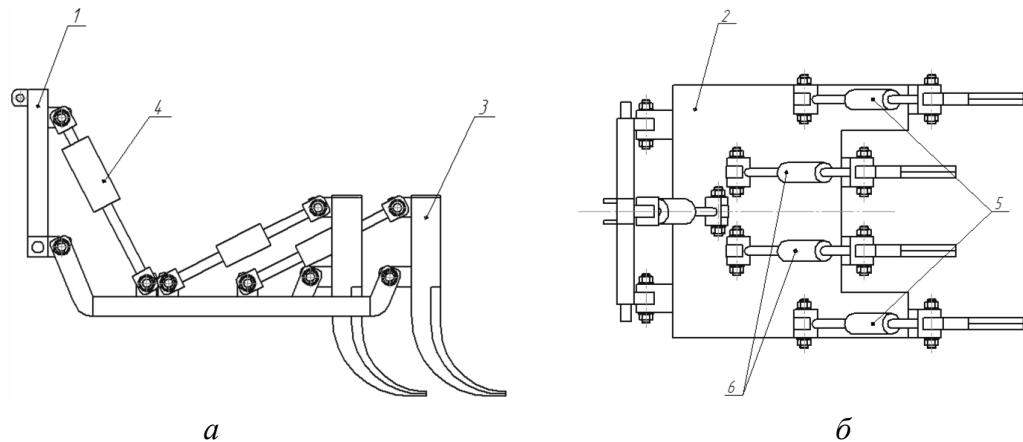
Корчевальная техника отличается простотой конструкции и эксплуатации, но имеет множество недостатков, среди которых нерациональное использование мощности применяемых в агрегате с ней энергетических средств, как следствие, повышенные затраты времени, труда и ресурсов, приводящие к существенному снижению производительности, а также большой вред, наносимый окружающей лесной среде [3].

Эти недостатки отсутствуют у машин, измельчающих пни, так как они, как правило, воздействуют только на надземную часть пней, при этом их рабочий процесс является стационарным и не оказывает негативного влияния на лесную среду и почву. Однако, остающаяся после их работы подземная часть пней продолжает оставаться препятствием для участвующих в лесовосстановлении машинно-тракторных агрегатов, приводящим к снижению качества выполняемых работ, ускоренному износу и поломкам рабочих органов лесохозяйственных машин и орудий. В свою очередь, из-за постоянного взаимодействия с частицами почвы на высокой скорости вращения при понижении пней ниже поверхности земли режущие элементы таких устройств подвергаются абразивному износу, быстро затупляются и требуют частой заточки [4].

Повышение ресурсосбережения и экологизации при корчевании пней возможно посредством рациональной эксплуатации гидравлических систем энергетических средств корчевальных агрегатов, в частности, за счет привода корчевальных зубьев не от общих, а от отдельных гидроцилиндров, или использования поворотной оси для размещения на ней рабочих органов.

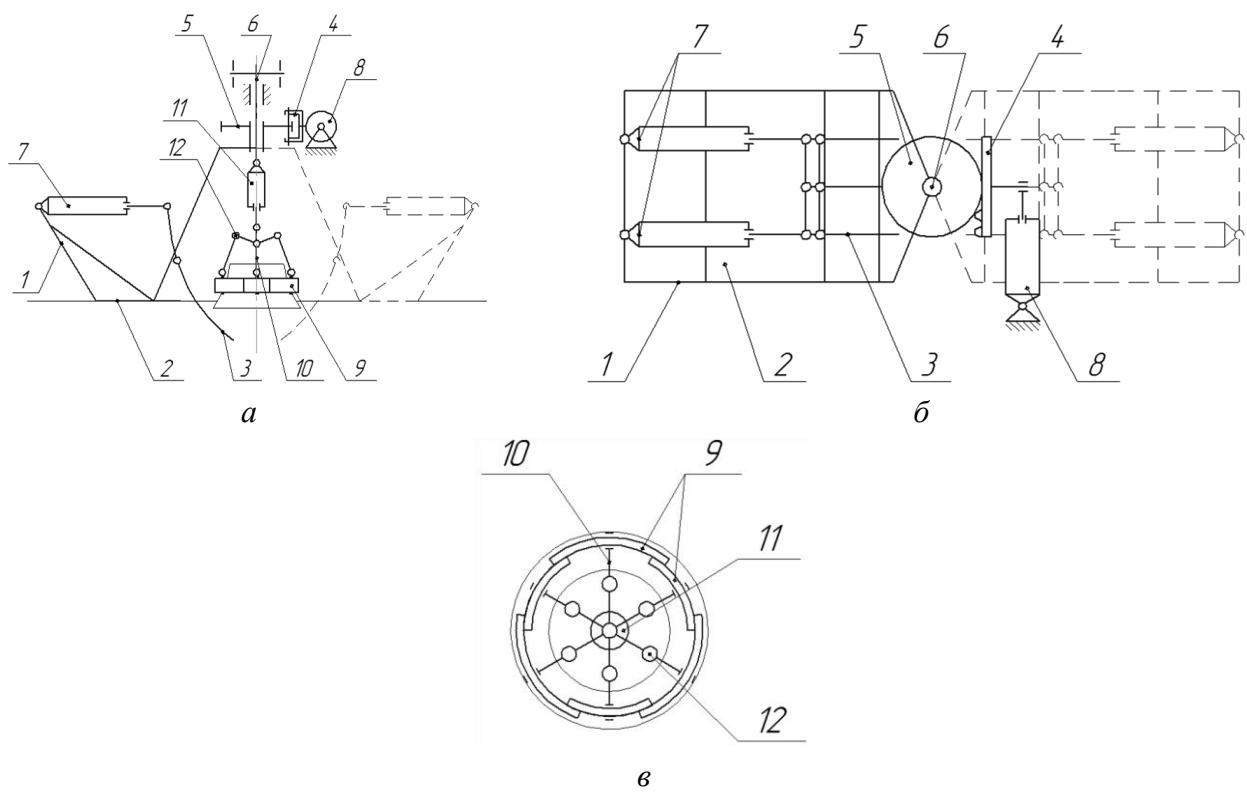
Корчевальная машина (рис. 1, *a, б*) содержит раму 1 с механизмом навески, опорную плиту 2, установленные в два ряда корчевальные зубья 3 с заостренными рабочими гранями, гидроцилиндр 4 для подъема и опускания опорной плиты 2, выносные гидроцилиндры 5 и 6 для поворотов корчевальных зубьев 3.

В процессе работы корчевальной машины за счет отдельного привода расположенных в переднем ряду (крайних) корчевальных зубьев 3 от гидроцилиндров 5, а расположенных во втором ряду (центральных) – от гидроцилиндров 6, имеется возможность поочередного обрыва сначала боковых корней пня, а затем его центрального корня. При этом заостренные рабочие поверхности корчевальных зубьев 3 позволяют одновременно с обрывом корней пня осуществлять их перерезание.



*a – вид сбоку; б – вид сверху*  
Рисунок 1 - Схема корчевальной машины

Корчевальное устройство (рис. 2, *a*, *б*) содержит раму 1, опорную плиту 2, корчевальные зубья 3, реечный механизм 4, зубчатое колесо 5, вертикальную ось вращения 6, гидроцилиндры 7 привода корчевальных зубьев 3, выносной гидроцилиндр 8 для поворота корчевального устройства вокруг вертикальной оси вращения 6, захватный механизм (рис. 2, *в*), состоящий из секций 9, расположенныхных в два ряда и имеющих разную длину, двуплечие рычаги 10, гидроцилиндр 11 для изменения положения секций 9 захватного механизма в зависимости от параметров корчуевого пня, шарниры 12.



*a – вид сбоку; б – вид сверху; в – захватный механизм*  
Рисунок 2 - Кинематическая схема корчевального устройства

Применение в конструкции поворотной оси вращения 6 предоставляет возможность осуществлять поворот корчевального устройства вокруг нее на необходимый угол в зависимости от размеров и формы корчуемого пня и расположения его корней, при этом, когда недостаточно усилий корчевальных зубьев 3, может быть приведен в действие захватный механизм, позволяющий скручивать оставшиеся корни пня.

Такое исполнение технических решений позволит использовать их при корчевании пней больших диаметров, а также снизить негативное воздействие на лесную экосистему при сплошной или полосной раскорчевке расчищаемых участков за счет сокращения количества передзов машинно-тракторных агрегатов для удаления каждого пня.

Снизить износ режущих элементов при измельчении пней ниже поверхности земли, как следствие, увеличить их межзаточный период, а также повысить качество следующих за удалением пней операций лесовосстановления, можно при помощи технических средств, снабженных рыхляще-сдирающими элементами, создающими перед понижением пня вокруг него площадку-углубление и одновременно с этим очищающими в пределах глубины площадки его боковую поверхность от налипшей почвы.

Комбинированная машина для измельчения пней (рис. 3, а, б) содержит раму 1, соединенную со стрелой 2 гидроманипулятора, ротор-очиститель 3, состоящий из секций с рыхляющими-сдирающими элементами, имеющими переменную длину, ротор-измельчитель 4, гидроцилиндр 5 поворота рамы 1, гидроцилиндр 6 для изменения положения секций ротора-очистителя 3, гидромотор 7 привода ротора-измельчителя 4, гидромотор 8 привода ротора-очистителя 3, цепную передачу 9, шарниры Гука 10, двуплечие рычаги 11, шарниры 12, поводки 13, гидроцилиндр 14 для поворота в вертикальной плоскости ротора-измельчителя 4, гидроцилиндр 15 для изменения вылета стрелы 2 гидроманипулятора.

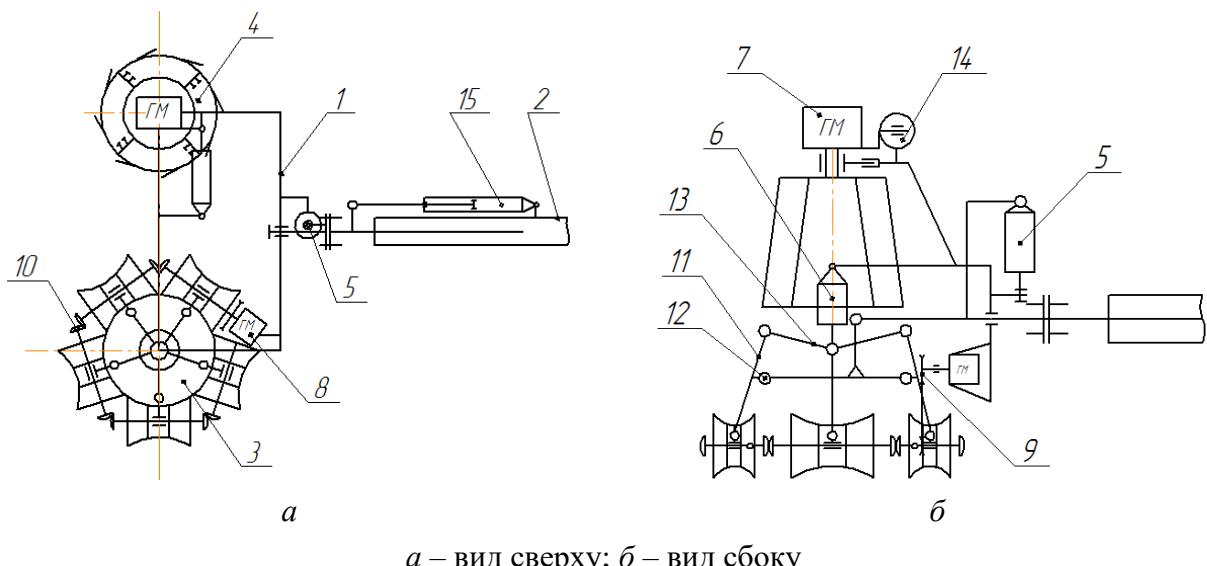


Рисунок 3 - Кинематическая схема комбинированной машины для измельчения пней

Рабочий процесс комбинированной машины для измельчения пней основан на поочередном использовании ротора-очистителя 3, осуществляющего удаление верхнего слоя почвы вокруг пня, и ротора-измельчителя 4, производящего понижение пня ниже поверхности земли. При этом за счет использования в агрегате с комбинированной машиной гидроманипулятора имеется возможность удаления из одного стационарного положения машинно-тракторного агрегата сразу нескольких пней, попадающих в рабочую зону стрелы 2.

При сплошном измельчении пней ниже поверхности земли на всей территории вырубки или гари на их месте образуются участки с сохраненным плодородным слоем почвы, возможностью создания параллельных рядов лесных насаждений с заданными междурядьями и, как следствие, эффективной механизации всего процесса лесовосстановления.

### **Список литературы**

1. Бартенев И.М. Энергосберегающие и природосберегающие технологии в лесном комплексе: учеб. пособие. Воронеж: ФГБОУ ВПО «ВГЛТА», 2014. 107 с.
2. Бартенев И.М., Драпалюк М.В., Попиков П.И. [и др.]. Конструкции и параметры машин для расчистки лесных площадей. М.: Флинта: Наука, 2007. 208 с.
3. Дручинин Д.Ю., Поздняков Е.В. Особенности работы лесохозяйственной техники на вырубках. Хвойные бореальной зоны. 2019. Т. 37. № 6. С. 448-454.
4. Сухов И.В., Кострикин В.А., Казаков В.И. Технологии лесокультурных работ на вырубках (рекомендации). М.: ВНИИЛМ, 2004. 152 с.

### **References**

1. Bartenev I.M. Energy-saving and nature-saving technologies in the forest complex: textbook. Voronezh: FGBOU VPO «VGLTA», 2014. 107 p.
2. Bartenev I.M., Drapalyuk M.V., Popikov P.I. [et al.]. Designs and parameters of machines for clearing forest areas. M.: Flinta: Nauka, 2007. 208 p.
3. Druchinin D.Yu., Pozdnyakov E.V. Features of forestry equipment work in felling. Conifers of the boreal area. 2019. Vol. 37. No 6. P. 448-454.
4. Sukhov I.V., Kostrikin V.A., Kazakov V.I. Technologies of forest culture operations on cuttings (recommendations). M.: VNIIILM, 2004. 152 p.

DOI: 10.58168/TBiEc2025\_285-290

УДК 678.01

**БИОРАЗЛАГАЕМЫЙ ПЛАСТИК В РФ: РЕАЛЬНОСТЬ И ПЕРСПЕКТИВЫ  
УСТОЙЧИВОГО РАЗВИТИЯ**

BIODEGRADABLE PLASTIC IN RUSSIA: REALITY AND PROSPECTS FOR  
SUSTAINABLE DEVELOPMENT

**Пословская В.А.**, студент ФГБОУ ВО «Воронежский государственный лесотехнический университет имени Г.Ф. Морозова», Воронеж, Россия.

**Стородубцева Т.Н.**, д.т.н., профессор ФГБОУ ВО «Воронежский государственный лесотехнический университет имени Г. Ф. Морозова», Воронеж, Россия.

**Морковин В.А.**, к.т.н., заведующий кафедрой ФГБОУ ВО «Воронежский государственный лесотехнический университет имени Г.Ф. Морозова», Воронеж, Россия.

**Poslovskaya V.A.**, student of the FGBOU VO Voronezh State University of Forestry and Technologies named after G.F. Morozov, Voronezh, Russia.

**Storodubtseva T.N.**, doctor of Technical Sciences, Professor of the FGBOU VO Voronezh State University of Forestry and Technologies named after G.F. Morozov, Voronezh, Russia.

**Morkovin V.A.**, candidate of Technical Sciences, Head of Department FGBOU VO Voronezh State University of Forestry and Technologies named after G.F. Morozov, Voronezh, Russia.

**Аннотация:** данная статья посвящена анализу производства биоразлагаемого пластика в мире и направлена на выявление основных проблем и перспектив данной отрасли в контексте устойчивого развития в РФ. В результате, несмотря на наличие научных разработок и инвестиционных проектов, производство биоразлагаемого пластика в России находится на этапах зарождения. Для успешного развития необходим комплексный подход, который будет включать государственную поддержку, развитие инфраструктуры, исследования по улучшению производственных технологий.

**Abstract:** this article is devoted to the analysis of the production of biodegradable plastic in the world and is aimed at identifying the main problems and prospects of this industry in the context of sustainable development in the Russian Federation. As a result, despite the availability of scientific developments and investment projects, the production of biodegradable plastic in Russia is in its infancy. Successful development requires an integrated approach that will include government support, infrastructure development, and research to improve production technologies.

**Ключевые слова:** биопластик, углеродный след, полимолочная кислота, полимеры.

**Keywords:** bioplastics, carbon footprint, polylactic acid, polymers.

Биопластики – это альтернатива традиционных пластмасс, они создаются из растительного сырья, обладают привычными свойствами полимера, такими как гибкость и

прочность. Они делятся на биопластики, полученные глубокой переработкой растительного сырья, к ним относят полиэтилентерефталат (ПЭТ), полиэтилен (ПЭ), поливинилхлорид (ПВХ) и на биоразлагаемые полимеры, полученные из растительного сырья такие как полилактиды (ПЛА), полигидроксиалканоаты (ПГА) [1]. На данный момент на рынке доступно несколько видов биоразлагаемых пластиковых материалов:

- природные полимеры (из крахмала и целлюлозы);
- природные мономеры;
- синтезированные при помощи биотехнологий: полигидроксиалканоаты (РНА), полигидроксибутират (РНВ), полилактид (PLA).

Положительная сторона биопластиков состоит в потенциальном экологическом преимуществе (рис. 1), как известно биопластики производятся из растительного сырья, что означает снижение зависимости от ископаемых ресурсов.

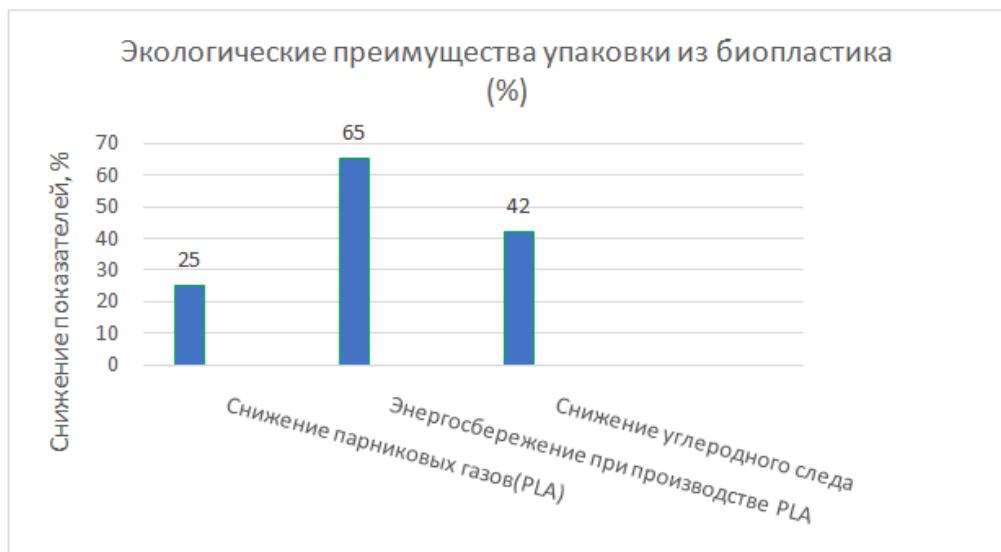


Рисунок 1 - Относительное снижение воздействия на окружающую среду при использовании упаковки из пластика

Производство биопластика требует меньше энергии тем самым способствует снижению углеродного следа, они представляют потенциальную биоразлагаемость, а также использование отходов в качестве сырья, особенное внимание стоит уделить биоразлагаемому пластику PLA его основу представляет крахмал, сейчас его активно используют в медицине (имплантты, шовные материалы), 3D печати и производстве пищевых упаковок [1,2].

Однако мы сталкиваемся с ожидаемыми недостатками, встает вопрос стоимости производства – биопластики могут обходиться в 2-7 раз дороже обычных. Для эффективного разложения требуются специальные условия компостирования т.к. в естественных они разлагаются куда хуже. Биопластики необходимо собирать отдельно от обычной пластмассы,

часто они визуально и по свойствам схожи с традиционными, что может снижать качество переработанных материалов.

*Проекты по производству биоразлагаемых пластиков в РФ:*

Российские компании «Рустарк» и «Сибагро» реализуют проекты по производству биоразлагаемых пластиков (PLA). «Рустарк» строит комплекс в Липецкой области для переработки пшеницы в PLA, постепенно наращивая мощности. «Сибагро» планирует запустить в 2025 году производство PLA мощностью до 30 тыс. тонн в год в Красноярском крае, используя до 17 % местной пшеницы.

Большую популярность биопластик приобрел в производстве упаковки, самые активные страны — это США, Китай, Япония и Корея. В России движущей силой спроса на биоразлагаемые пластмассы являются поставщики продуктов, такие как «Вкусвилл» или доставка «Яндекс. Еда». Среди крупных B2B-заказчиков часто упоминают РЖД (использует биоразлагаемую посуду в поездах «Сапсан») и сеть общественного питания GreenBox [3].

Переход на PLA (полимолочную кислоту) из кукурузы сокращает выбросы парниковых газов в США на 25%, а также требует на 65 % меньше энергии по сравнению с традиционными пластиками. Согласно последним данным PLA и PHA не только биоразлагаемы [4], но и обходят по барьерными свойствам традиционные полимеры. По характеристикам эластичности, термостойкости, долговечности и пригодности для печати они, как минимум, сопоставимы с ними. В результате значительная доля биопластиков – 45% мирового производства – используется для изготовления упаковки [5].

Таким образом, упаковка из биопластика имеет значительное преимущество [5]. Однако для реализации необходима соответствующая инфраструктура для переработки и компостирования [6], а также информирование потребителей о правильной утилизации. На рынке биопластиков лидером пока будет оставаться полимолочная кислота, это самый простой и дешевый биопластик.

*Анализ рынка.* На основании отчета на конференции European Bioplastics за 2024 год, представленного в Берлине [7], можно выделить следующие ключевые данные о состоянии и перспективах рынка биопластиков. Согласно – отчету мировые производственные мощности по выпуску биопластиков должны увеличиться с 2.47 млн. тонн в 2024 году до 5.73 млн. тонн в 2029 (рис. 2).

Сравнивая отчет за 2018 год [8], итогом которого был прогноз, согласно которому выпуск биопластика увеличится с 2.11 млн. тонн в 2018 до, примерно 2.62 млн. тонн, в 2023, можно заметить колossalный рост и развитие. Связано это как с техническими инновациями, так и усилением глобального интереса к устойчивому развитию и сокращению углеродного следа, что стимулирует внедрение PLA [9].

Таким образом, к перечисленным ранее недостаткам можно отнести и менее продвинутую в нашей стране тему ресайклинга и правильной утилизации, это так же приводит к замедлению распространения биоразлагаемых полимеров.

*Возможные решения проблемы.* В первую очередь это участие государства, программы по поддержке инвестиционных проектов, активное продвижение крупных торговых сетей, улучшение инфраструктуры, обучение опытных специалистов. Несмотря на то, что производство биопластика требует больших финансовых вложений, его будущее многообещающее. С развитием технологий и растущим спросом на экологически чистые материалы стоимость снижается, что делает его более конкурентоспособным на рынке.

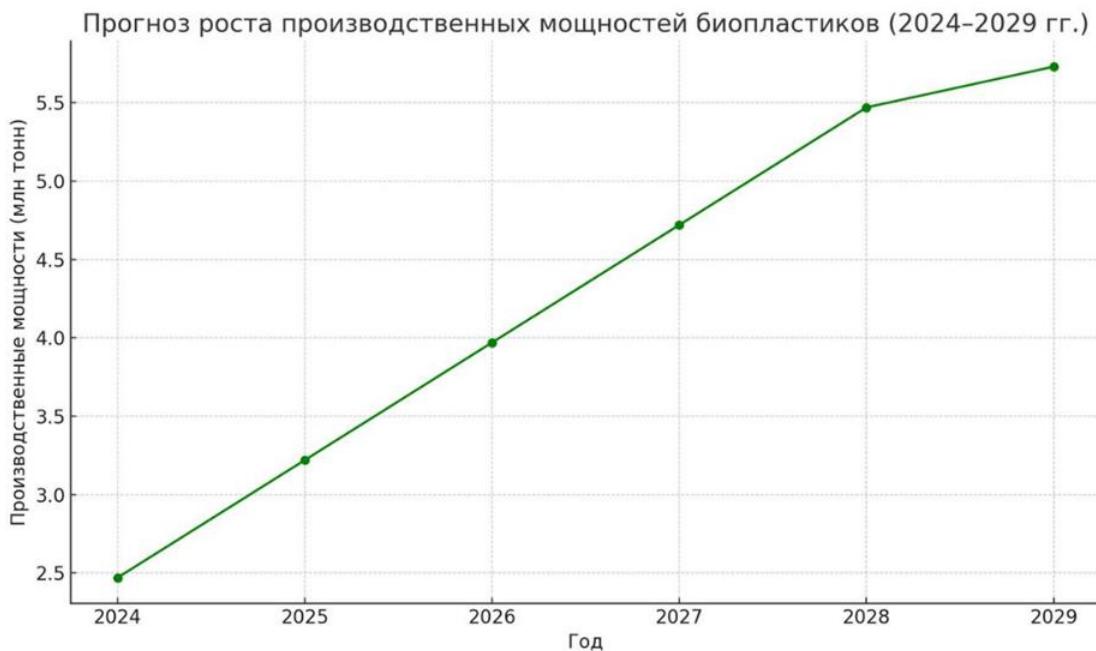


Рисунок 2 – Прогнозируемый рост производственных мощностей биопластиков с 2024 по 2029 год

#### Заключение.

Таким образом, можно сделать вывод, что производство биопластика в России находится на этапах зарождения, главной проблемой является стоимость развития производства, нехватка инфраструктуры, развитие правильной утилизации, для успешного развития необходим комплексный подход.

#### Список литературы

1. Рынок биопластика выглядит очень перспективным, но объемы потребления на нем пока невелики // MegaResearch.ru. – URL: [https://www.megaresearch.ru/new\\_reality/rynok-bioplastikov-vyglyadit-ochen-perspektivnym-no-obemny-potrebleniya-na-nem-poka-nebolshie?utm\\_source=chatpt.com](https://www.megaresearch.ru/new_reality/rynok-bioplastikov-vyglyadit-ochen-perspektivnym-no-obemny-potrebleniya-na-nem-poka-nebolshie?utm_source=chatpt.com) (дата обращения: 2.05.2025).
2. Волостнова О.И. Биоразлагаемые пластики – будущее упаковки / Р.Н. Исмаилова, А.В. Селиванов // Вестник Казанского технологического университета. – 2010. – № 8. – С. 478-480. (дата обращения: 2.05.2025).

3. Биопластик: почему полимеры из пшеницы, кукурузы и свеклы так популярны? // Glycols.ru. – URL: <https://glycols.ru/2023/02/09/bioplastik-pochemu-polimery-iz-pshenitsy-kukuruzy-i-svekly-tak-populyarny/> (дата обращения: 02.05.2025).

4. Скуратова Н.А. Безопасность биоразлагаемых пластиков // В сборнике: Перспективы развития науки и образования. Сборник научных трудов по материалам Международной научно-практической конференции. В 3-х частях. – 2017. – С. 134-135. (дата обращения: 2.05.2025).

5. Копылова Е.В., Вербицкий С.Б., Козаченко О.Б., Пацера Н.Н. Применение биоупаковки как способ повышения экологичности пищевых производств // Национальная (всероссийская) научно-практическая конференция «Природные ресурсы, их современное состояние, охрана, промысловое и техническое использование». 2021. №XII. – URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/primenenie-bioupakovki-kak-sposob-povysheniya-ekologichno-sti-pischevyh-proizvodstv> (дата обращения: 02.05.2025).

6. Клинков А.С., Беляев П.С., Соколов М.В. У84 Утилизация и вторичная переработка полимерных материалов: Учеб. пособие. Тамбов: Изд-во Тамб. гос. техн. ун-та, 2005. 80 с. (дата обращения: 02.05.2025).

7. Компания European Bioplastics представила отчет // ChemInsight.ru. – URL: <https://cheminsight.ru/tpost/9avsin8x61-european-bioplastics-predstavila-otchet> (дата обращения: 02.05.2025).

8. Отчет о данных по рынку биопластика за 2018 год [Электронный ресурс]. — Берлин: European Bioplastics, 2018. — URL: [https://www.european-bioplastics.org/wp-content/uploads/2016/02/Report\\_Bioplastics-Market-Data\\_2018.pdf](https://www.european-bioplastics.org/wp-content/uploads/2016/02/Report_Bioplastics-Market-Data_2018.pdf) (дата обращения: 02.05.2025).

9. Технология биоразлагаемых полимерных материалов : учеб.-метод. пособие для студентов специальности 1-48 01 02 «Химическая технология органических веществ, материалов и изделий» специализации 1-48 01 02 04 «Технология пластических масс» / Э. Т. Крутько, Н. Р. Прокопчук, А. И. Глоба. – Минск : БГТУ, 2014. – 105 с. (дата обращения: 02.05.2025).

## References

1. The bioplastics market looks very promising, but its consumption volumes are still small // MegaResearch.ru . – URL: [https://www.megaresearch.ru/new\\_reality/rynok-bioplastikov-vyglyadit-ochen-perspektivnym-no-obemy-potrebleniya-na-nem-poka-nebolshie?utm\\_source=chatgpt.com](https://www.megaresearch.ru/new_reality/rynok-bioplastikov-vyglyadit-ochen-perspektivnym-no-obemy-potrebleniya-na-nem-poka-nebolshie?utm_source=chatgpt.com) (date of request: 2.05.2025).
2. Volostnova O.I. Biodegradable plastics – the future of packaging / R.N. Ismailova, A.V. Selivanov // Bulletin of Kazan Technological University. - 2010. – No. 8. – pp. 478-480. (date of request: 2.05.2025).

3. Bioplastics: why are polymers from wheat, corn and beetroot so popular? // Glycols.ru. – URL: <https://glycols.ru/2023/02/09/bioplastik-pochemu-polimery-iz-pshenitsy-kukuruzy-i-svekly-tak-populyarny/> (date of request: 2.05.2025).

4. Skuratova N.A. Safety of biodegradable plastics // In the collection: Prospects for the development of science and education. Collection of scientific papers based on the materials of the International Scientific and Practical Conference. In 3 parts. - 2017. – pp. 134-135. (date of request: 2.05.2025).

5. E. V. Kopylova, S. B. Verbitsky, O. B. Kozachenko, N. N. Patsera THE USE OF BIO-PACKAGING AS A WAY TO IMPROVE THE ENVIRONMENTAL FRIENDLINESS OF FOOD PRODUCTION // National (All-Russian) scientific and practical conference "Natural resources, their current state, protection, commercial and technical use". 2021. №XII. – URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/primenie-bioupakovki-kak-sposob-povysheniya-ekologichno-stipischevyh-proizvodstv> (date of request: 2.05.2025).

6. Klinkov A.S., Belyaev P.S., Sokolov M.V. U84 Utilization and recycling of polymer materials: Textbook. Tambov: Publishing House of the Tambov State Technical University. University, 2005. 80 p. (date of request: 2.05.2025).

7. European Bioplastics Company submitted a report // ChemInsight.ru. – URL: <https://cheminsight.ru/tpost/9avsin8x61-european-bioplastics-predstavila-otchet> (date of request: 05/02/2025)

8. Bioplastics market data Report for 2018. — Berlin: European Bioplastics, 2018. — URL: [https://www.european-bioplastics.org/wp-content/uploads/2016/02/Report\\_Bioplastics-Market-Data\\_2018.pdf](https://www.european-bioplastics.org/wp-content/uploads/2016/02/Report_Bioplastics-Market-Data_2018.pdf) (date of request: 2.05.2025).

9. Technology of biodegradable polymer materials : textbook.- the method. manual for students of specialty 1-48 01 02 "Chemical technology of organic substances, materials and products" specialization 1-48 01 02 04 "Technology of plastics" / E. T. Krutko, N. R. Prokopchuk, A. I. Globa. – Minsk : BSTU, 2014. – 105 p. (date of request: 05/02/2025).

DOI: 10.58168/TBiEc2025\_291-297

УДК 630.363.7

## ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ РУБИЛЬНЫХ МАШИН ПРИ ПЕРЕРАБОТКЕ ДРЕВЕСИНЫ

INCREASE EFFECTIVENESS CHIPPER AT RECYCLABLE WOOD

**Прокопенко С.В.**, аспирант ФГБОУ ВО «Воронежский государственный лесотехнический университет имени Г.Ф. Морозова», Воронеж, Россия.

**Попиков П.И.**, профессор, д.т.н. ФГБОУ ВО «Воронежский государственный лесотехнический университет имени Г.Ф. Морозова», Воронеж, Россия.

**Платонов А.А.**, доцент, к.т.н. ФГБОУ ВО «Воронежский государственный лесотехнический университет имени Г.Ф. Морозова», Воронеж, Россия.

**Prokopenko S.V.**, graduate student FGBOU VO «Voronezh state forestry university the name G.F. Morozova», Voronezh, Russia

**Popikov P.I.**, professor, doctor technical of sciences FGBOU VO «Voronezh state forestry university the name G.F. Morozova», Voronezh, Russia.

**Platonov A.A.**, assistant professor, candidate technical of sciences FGBOU VO «Voronezh state forestry university the name G.F. Morozova», Voronezh, Russia.

**Аннотация:** рассмотрение и оценка проектных решений, реализованных в механизмах для дробления материалов, в частности, древесины. Анализ ориентирован на выявление ключевых элементов конструкции и их влияния на эффективность и функциональность оборудования. Исследуются различные типы рубильных машин, акцентируя внимание на принципах их работы и применяемых технологиях.

**Abstract:** consideration the assessment design of decisions, implemented at mechanisms for crushing materials, at particular, wood. Analysis oriented on revealing key elements constructions their influences on efficiency the functionality equipment. Are being investigated various types рубильных of cars, emphasizing attention on principles their work the applied technology.

**Ключевые слова:** топливная щепа, рубильные машины, привод рубильных машин.

**Keywords:** energy plantations, fuel wood chips, chipper, chipper drive, chipper drive.

В последние годы в лесной индустрии все более важным становится вопрос эффективного использования лесных ресурсов. Решение видится во внедрении малоотходных и безотходных технологий при заготовке и обработке древесины. Одним из ключевых направлений развития лесной и деревообрабатывающей отраслей в этом контексте является переработка отходов деревопроизводства и низкосортной древесины в технологическую щепу. Такой подход способствует увеличению объема доступной деловой древесины, сохраняет лесные территории, снижает издержки на восстановление лесов и

заготовку древесины, а также позволяет повысить выход древесины с единицы площади леса на 25-30% [1].

Во многих странах мира энергетика, основанная на растительной и древесной биомассе, становится рентабельной и конкурентоспособной по сравнению с энергетикой на ископаемом топливе. Учитывая особенности растительности в нашем регионе, этот метод особенно перспективен для развития биоэнергетики, благодаря наличию значительных запасов промышленного леса, равнинного рельефа, развитой инфраструктуры для распределения энергии и тепла, современных предприятий энергетического и общего машиностроения, а также высокого уровня технической подготовки населения.

Важным элементом процесса производства топливной щепы являются рубильные машины. Существует широкий спектр рубильных машин, которые значительно отличаются по своей конструкции. Среди оборудования, используемого в процессе производства топливной щепы, рубильная машина является одним из самых энергоемких, сложных и дорогостоящих агрегатов [1].

В зависимости от типа рабочего органа, рубильные машины классифицируются на несколько типов: дисковые (с плоским или геликоидальным диском и радиально расположенными ножами), барабанные (с барабаном цилиндрической или конической формы и ножами на внешней поверхности), шнековые (с коническим винтовым ножом) и валковые (с двумя валами в качестве рабочих органов) (рисунок1). Разнообразие конструкций измельчителей древесины обусловлено широким спектром моделей, применяемых для получения щепы. Среди оборудования, задействованного в технологической цепочке производства щепы, рубильная машина выделяется как наиболее затратная по энергии, сложная в устройстве и дорогостоящая.

Классификация рубильных машин (см. рис. 1) основывается на типе рабочего органа. Выделяют дисковые измельчители, где рабочий орган представляет собой плоский или профилированный диск с радиально закрепленными ножами или резцами; барабанные машины, оснащенные барабаном (цилиндрической или конической формы) с ножами или резцами, расположенными на внешней поверхности; шнековые (винтовые) машины, имеющие конический винтовой нож в качестве рабочего органа; и валковые машины, рабочий орган которых состоит из двух валов.

Дисковые рубильные машины характеризуются высокой производительностью и способностью перерабатывать древесину различных пород и диаметров. Конструкция дисковых машин позволяет получать щепу с достаточно однородными размерами, что важно для дальнейшего использования в технологических процессах, например, в целлюлозно-бумажной промышленности. Регулировка размера щепы осуществляется путем изменения скорости подачи древесины и количества ножей на диске.

Барабанные рубильные машины находят применение в основном для переработки крупномерной древесины и отходов деревообработки. Конструкция барабана обеспечивает более стабильную и равномерную подачу материала к ножам, что позволяет достигать

высокой производительности при переработке толстых бревен. Однако, барабанные машины, как правило, требуют более мощного привода по сравнению с дисковыми, что отражается на энергопотреблении.

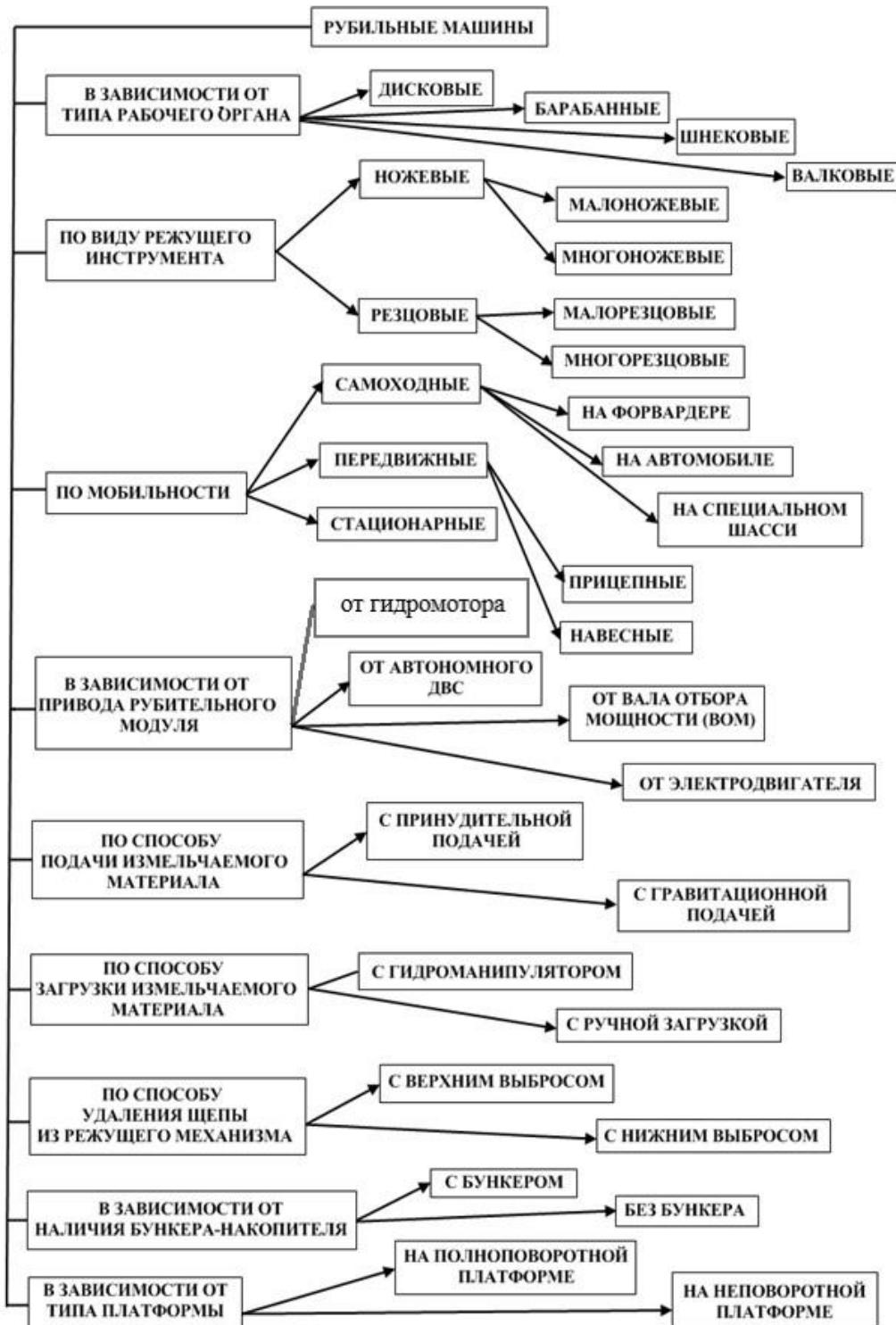


Рисунок 1 - Классификация рубильных машин

В отличие от дисковых рубильных машин, барабанные рубильные машины формируют щепу с менее стабильными геометрическими параметрами. Это обусловлено тем, что режущий инструмент в барабанных рубильных машинах, как правило, совершает сложное движение, не лежащее в одной плоскости. Кроме того, подача сырья в зону резания часто осуществляется под разными углами, что приводит к изменению угла среза щепы в зависимости от размеров и формы перерабатываемого материала.

Нестабильность геометрических размеров щепы, произведенной на барабанных рубильных машинах, может приводить к ряду проблем в целлюлозно-бумажной промышленности. Во-первых, такая щепа сложнее поддается сортировке, что увеличивает количество отходов и снижает выход готовой продукции. Во-вторых, неравномерность размеров щепы может негативно сказываться на процессе варки целлюлозы, приводя к снижению ее качества и увеличению расхода химических реагентов. В-третьих, щепа с нестабильными геометрическими параметрами может создавать проблемы при транспортировке и хранении, например, увеличивать риск самовозгорания.

Современные разработки направлены на совершенствование конструкции барабанных рубильных машин с целью повышения стабильности геометрических размеров производимой щепы [2]. Это достигается за счет оптимизации траектории движения режущего инструмента, усовершенствования системы подачи сырья и внедрения автоматизированных систем контроля и управления процессом измельчения.

Для более полного понимания преимуществ барабанных рубильных машин необходимо учитывать и экологический аспект. Эффективная переработка древесных отходов с их помощью способствует снижению объема отходов, направляемых на полигоны, и уменьшению негативного воздействия на окружающую среду. Полученная щепа может использоваться в качестве биотоплива, для производства бумаги, ДСП и других материалов, что способствует устойчивому управлению ресурсами и переходу к экономике замкнутого цикла.

Кроме того, современные барабанные рубильные машины отличаются повышенной безопасностью эксплуатации [3]. Они оснащены системами автоматической остановки при возникновении нештатных ситуаций, защитными кожухами и другими элементами, предотвращающими травматизм персонала. Эргономичное расположение органов управления и контроля облегчает работу оператора и снижает риск ошибок.

Стоит отметить, что выбор между барабанной и дисковой рубильной машиной зависит от конкретных условий производства и требований к конечному продукту. Если приоритетом является высокая однородность щепы и строгое соответствие заданным размерам, то дисковые машины могут быть предпочтительнее.

Однако, когда требуется высокая производительность, неприхотливость к сырью и экономичность, барабанные машины становятся оптимальным выбором.

В перспективе развитие барабанных рубильных машин связано с внедрением новых материалов и технологий, направленных на повышение их износостойкости,

энергоэффективности и автоматизации [3]. Применение современных систем управления и контроля позволит оптимизировать процесс измельчения, снизить энергопотребление и повысить качество щепы. Это, в свою очередь, будет способствовать дальнейшему расширению области применения барабанных рубильных машин и повышению их конкурентоспособности на рынке оборудования для переработки древесины. Размер получаемой щепы также является важным параметром. Он зависит от настроек рубительного механизма и может варьироваться в широких пределах. Щепа крупного размера используется в основном для производства ДСП и целлюлозы, а щепа мелкого размера - для производства топливных брикетов и гранул [4].

Шнековые (винтовые) рубильные машины, в силу своей конструкции, применяются для измельчения тонкомерной древесины и отходов лесопиления. Конический винтовой нож обеспечивает постепенное измельчение материала, что снижает пиковую нагрузку на привод. Однако, производительность шнековых машин обычно ниже, чем у дисковых или барабанных аналогов.

Валковые рубильные машины представляют собой специализированное оборудование, предназначенное для измельчения коры, веток и других отходов с высоким содержанием влаги. Два вращающихся вала с ножами обеспечивают эффективное измельчение материала, при этом конструкция машины позволяет минимизировать забивание рабочего органа. Валковые машины широко применяются на деревообрабатывающих предприятиях и в коммунальном хозяйстве для утилизации древесных отходов.

В зависимости от вида режущего инструмента рубильные машины можно классифицировать на ножевые и резцовые. Преимущества резцовых рубильных машин проявляются в более равномерном распределении нагрузки на режущий инструмент и снижении вибрации оборудования. Это достигается за счет последовательного, а не одновременного воздействия на древесину, что продлевает срок службы ножей и уменьшает износ подшипников и других узлов машины. Кроме того, уменьшение динамических нагрузок положительно сказывается на энергопотреблении, позволяя снизить затраты на электроэнергию.

Конструкция резцовых рубильных машин позволяет более эффективно использовать отходы деревообработки, поскольку небольшие размеры резцов и их расположение обеспечивают лучшее измельчение материалов различной формы и размеров. Это особенно важно при переработке сучьев, вершин и других некондиционных отходов, которые могут представлять сложность для ножевых рубильных машин.

Важным аспектом является также безопасность эксплуатации резцовых рубильных машин. Меньший размер режущих элементов и их расположение снижают риск выброса крупных щепок и отходов, что уменьшает вероятность травм для обслуживающего персонала. Кроме того, упрощается процесс замены и регулировки ножей, что также положительно сказывается на безопасности работ [5].

Эффективность работы рубильной машины может быть значительно повышена за счет использования дополнительного оборудования, такого как сортировочные столы, магнитные сепараторы и системы удаления щепы. Сортировочные столы позволяют отделить от сырья посторонние предметы, такие как камни и металл, которые могут повредить рубильный механизм. Магнитные сепараторы удаляют металлические включения из щепы, что повышает ее качество. Системы удаления щепы обеспечивают автоматическую транспортировку щепы от рубильной машины к месту хранения или дальнейшей переработки.

Важным аспектом эффективной работы рубильной машины является правильная организация технологического процесса, включающая подготовку сырья, подачу материала в машину, измельчение, удаление щепы и ее транспортировку к месту хранения или переработки. Необходимо также обеспечить своевременное техническое обслуживание машины и замену изношенных деталей.

Правильный выбор, эксплуатация и техническое обслуживание рубильной машины позволяют повысить эффективность производства, снизить затраты и обеспечить безопасность персонала.

Немаловажной стороной развития является совершенствование режущих элементов. Разработка новых материалов и конструкций ножей, обладающих повышенной износостойкостью и эффективностью резания, позволит увеличить производительность рубильных машин и снизить энергопотребление. Применение инновационных технологий, таких как лазерная резка и упрочнение поверхности, также способствует повышению долговечности режущих элементов.

В области систем выгрузки щепы перспективным направлением является разработка пневматических систем, обеспечивающих быструю и эффективную транспортировку щепы на большие расстояния. Использование таких систем позволяет оптимизировать логистику на предприятиях и снизить затраты на транспортировку щепы. Кроме того, пневматические системы позволяют избежать загрязнения щепы посторонними примесями, что особенно важно для предприятий, производящих высококачественную щепу для целлюлозно-бумажной промышленности.

Развитие рубильных машин также связано с повышением их экологической безопасности. Разработка систем пылеулавливания и шумоглушения позволит снизить негативное воздействие оборудования на окружающую среду и создать более комфортные условия труда для персонала. Внедрение экологически чистых технологий, таких как использование биоразлагаемых смазочных материалов, также способствует повышению экологической безопасности рубильных машин.

По мобильности рубильные машины подразделяются на передвижные, самоходные и стационарные. Выбор рубильной машины зависит от множества факторов, включая тип и объем перерабатываемого сырья, требуемую производительность, доступный бюджет и условия эксплуатации. Для небольших объемов отходов деревообработки подойдут

мобильные рубильные машины с дизельным или электрическим приводом. Для крупных производств, перерабатывающих большие объемы древесины, используются стационарные рубильные комплексы с высокой производительностью и автоматизированной системой подачи материала. Для мобильных рубильных машин, предназначенных для переработки порубочных остатков на вырубках перспективным является привод измельчающего рабочего органа от гидромотора. В этом случае снижаются динамические нагрузки и появляется возможность рекуперации энергии торможения рабочего органа при остановках, что повышает энергоэффективность мобильных рубильных машин для переработки порубочных остатков на лесосеках на биотопливо, что способствует развитию биоэнергетики в нашей стране.

### **Список литературы**

1. Федоренчик А. С. Энергетическое использование низкокачественной древесины и древесных отходов / А. С. Федоренчик, А. В. Ледницкий. – Минск: БГТУ, 2010. – 446 с.
2. Вальщиков Н. В., Рубильные машины / Н. В. Вальщиков. – Л.: Машиностроение, 1970. – 328 с.
3. Беляев С. В. Современное состояние и перспективы применения биомассы для получения биотоплив / С. В. Беляев, Г. А. Давыдков, С. Н. Перский // Актуальные вопросы науки и техники. 2015. С. 61–63.
4. Фокин С. В. Об использовании древесных отходов при восстановлении защитных лесных полос / С. В. Фокин, О. Н. Шпротко, В. В. Цыплаков // Научная жизнь. 2015. № 6. С. 134-142.
5. Рахманов С. И. Машины и оборудование лесоразработок / С. И. Рахманов, К. Ф. Гороховский. – М.: Лесная пром-сть, 1967. – 532 с.

### **References**

1. Fedorenchic A. S. Energy using low quality wood the woody waste / A. S. Fedorenchic, A. V. Lednickii. – Minsk: BGTU, 2010. – 446 with.
2. Valchikov N. V., Chipping machine / N. V. Valchikov. – L.: Engineering, 1970. – 328 with.
3. Belyaev S. V. Modern state the the prospects application biomass for receiving biofuel / S. V. Belyaev, G. A. Davidkov, S. N. Perskii // Relevant the questions science the technicians. 2015. With. 61–63.
4. Fokin S.V. Ob using woody waste at recovery protective forest bands / S.V. Fokin, O. N. Shprotko, V. V. Ciplakov // Scientific a life. 2015. № 6. With. 134-142.
5. Rochmanov S.I. The cars the equipment lumbering / S. I. Rochmanov, K. F. Gorochovskii. – M.: Forest industry, 1967. – 532 with.

DOI: 10.58168/TBiEc2025\_298-303  
УДК 504.06:628.4:687(045)

## ВТОРИЧНАЯ ЖИЗНЬ ВЕЩЕЙ: ОТ ПЕРЕРАБОТАННЫХ БУТЫЛОК – К МОДЕ И МЕБЕЛИ

### RECYCLED LIFE OF THINGS: FROM RECYCLED BOTTLES TO FASHION AND FURNITURE

**Руснак З.Р.**, студент ФГБОУ ВО «Воронежский государственный лесотехнический университет имени Г.Ф. Морозова», Воронеж, Россия.

**Стородубцева Т.Н.**, д.т.н., профессор ФГБОУ ВО «Воронежский государственный лесотехнический университет имени Г. Ф. Морозова», Воронеж, Россия.

**Довгаль В.А.**, магистрант ФГБОУ ВО «Воронежский государственный лесотехнический университет имени Г. Ф. Морозова», Воронеж, Россия.

**Rusnak Z.R.**, student of the FGBOU VO Voronezh State University of Forestry and Technologies named after G.F. Morozov, Voronezh, Russia.

**Storodubtseva T.N.**, Doctor of Technical Sciences, Professor of the FGBOU VO Voronezh State University of Forestry and Technologies named after G.F. Morozov, Voronezh, Russia.

**Dovgal V.A.**, postgraduate student of the FGBOU VO Voronezh State University of Forestry and Technologies named after G.F. Morozov, Voronezh, Russia.

**Аннотация:** статья посвящена преобразованию отходов в ресурсы. Переработанные материалы становятся основой модной одежды и современной мебели, превращая отходы в ценные материалы. В статье рассматриваются технологии переработки пластика, примеры от мировых брендов и ведущих дизайнеров, а также экологические и экономические преимущества. Экономика замкнутого цикла представляет собой не просто тренд, а устойчивое будущее потребителя.

**Abstract:** recycled materials are becoming the basis for fashionable clothing and modern furniture, turning waste into valuable resources. This article looks at plastic recycling technologies, examples from leading brands and designers, and the environmental and economic benefits. The circular economy is not a trend, but the future of the consumer.

**Ключевые слова:** экономика, переработка, мода, мебель.

**Keywords:** economics, recycling, fashion, furniture.

Может ли пластиковая бутылка превратиться в стильную куртку или дизайнерский стул? Сегодня – да, и это не редкость, а стремительно развивающаяся реальность. С ростом объёмов отходов и дефицитом ресурсов всё больше компаний переходят к принципам экономики замкнутого цикла. В таких случаях переработка становится не просто утилизацией, а началом нового жизненного цикла вещей. Особенной активно это проявляется в моде и дизайне интерьеров: кроссовки из океанического пластика, мебель из

старых игрушек, флис из переработанных бутылок. Это уже не просто экология – это креатив, технологии и устойчивый стиль жизни. В этой статье мы рассмотрим, как именно отходы становятся частью индустрий, которые формируют наш повседневный быт, и почему за этим будущее, в котором мусор теряет своё значение. Когда мы выбрасываем пластиковую бутылку, редко задумываемся о её возможной «второй жизни». Между тем, именно такие бутылки сегодня становятся основой для одежды, мебели и других предметов быта. Лидером этого тренда стал переработанный полиэтилентерефталат (ПЭТ) – пластик, из которого производят большинство бутылок для напитков. После сбора и сортировки он проходит несколько этапов обработки: очищается, измельчается в гранулы, плавится и превращается в синтетическое волокно [1]. Это волокно по свойствам близко к традиционному полиэстеру и используется в производстве одежды, текстиля, наполнителей и даже ковровых покрытий. Такой подход не только снижает потребность в первичных ресурсах, но и даёт отходам реальную ценность. Одним из самых ярких примеров массового использования вторичного пластика – компания Adidas. Совместно с инициативой Parley for the Oceans бренд выпускает обувь и одежду, произведённые из пластикового мусора, собранного на побережьях и в океанах. Каждая пара таких кроссовок содержит около 11 пластиковых бутылок. Patagonia. Один из пионеров устойчивой моды, использует переработанный пластик для производства флисовых курток уже более 30 лет. H&M и Zara внедрили линейки Conscious и Join Life, где часть коллекции сделана с применением переработанных материалов [2]. При этом переработанный пластик используется не только в одежде. Эти примеры доказывают: вторичное сырьё может быть не только экологическим, но и эстетичным, функциональным и долговечным. Благодаря технологиям и дизайну мусор действительно превращается в ресурс.

В последние годы переработанные материалы всё активнее входят в мир интерьерного дизайна и производства мебели. Этот процесс уже выходит за рамки разовых экопроектов и становится частью массового ассортимента крупнейших брендов. Один из ведущих примеров – IKEA, компания, последовательно развивающая направление *circular design*. Например, серия кухонных фасадов «KUNGBACKA» производится из переработанных пластиковых бутылок и древесных отходов. Дизайн остаётся минималистским и современным [3]. Также IKEA развивает программу Circular Hub (бывший «уголок уценённых товаров»), где представлена мебель с незначительными дефектами или после возврата. Вместо списания эти вещи получают вторую жизнь и продаются по сниженной цене. Кроме того, в pilotных странах уже работают пункты, где потребители могут сдать старую мебель для повторной переработки или ремонта. Такой подход формирует новый взгляд на домашние вещи – как на активы с долгим жизненным циклом, а не одноразовый товар. Ещё один интересный пример – бельгийский стартап Ecobirdy, который производит яркую детскую мебель из переработанных пластиковых игрушек. Мебель лёгкая, безопасная, и при этом каждая вещь имеет уникальный «крапчатый» узор, создаваемый случайным образом при переработке. Это не просто

экологическое решение, но и визуально привлекательный продукт [4]. Дизайн всё чаще становится языком устойчивого развития. Многие молодые дизайнеры и студии используют переработанные материалы как основу для своих проектов – будь то фанера из вторичного дерева, плитка из переработанного стекла или декоративные панели из пластиковых пакетов. Апсайкинг переходит из категории хэндмейда в категорию продуманного дизайна, который может конкурировать с традиционными изделиями по качеству, но выигрывает в экологичности и оригинальности. Всё это делает переработку не просто решением экологической проблемы, а новым направлением в культуре потребления и эстетике повседневной жизни.

Переход к использованию переработанных материалов в моде и дизайне – это не только экологический жест, но и экономически оправданная стратегия. Производство одежды и мебели традиционно требует больших объёмов сырья, энергии и воды. Использование вторичного сырья позволяет существенно снизить затраты. Например, при производстве переработанного полиэстера выбросы парниковых газов уменьшаются до 70 %, по сравнению с производством нового полиэстера из нефти. Кроме того, переработка требует в среднем на 50 % меньше энергии [5]. Для брендов это также способ повысить лояльность клиентов. Исследования показывают, что покупатели – особенно молодое поколение – всё чаще выбирают товары, произведённые с заботой об окружающей среде. Продукция с маркировкой «recycled» или «есо» воспринимается как более ценная и современная, даже при равной или более высокой цене. В условиях высокой конкуренции и давления со стороны инвесторов на ESG – показатели, устойчивость становится конкурентным преимуществом. Есть институциональные стимулы. Во многих странах действуют программы поддержки переработки, «зелёные» субсидии, льготы для устойчивого производства. Евросоюз продвигает идею расширенной ответственности производителя, по которой компании обязаны не только производить, но и обеспечивать сбор и переработку своей продукции [6]. Конечно, внедрение переработки требует инвестиций – в логистику, технологии, инфраструктуру. Но в долгосрочной перспективе замкнутый цикл снижает операционные издержки, минимизирует зависимость от нестабильных рынков сырья и укрепляет репутацию бренда. Экономика замкнутого цикла – это не только про экологию, но и про устойчивую бизнес – модель, которая соединяет прибыль с ответственностью.

Несмотря на привлекательность идеи переработки, и вторичного использования материалов, этот процесс не является безупречным. Одна из главных проблем – ухудшение качества перерабатываемого сырья при каждом цикле. Так, при переработке пластиковых бутылок в текстиль, полимерные волокна становятся менее прочными и устойчивыми. В результате такой материал не может быть переработан бесконечно – спустя несколько циклов он попросту теряет потребительские свойства и становится непригодным для дальнейшего использования. Кроме того, при стирке одежды из переработанного пластика в воду выделяются микропластики – мельчайшие частицы, которые попадают в водоёмы, не фильтруются очистными сооружениями и представляют серьёзную угрозу для экосистем и

здравья человека [7]. Ещё одна проблема – так называемый «зелёный камуфляж». Некоторые бренды активно используют экологическую повестку в маркетинговых целях, создавая иллюзию устойчивости. Они могут заявить об использовании переработанных материалов, не раскрывая долю этих материалов в изделии или реальный объём переработки. Это вводит потребителей в заблуждение и искажает картину прогресса. Переработка требует развитой инфраструктуры: систем сбора, сортировки, переработки и логистики. Во многих странах, особенно развивающихся, эти процессы недостаточно отлажены. Из-за отсутствия замкнутых производственных циклов значительная часть потенциально перерабатываемых отходов оказывается на свалках. Таким образом, несмотря на прогресс в области устойчивого дизайна, вторичная переработка пока далека от идеала и требует комплексного подхода.

Будущее модной индустрии и повседневной жизни тесно связано с концепцией экономики замкнутого цикла. Её целью является максимально эффективное использование ресурсов, минимализация отходов и возвращение материалов в оборот после завершения срока службы изделий. Важное значение в осуществлении этой идеи имеет развитие технологий. Одним из многообещающих направлений является химическая переработка. Она позволяет расщеплять сложные полимеры на молекулярном уровне и вновь синтезировать высококачественные материалы. Это имеет особое значение для текстильной промышленности. В таких случаях механическая переработка может часто привести к ухудшение качества волокон. В связи с этим ведётся разработка моно-материалов, представляющих собой ткани и изделия, изготовленные исключительно из одного типа волокна. Это значительно облегчает процесс сортировки и дальнейшей переработки. Важную функцию начинают выполнять смарт-теги, интегрированные в одежду или мебель. Они позволяют отслеживать историю изделия, условия его использования и облегчать возврат в производственный цикл, создавая прозрачную систему управления жизненным циклом продукта. Однако технологический прогресс должен сопровождаться изменением потребительских моделей. Всё больше людей осознают, что владение вещью не всегда необходимость. Популярность набирают подписки на одежду, где пользователь получает доступ к гардеробу без необходимости покупки. Аналогичные подходы развиваются в сегменте мебели как услуги, где вместо приобретения предметов интерьера предлагается аренда с возможностью замены и возврата. Такие практики снижают уровень перепроизводства и стимулируют производителей создавать более долговечные, ремонтопригодные и перерабатываемые изделия. Переход к экономике замкнутого цикла требует усилий не только со стороны промышленности, но и со стороны потребителей. Каждый из нас может внести вклад, например, отдавая предпочтение товарам с прозрачной устойчивой политикой, поддерживая бренды, которые действительно инвестируют в переработку и экодизайн, и пересматривая собственные привычки. Осознанное потребление – это не только забота о планете, но и выбор в пользу качества, ответственности и будущего, в котором ресурсы используются разумно, а отходы становятся началом нового цикла.

В современном мире отходы перестают быть чем-то постыдным или маргинальным. Отходы становятся основой нового подхода к стилю жизни, где «мусор» — это не конец, а начало. Превращение переработанных материалов в моду, мебель и повседневные предметы обихода символизирует сдвиг в ценностях. От бесконтрольного потребления к осознанному выбору. Сегодня изделия из переработанного пластика, текстиля или металла не уступают, а порой и превосходят «первичные» аналогии по дизайну. Вторсырьё не является компромиссом. В первую очередь это технологический прорыв, который так же привычное нам производство, нуждается в усилиях и креативности. Нестандартные решения становятся всё популярнее среди всемирно известных лейблов, художников, конструкторов, модельеров. Экологические методы комбинируются с визуальной привлекательностью и практичностью. Устойчивое производство больше не интерпретируется как ограничение. Человечество находит в нём вдохновение и вызовы самим себе. В этом симбиозе инноваций, дизайна и ответственности зарождается новая эра стиля. Экология — это не просто современное веяние, это путь к более качественному и благоразумному будущему, в котором каждая вещь имеет значение.

### **Список литературы**

1. Муллина Э. Р. Технологические особенности производства упаковки из вторичного полиэтилентерефталата (ПЭТ) // Молодой учёный. – 2013. – Т. 5. – С. 123.
2. Тиманова М. И. Использование переработанных материалов в дизайне и моде //Гуманитарные науки в современном вузе: вчера, сегодня, завтра. – 2019. – С. 1287-1292.
3. Косторная Д. В., Спиридонова С. Е. РЕАЛЬНАЯ ЦЕНА МОДЫ //Вектор экономики. – 2019. – №. 6. – С. 130-130.
4. Давыдова Е. М., Можейкина А. О. Исследование и сравнительный анализ материалов, используемых в производстве детской мебели // Молодежь и современные информационные технологии: сборник трудов XVIII Международной научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых учёных, 22-26 марта 2021 г., г. Томск. – Томский политехнический университет, 2021. – С. 252-254.
5. Мочалин Д. С., Ищенко М. М., Смирнов С. В. Обработка данных, математическая статистика. Расчет парниковых газов от энергетической деятельности предприятий //Национальная ассоциация ученых. – 2023. – №. 87-1. – С. 32-40.
6. Носко П. А. Тенденции развития экономики замкнутого цикла в Европейском союзе // Отходы и ресурсы. – 2019. – Т. 6. – №. 1. – С. 4-5.
7. Яшалова Н. Н., Гриднев А. Е. Эколого-экономические проблемы переработки отходов в рамках концепции «зеленой» экономики // Национальные интересы: приоритеты и безопасность. – 2013. – №. 43. – С. 28-36.

## References

1. Mullina E. R. Technological features of production of packaging from secondary polyethylene terephthalate (PET) // Young Scientist. - 2013. - VOL. 5. - P. 123.
2. Timanova M. I. Use of recycled materials in design and fashion // Humanities in a modern university: yesterday, today, tomorrow. - 2019. - C. 1287-1292.
3. Kostornaya D. V., Spiridonova S. E. REAL PRICE OF MODE // Vector of Economics. - 2019. - №. 6. - C. 130-130.
4. Davydova E. M., Mozheikina A. O. Research and comparative analysis of materials used in the production of children's furniture // Youth and modern information technologies: Proceedings of the XVIII International Scientific and Practical Conference of Students, Postgraduates and Young Scientists, March 22-26, 2021, Tomsk. - Tomsk Polytechnic University, 2021. - C. 252-254.
5. Mochalin D. S., Ischenko M. M., Smirnov S. V. Data processing, mathematical statistics. Calculation of greenhouse gases from the energy activity of enterprises // National Association of Scientists. - 2023. - №. 87-1. - C. 32-40.
6. Nosko P. A. Trends in the development of the closed-loop economy in the European Union // Waste and Resources. - 2019. - T. 6. - №. 1. - C. 4-5.
7. Yashalova N. N., Gridnev A. E. Ecological and economic problems of waste processing within the concept of "green" economy // National interests: priorities and security. - 2013. - №. 43. - C. 28-36.

DOI: 10.58168/TBiEc2025\_304-308

УДК 502.1

## **ЭКОДИЗАЙН: СОЗДАНИЕ ПРОДУКТОВ И УПАКОВКИ С МИНИМАЛЬНЫМ ВРЕДОМ ДЛЯ ПЛАНЕТЫ**

### **ECODESIGN: CREATING PRODUCTS AND PACKAGING WITH MINIMAL HARM TO THE PLANET**

**Руссу А.В.**, к.т.н., ст. преподаватель, ФГБОУ ВО «Воронежский государственный лесотехнический университет имени Г.Ф. Морозова», Воронеж, Россия.

**Шацких В.А.**, ассистент, ФГБОУ ВО «Воронежский государственный лесотехнический университет имени Г.Ф. Морозова», Воронеж, Россия.

**Russu A.V.**, candidate of Technical Sciences, senior lecturer Voronezh State University of Forestry and Technologies named after G.F. Morozov, Voronezh, Russia.

**Shatskikh V.A.**, assistant, Voronezh State University of Forestry and Technologies named after G.F. Morozov, Voronezh, Russia.

**Аннотация:** технический прогресс и чрезмерное потребление ресурсов привели к глобальному экологическому кризису: загрязнение, изменение климата и истощение природных запасов. Экодизайн становится ключевым инструментом устойчивого развития, основанным на принципах цикличности, биомимикрии и дематериализации. Несмотря на барьеры, перспективны цифровой экодизайн, биофабрикация и системный подход. Экодизайн трансформируется в новую парадигму, объединяющую экологию, инновации и экономику.

**Abstract:** technological progress and excessive resource consumption have led to a global environmental crisis: pollution, climate change, and depletion of natural resources. Eco-design is becoming a key tool for sustainable development, based on the principles of circularity, biomimicry, and dematerialization. Despite existing barriers, promising approaches include digital eco-design, biofabrication, and a systemic approach. Eco-design is transforming into a new paradigm that combines ecology, innovation, and economics.

**Ключевые слова:** экодизайн, циркулярная экономика, биомимикрия, устойчивое развитие, дематериализация.

**Keywords:** ecodesign, circular economy, biomimicry, sustainability, dematerialization.

Интенсивное развитие техники и технологий, рост потребления различных ресурсов существенным образом изменили природную среду нашей планеты. Современный мир оказался перед лицом беспрецедентных по своему масштабу экологических угроз. Происходит всеобъемлющее загрязнение окружающей среды. Ежегодные выбросы CO<sub>2</sub> в атмосферу превышают 40 гигатонн, при этом более 65% этих выбросов связаны с

энергетическим сектором. Почти 8 миллионов тонн пластика ежегодно попадает в океаны, формируя огромные острова мусора. Из-за действия процессов эрозии и химических загрязнителей более трети пахотных земель деградировали. Истощение ресурсов достигло критической отметки, поскольку их подходят к концу. Например, фосфор, столь необходимый для сельского хозяйства, может иссякнуть уже через 50-70 лет. Угрожающими темпами истощаются залежи редкоземельных металлов. Сильно заметны стали произошедшие климатические изменения. Например, средняя температура планеты уже повысилась более чем на  $1,1^{\circ}\text{C}$  по сравнению с доиндустриальным уровнем. Как результат – все чаще возникают погодные явления, которые носят экстремальный характер [1].

Все эти вопросы требуют быстрых, а самое главное, системных решений. В этой связи экологический дизайн (экодизайн) уже не просто модный тренд, а один из важнейших инструментов перехода человечества к устойчивому развитию. Экодизайн основан на комплексном подходе и предназначен для решения таких проблем и задач, как снижение запасов природных ресурсов, загрязнение окружающей среды, сокращение биоразнообразия, формирование новой культуры ответственного потребления и заботливого отношения к природе [2].

Стратегия современного экодизайна представляет собой композицию нескольких важных принципов и подходов. Во-первых, это принцип цикличности. Традиционная линейная экономика построена по принципу «произвели-использовали-выбросили». В отличие от этого экодизайн предлагает создавать замкнутые циклы. Например - новая концепция упаковки Loop, где вся тара многократно используется [3].

Концепция упаковки Loop, разработанная компанией TerraCycle, представляет собой инновационную систему многоразового использования тары, которая полностью меняет традиционную модель использования упаковки, отказываясь от идеи дешевой недолговечности - одноразовости. По своей сути Loop – это платформа, которая предлагает многоразовую прочную упаковку для товаров повседневного спроса: продукты питания, косметику, бытовую химию и прочее. Но вместо того, чтобы выбрасывать тару после использования, потребители собирают и возвращают её для очистки, последующего повторного наполнения и, соответственно, использования. Чтобы мотивировать пользователей, они платят за продукт и вносят небольшой залог за многоразовую упаковку. При этом товары доставляются в специальных многоразовых сумках Loop. Это полностью исключает необходимость в одноразовой транспортной упаковке. Очевидны преимущества такой системы потребления. Упаковка Loop рассчитана на более чем 100+ циклов использования, что значительно уменьшает объем отходов по сравнению с одноразовой тарой. В данном проекте уже задействованы такие крупные бренды как Procter & Gamble, Nestlé, PepsiCo, Unilever, Ferrero (Nutella), Coca-Cola и многие другие, что, кстати, уже обеспечивает широкий ассортимент товаров.

Следует отметить сам дизайн такой упаковки. От отличается долговечностью, так как изготавливается из стекла, нержавеющей стали и специальных пластиков; эстетикой,

поскольку ориентирован на премиальность, чтобы потребители сами хотели демонстрировать её дома; функциональностью, например, упаковка Haagen-Dazs сохраняет мороженое замороженным без холодильника.

Проект Loop стартовал в 2019 году в Париже и Нью-Йорке, а к 2023 году расширился до США, Великобритании, Франции, Японии и других стран через партнёрства с ритейлерами. В 2025 году эта платформа продолжает масштабироваться, и включает в себя новые категории товаров, в том числе такие как фармацевтика и текстиль.

По данным TerraCycle, уже после 5 циклов использования углеродный след Loop уменьшается вдвое, по сравнению с одноразовой упаковкой, поскольку сокращается производство новой тары. Таким образом, Loop – это уже не столько упаковка, а целая экосистема, которая объединяет производителей, ритейлеров и потребителей с целью перехода к экономике замкнутого цикла [4].

Другой важный принцип экодизайна – бионика и биомимикрия, то есть поиск и заимствование решений у природы позволяет создавать более эффективные системы [5]. Термин биомимикрия возник в 1997 г. Базовые принципы биомимикрии:

1. Природа работает на солнечной энергии.
2. Природа использует только необходимые ресурсы.
3. Природа сочетает форму с функцией.
4. Природа все перерабатывает.
5. Природа поощряет сотрудничество.
6. Природа делает ставку на разнообразие.
7. Природа требует местного опыта.
8. Природа пресекает излишества.
9. Природа использует силу ограничений.

Приведенные принципы обеспечивают понимание того, каким образом согласовать искусственные технологии с природными решениями чтобы построить более безопасный и благоприятный для жизни мир [6]. Например, африканские термитники поддерживают постоянную температуру +31°C даже при внешних колебаниях от +3°C до +42°C. Основываясь на этом решении, в Зимбабве был построен Eastgate Centre. Это здание с системой вентиляции, имитирующей термитник. Воздух циркулирует через внутренние полости таким образом, что охлаждается ночью и эффективно распределяется днём. При этом энергопотребление на кондиционирование снижено почти на 90% в сравнении с традиционными зданиями [7]. Другой интересный пример – использование эффект лотоса, у которого микроструктура листьев эффективно отталкивает воду и грязь, в производстве фасадных красок и стекла: вода скатывается, уносит загрязнения, что снижает применение моющих средств. Сюда же можно отнести использование паучьего шелка для производства биопластика, применяемого в медицине и упаковке. «Умные» ткани, которые «дышат» в ответ на влажность, сокращая необходимость в кондиционировании по примеру шишек. Грибная упаковка, полученная из мицелия, которая разлагается как древесина.

Третий важный принцип экодизайна – дематериализация, то есть замена физических продуктов их цифровыми аналогами. Например, различные виртуальные примерочные в fashion-индустрии существенно сокращают количество возвратов, а значит и связанных с ними транспортных выбросов. Покупатель загружает свои параметры или использует систему дополненной реальности (AR) для «примерки» одежды в приложении. При этом цифровые алгоритмы учитывают размер, ткань и посадку, обеспечивая минимизацию ошибки при выборе. Такой подход обеспечивает сокращение возвратов на 25–40% и, соответственно, снижение транспортных выбросов CO<sub>2</sub> (до 1.5 кг на один возврат) [8].

Несмотря на очевидные преимущества, широкое применение и распространение экодизайна сталкивается с рядом барьеров – это и высокие первоначальные затраты; существенный недостаток квалифицированных кадров, поэтому необходимо развитие образовательных программ по устойчивому дизайну; объективная психологическая инерция восприятия и сопротивление традиционных отраслей. Тем не менее для экодизайна просматриваются хорошие перспективы развития, поскольку растут и развиваются следующие тренды:

1. Цифровой экодизайн – использование ИИ для оптимизации ресурсопотребления.
2. Биофабрикация – выращивание материалов из микроорганизмов.
3. Системный дизайн – проектирование целых экосистем, а не отдельных продуктов.

Таким образом, экодизайн на данном этапе постепенно трансформируется из узкоспециализированного направления в новую мировую парадигму проектирования товаров. Его потенциал выходит далеко за рамки сокращения экологического ущерба - он становится драйвером инноваций и качественного изменения отношений между человеком и природой. Реализация этого потенциала требует согласованных действий всех участников экономической системы, но альтернативы этому пути у человечества нет [9].

### **Список литературы**

1. McAloone T.C., Pigozzo D.C.A. From Ecodesign to Sustainable Product/Service-Systems: A Journey Through Research Contributions over Recent Decades. In: Stark, R., Seliger, G., Bonvoisin, J. (eds) Sustainable Manufacturing. Sustainable Production, Life Cycle Engineering and Management. (2017). Springer, Cham. [https://doi.org/10.1007/978-3-319-48514-0\\_7](https://doi.org/10.1007/978-3-319-48514-0_7)
2. Schäfer M, Löwer M. Ecodesign – A Review of Reviews. *Sustainability*. 2021; 13(1):315. <https://doi.org/10.3390/su13010315>
3. Makower J. Loop's launch brings reusable packaging to the world's biggest brands. GreenBiz Group, Jan 24 (2019).
4. Shee W. L. Quantifying the Environmental Impact of Reusable Packaging Systems Using Life Cycle Assessment (LCA). Quantifying the Environmental Impact of Reusable Packaging Systems Using Life Cycle Assessment (LCA). January 06, 2025.

5. Бионический дизайн / А. И. Боровков, В. М. Марусева, Ю. А. Рябов, Л. А. Щербина. – Санкт-Петербург: Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого», 2015. – 92 с.
6. Benyus, Janine M. Biomimicry: Innovation inspired by nature. Vol. 688, 136915. New York: Morrow, 1997.
7. Любин, Н. С. Биомимикрия как ключевой подход в архитектуре / Н. С. Любин // Центральный научный вестник. – 2019. – Т. 4, № 19-21(84-86). – С. 12-13.
8. Егорова, Е. А. Новые формы изобразительного искусства в XXI веке / Е. А. Егорова // Политехнический молодежный журнал. – 2021. – № 4(57). – DOI 10.18698/2541-8009-2021-4-687.
9. Bovea M.D., Rosario V. Materials selection for sustainable product design: a case study of wood-based furniture eco-design. *Materials & design* 25.2 (2004): pp. 111-116, doi: 10.1016/j.matdes.2003.09.018

## References

1. McAlone T.C., Pigozzo D.C.A. From Ecodesign to Sustainable Product/Service-Systems: A Journey Through Research Contributions over Recent Decades. In: Stark, R., Seliger, G., Bonvoisin, J. (eds) Sustainable Manufacturing. Sustainable Production, Life Cycle Engineering and Management. (2017). Springer, Cham. [https://doi.org/10.1007/978-3-319-48514-0\\_7](https://doi.org/10.1007/978-3-319-48514-0_7)
2. Schäfer M, Löwer M. Ecodesign – A Review of Reviews. *Sustainability*. 2021; 13(1):315. <https://doi.org/10.3390/su13010315>
3. Makower J. Loop's launch brings reusable packaging to the world's biggest brands. GreenBiz Group, Jan 24 (2019).
4. Shee W. L. Quantifying the Environmental Impact of Reusable Packaging Systems Using Life Cycle Assessment (LCA). Quantifying the Environmental Impact of Reusable Packaging Systems Using Life Cycle Assessment (LCA). January 06, 2025.
5. Bionic Design / А. И. Боровков, В. М. Марусева, Ю. А. Рябов, Л. А. Шчербина. – Saint Petersburg: Peter the Great St. Petersburg Polytechnic University (Federal State Autonomous Educational Institution of Higher Education), 2015. – 92 p.
6. Benyus, Janine M. Biomimicry: Innovation inspired by nature. Vol. 688, 136915. New York: Morrow, 1997.
7. Lyubin, N. S. Biomimicry as a Key Approach in Architecture / N. S. Lyubin // Central Scientific Bulletin. – 2019. – Vol. 4, No. 19-21(84-86). – Pp. 12-13.
8. Egorova, E. A. New Forms of Visual Art in the 21st Century / E. A. Egorova // Polytechnical Youth Journal. - 2021. - No. 4(57). - DOI 10.18698/2541-8009-2021-4-687.
9. Bovea M.D., Rosario V. Materials selection for sustainable product design: a case study of wood-based furniture eco-design. *Materials & design* 25.2 (2004): pp. 111-116, doi: 10.1016/j.matdes.2003.09.018

DOI: 10.58168/TBiEc2025\_309-315

УДК 630.5

## **СОВРЕМЕННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ДИСТАНЦИОННОГО ИЗМЕРЕНИЯ ПАРАМЕТРОВ ДРЕВОСТОЯ**

### **MODERN TECHNOLOGIES FOR REMOTE MEASUREMENT OF TREE STAND PARAMETERS**

**Савченко С.И.**, аспирант ФГБОУ ВО «Воронежский государственный лесотехнический университет им. Г.Ф. Морозова», Воронеж, Россия.

**Абрамов В.В.**, к.т.н., доцент ФГБОУ ВО «Воронежский государственный лесотехнический университет им. Г.Ф. Морозова», Воронеж, Россия.

**Воронин П.В.**, к.т.н., доцент ФГБОУ ВО «Воронежский государственный лесотехнический университет им. Г.Ф. Морозова», Воронеж, Россия.

**Майер Е.И.**, аспирант ФГБОУ ВО «Воронежский лесотехнический университет им Г.Ф. Морозова», Воронеж, Россия.

**Жужукин К.В.**, к.т.н. ФГБОУ ВО «Воронежский государственный лесотехнический университет им. Г.Ф. Морозова», Воронеж, Россия.

**Savchenko S.I.**, graduate student FGBOU VO «Voronezh State University of Forestry and Technologies named after G.F. Morozov», Voronezh, Russia.

**Abramov V.V.**, candidate of Technical Sciences, associate professor FGBOU VO «Voronezh State University of Forestry and Technologies named after G.F. Morozov», Voronezh, Russia.

**Voronin P.V.**, candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the FGBOU VO «Voronezh State University of Forestry and Technologies named after G.F. Morozov», Voronezh, Russia.

**Mayer E.I.**, graduate student FGBOU VO «Voronezh State University of Forestry and Technologies named after G.F. Morozov», Voronezh, Russia

**Zhuzhukin K.V.**, candidate of Technical Sciences FGBOU VO «Voronezh State University of Forestry and Technologies named after G.F. Morozov», Voronezh, Russia.

**Аннотация:** статья посвящена актуальным методам и инструментам дистанционного измерения параметров древостоя. Особое внимание уделяется интеграции цифровых технологий в лесное хозяйство, включая использование беспилотных летательных аппаратов (БПЛА), наземных лазерных сканеров и космических снимков.

**Abstract:** the article is devoted to current methods and tools for remote measurement of tree stand parameters. Special attention is paid to the integration of digital technologies into forestry, including the use of unmanned aerial vehicles (UAVs), ground-based laser scanners and satellite imagery.

**Ключевые слова:** средства дистанционного измерения, беспилотный летательный аппарат, наземное лазерное сканирование, лазерное сканирование древостоя, лесозаготовки, лесосечные работы.

**Keywords:** remote measuring equipment, unmanned aerial vehicle, ground-based laser scanning, laser scanning of plantings, logging, logging operations.

Стратегия развития лесного комплекса РФ до 2030 года направлена на переход от экстенсивных к интенсивным методам лесопользования, что требует внедрения инновационных технологий для повышения точности таксации и минимизации экологического воздействия. В этой связи дистанционные методы измерения параметров древостоя становятся ключевой частью современного лесного хозяйства. Их применение позволяет оптимизировать планирование рубок, оценивать запасы древостоя и прогнозировать экологический ущерб.

В настоящее время используется большое количество средств дистанционного измерения таксационных параметров насаждений (рис. 1).



Рисунок 1 – Современные средства дистанционного измерения параметров древостоя.

Применение космических снимков позволяет анализировать среднее таксационные показатели (высота ствола, диаметр на высоте груди, объем древостоя) на больших площадях леса. Однако низкое разрешение космических снимков часто недостаточно для детальной оценки отдельных деревьев, что ограничивает применение при планировании рубок (рис. 2).

Использование беспилотных летательных аппаратов (БПЛА) является одним из перспективных направлений в лесном хозяйстве. Использование дронов обеспечивает высокую скорость сбора данных, например БПЛА Luftera LQ- 5 имеет максимальную скорость до 70 км/ч, а максимальная дальность радиосвязи 15 км, что позволяет исследовать труднопроходимые участки леса (рис. 3).

Картографический материал получаемый путем RGB, лидарной и мультиспектральной съемки имеет высокое качество, что позволяет детально исследовать древостой (рис 4).



Рисунок 2 – Космический снимок леса



Рисунок 3 – Беспилотный летательный аппарат Luftera LQ-5 с мобильным лазерным сканером Luftera LS – 100

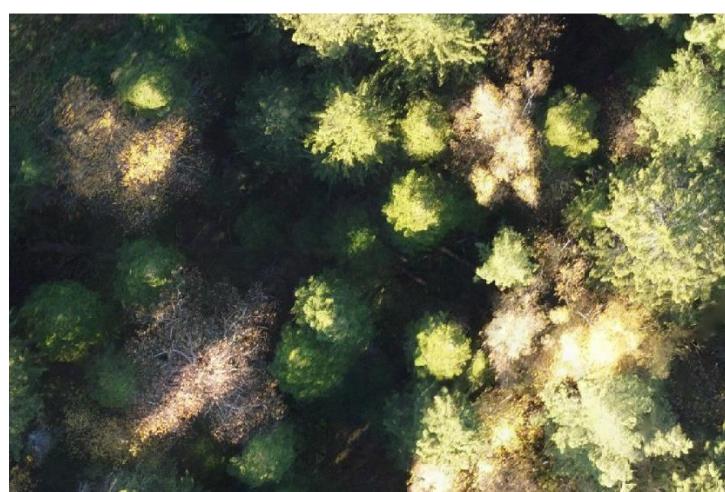


Рисунок 4 – RGB съемка, выполненная с помощью беспилотного летательного аппарата

В настоящее время существует большое количество программного обеспечения для выполнения геопространственного анализа снимков с БПЛА. Одним из ПО является специализированный пакет для языка программирования R. Ключевые возможности lidR: обработка облаков точек, создание цифровых моделей, анализ растительности, 3D-визуализация.

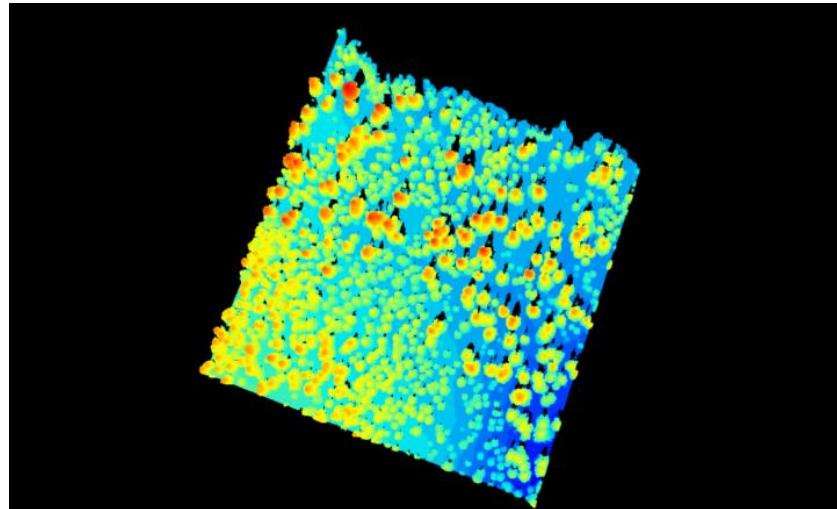


Рисунок 5 – Обработка облака точек в специализированном пакете lidR для языка программирования R

Развитие технологии наземного лазерного сканирования позволяет получать измерительную информацию с относительной погрешностью около 10% (рис 6), а некоторые модели наземных лазерных сканеров Z+F IMAGER 5016 работают с погрешностью измерения 2 мм на 100 метров дистанции при максимальной дальности сканирования – 365 м.

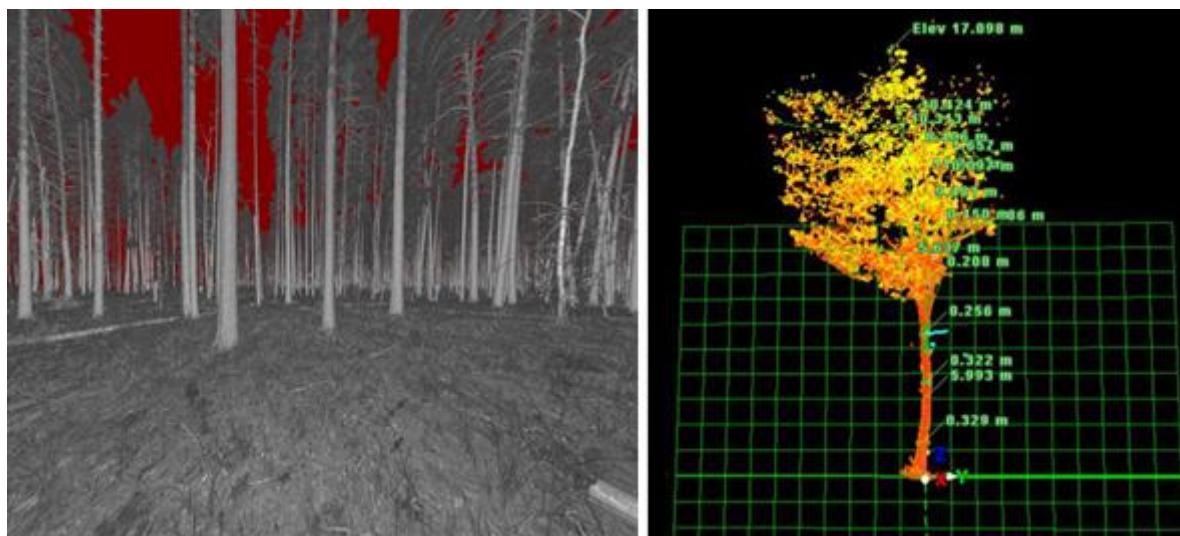


Рисунок 6 – Пример построения графической 3D-модели исследования на основе данных, полученных путем наземного лазерного сканирования

Программное обеспечение 3D Forest автоматизирует обработку данных наземного лазерного сканирования, позволяя определить основные таксационные параметры отдельных деревьев такие как: высота дерева, диаметр ствола (DBH), объем древесины, параметры кроны (рис 7).

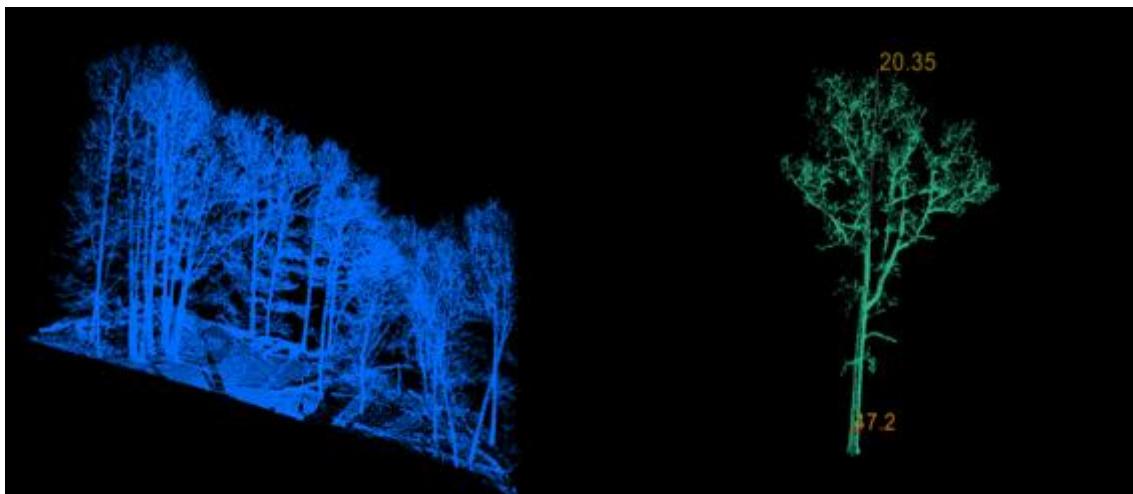


Рисунок 7 – Автоматизированная обработка данных наземного лазерного сканирования в программном обеспечении 3D Forest

Комбинация данных с беспилотных летательных аппаратов (БПЛА), наземных лазерных сканеров (TLS) и спутниковых систем открывает новые возможности для комплексной оценки лесных экосистем.

Цифровые технологии позволяют трансформировать лесное хозяйство, делая его более эффективным и экологически устойчивым. Несмотря на существующие ограничения, такие как высокая стоимость и технические сложности, дальнейшее развитие методов дистанционного зондирования позволит создать системы мониторинга, способные оперативного реагировать на изменения в экосистемах.

### Список литературы

1. Абрамов, В. В. Разработка и обоснование эффективной технологии трелевки в малолесных районах : дис. ... канд. техн. наук: 05.21.01: защищена 24.04.09 / В. В. Абрамов; Воронеж. гос. лесотехн. акад. - Воронеж, 2009. - 366 с.
2. Афоничев, Д.Н. Обоснование протяженности лесовозного уса / Д.Н. Афоничев // Вестник Московского государственного университета леса – Лесной вестник. – 2011. – № 3. – С. 85–88.
3. Афоничев, Д.Н. Размещение лесовозного уса на лесосеке / Д.Н. Афоничев // Вестник Московского государственного университета леса – Лесной вестник. – 2009. – № 3. – С. 92–94.

4. Иванова, Н.В., Шашков, М.П., Шанин, В.Н., Грабарник, П.Я., 2020. Оценка качества автоматического детектирования деревьев по материалам аэрофотосъемки с помощью квадрокоптера. Доклады международной конференции «Математическая биология и биоинформатика». Лахно, В.Д. (ред.). Т. 8. ИМПБ РАН, Пущино, Россия, статья № e36.
5. Бондаренко, А. В. Моделирование природно-производственных условий в задачах исследования первичного транспорта леса в горной местности / А. В. Бондаренко, В. В. Абрамов, Ф. В. Пошарников // Современные проблемы науки и образования. - 2012. - № 2. - URL: [www.science-education.ru/102-5518](http://www.science-education.ru/102-5518).
6. Григорьев, И.В. Средоощадящие технологии разработки лесосек в условиях Северо-Западного региона Российской Федерации / И.В. Григорьев, А.И. Жукова, О.И. Григорьева, А.В. Иванов. – СПб.: ЛТА, 2008. – 174 с.
7. Заикин, А.Н. Теория, методы и модели интенсификации лесосечных работ / А.Н. Заикин. – Брянск: БГИТА, 2009. – 212 с.
8. Низаметдинов Н.Ф., Моисеев П.А., Воробьев И.Б. 2021. Лазерное сканирование и аэрофотосъемка с БПЛА в исследовании структуры лесотундровых древостоев Хибин // Известия вузов. Лесной журнал. № 4. С. 9–22.
9. Алешко Р.А., Гурьев А.Т. Методика тематического дешифрирования спутниковых снимков лесных территорий на основе структурных моделей // Известия ВУЗов. Приборостроение. 2013. Т. 56. № 7. С. 76–77.

## References

1. Abramov, V. V. Development and justification of effective skidding technology in low-forest areas : dis. ... Candidate of Technical Sciences : 05.21.01: protected 24.04.09 / V. V. Abramov; Voronezh. gos. lesotechn. acad. - Voronezh, 2009. - 366 p.
2. Afonichev, D.N. Justification of the length of the logging mustache / D.N. Afonichev // Bulletin of the Moscow State University of Forests – Forest Bulletin. – 2011. – No. 3. – pp. 85-88.
3. Afonichev, D.N. Placement of a logging mustache on a cutting area / D.N. Afonichev // Bulletin of the Moscow State University of Forests – Forest Bulletin. – 2009. – No. 3. – pp. 92-94.
4. Ivanova, N.V., Shashkov, M.P., Shanin, V.N., Grabarnik, P.Ya., 2020. Evaluation of the quality of automatic detection of trees based on aerial photography using a quadcopter. Reports of the international conference "Mathematical Biology and Bioinformatics". Lakhno, V.D. (ed.). Vol. 8. IMPB RAS, Pushchino, Russia, article no. e36.
5. Bondarenko, A.V. Modeling of natural production conditions in the tasks of primary forest transport research in mountainous areas [Electronic resource] / A.V. Bondarenko, V. V. Abramov, F. V. Posarnikov // Modern problems of science and education. - 2012. - No. 2. - URL: [www.science-education.ru/102-5518](http://www.science-education.ru/102-5518) .

6. Grigoriev, I.V. Environmental technologies for the development of cutting areas in the conditions of the North-Western region of the Russian Federation / I.V. Grigoriev, A.I. Zhukova, O.I. Grigorieva, A.V. Ivanov. – St. Petersburg: LTA, 2008. – 174 p.
7. Zaikin, A.N. Theory, methods and models of intensification of logging operations / A.N. Zaikin. – Bryansk: BGITA, 2009. – 212 p.
8. Nizametdinov N.F., Moiseev P.A., Vorobyov I.B. 2021. Laser scanning and aerial photography from UAVs in the study of the structure of forest-tundra stands of Khibiny // Izvestiya vuzov. Forest magazine. No. 4. pp. 9-22.
9. Aleshko R.A., Guryev A.T. Method of thematic decoding of satellite images of forest areas based on structural models // Izvestiya VUZov. Instrument engineering. 2013. Vol. 56. No. 7. pp. 76-77.

DOI: 10.58168/TBiEc2025\_316-319

УДК 903

## ОСВОЕНИЕ ЧЕЛОВЕКОМ ВОСТОЧНОЕВРОПЕЙСКОЙ РАВНИНЫ ОТ ПАЛЕОЛИТА ДО ЖЕЛЕЗНОГО ВЕКА

HUMAN DEVELOPMENT OF THE EASTERN EUROPEAN PLAIN

**Семенова Е.В.**, старший преподаватель ФГБОУ ВО «Воронежский государственный лесотехнический университет имени Г.Ф. Морозова», Воронеж, Россия.

**Semenova E.V.**, senior lecturer FGBOU VO «Voronezh State University of Forestry and Technologies named after G.F. Morozov», Voronezh, Russia.

**Аннотация:** в статье на основании археологических исследований дается описание процесса расселения древних людей по Восточноевропейской (Русской) равнине. Представлены данные о древнейших стоянках и археологических культурах на данной территории, свидетельствующие об освоении равниной древними людьми.

**Abstract:** the article, based on archaeological research, describes the process of ancient people settling on the East European (Russian) Plain. It presents data on the most ancient sites and archaeological cultures in this territory, indicating the development of the plain by ancient people.

**Ключевые слова:** Восточноевропейская равнина, ландшафт, археология, освоение.

**Keywords:** East European Plain, landscape, archeology, development.

Восточноевропейская равнина, простирающаяся от Карпат до Уральских гор и от Балтийского до Черного и Каспийского морей, представляет собой обширную территорию с богатой историей. Освоение этой земли человеком – это долгий и сложный процесс, насчитывающий десятки тысяч лет, отмеченный адаптацией к меняющимся климатическим условиям, развитием технологий и формированием уникальных культур.

Последние археологические данные позволяют утверждать, что освоение этой территории человеком началось уже в эпоху нижнего палеолита, еще до появления *Homo sapiens*. При раскопках стоянки Байраки в нижнем течении Днестра найдены каменные орудия олдованского типа, датируемые 1,2-1,5 млн. лет назад. Это дает возможность некоторым авторам «предположить новый путь древних миграций в Европу из Африки не только через Малую Азию и Балканы, но и другим путем – через Аравию, Кавказ, юг Русской равнины и далее через долину Днестра на запад, в Европу». Палинологические исследования показывают, что архантропы того времени жили в условиях лесостепи с рощами широколиственных пород дуба, бук, вяза. Археологические находки позволяют предположить, что они не только использовали огонь, но и изготавливали примитивную одежду [3].

В ашельский период появляется стоянка Хрящи в бассейне Нижнего Дона, изученная в 2018-2019 гг. экспедицией РАН. Согласно полученным данным, это была кратковременная стоянка на пляже реки, посещаемая древними людьми неоднократно. Она существовала в относительно засушливый период между 420 – 270 тысяч лет назад [4].

Неандертальцы-представители мустерьской культуры осваивали Восточноевропейскую равнину в менее благоприятных природных условиях. В период вюрмского оледенения. Археологический памятник «Бирючья балка-2» расположен в бассейне Дона, у реки Северский Донец [2]. Он содержит артефакты мустерьской эпохи, доказывающие, что люди жили здесь около 40, 26 и 31 тыс. лет назад в периоды как потеплений, так и похолоданий.

Первые следы пребывания человека современного типа на территории Восточноевропейской равнины относятся к эпохе палеолита (около 40 000 лет назад). Суровый климат ледникового периода диктовал свои условия: немногочисленные группы охотников-собирателей кочевали вслед за стадами мамонтов, шерстистых носорогов и других крупных животных. Археологические находки, такие как стоянки Костёнки-Борщёво в Воронежской области, свидетельствуют о высоком уровне мастерства древних людей в изготовлении орудий труда из камня, кости и рога. Здесь мы видим уже не только остатки материальной культуры, но и останки самих обитателей этих поселений, и произведения палеолитического искусства. Костенковцы жили в условиях лесотундрового ландшафта предледниковой зоны, в котором преобладала карликовая береза и колючие кустарники, охотились на мамонтов, шерстистых носорогов, бизонов. Строили жилища из костей мамонтов и шкур животных, но уже начали использовать элементы из дерева. Также использовался древесный уголь для получения черной краски. Таким образом, можно утверждать, что взаимодействие человека и леса уже началось, но воздействие человека на лес было минимальным.

С окончанием ледникового периода и наступлением мезолита (около 10 000 лет назад) климат стал более мягким, начался новый геологический период – голоцен. Это привело к изменению образа жизни. Люди стали осваивать новые территории, приспособливаясь к лесам и рекам. Развивались рыболовство, охота на мелкую дичь и собирательство. Появлялись первые признаки оседлости, хотя кочевой образ жизни оставался преобладающим. Таяние ледников привело к резкому изменению климата, ландшафта, флоры и фауны. Образуются огромные полноводные реки, Восточноевропейская равнина зарастает лесами и степями, в Среднем Подонье в лесостепной зоне формируются широколиственные леса. Вымирает гигантская палеолитическая фауна – мамонты, шерстистые носороги. Человеку приходится приспособливаться к новым условиям существования. Происходит дробление первобытных общин на мелкие группы, ведущие преимущественно кочевой образ жизни и осваивающие новые пространства. Для охоты на мелких животных изобрели лук и стрелы, все большее значение приобретает рыболовство, были изобретены лодки с веслами. В связи с кочевым или полукочевым образом жизни

тогдашних обитателей Восточной Европы сохранилось не так много археологических материалов того времени, а на интересующей нас территории их пока не найдено вообще. Только в период позднего мезолита (7-6 т.л. до н.э.) появляются стоянки первобытных людей на Среднем Дону – Колосковская, Монастырская, Верхнекарабутовская, Дронина, Шапкино. Известно, что мезолитический человек уже активно использует древесину не только для обогрева и приготовления пищи, но и для постройки жилищ (землянки и полуземлянки), и для изготовления орудий труда (лук, стрелы, топорища, древки копий и дротиков). В силу своей малочисленности (мезолитические поселения – родовые группы по 18...25 человек) и образа жизни (охота и собирательство), человек едва ли тогда оказывал заметное влияние на формирование и эволюцию древостоеv.

Влияние человека на природу существенно возросло в эпоху неолита в связи с переходом к производящему хозяйству – земледелию и скотоводству. Палеогеография выделяет это время как атлантический климатический период в рамках голоцен. Это было время так называемого климатического оптимума, когда климат был теплее современного. Он начался около 7700 лет назад. Территория Верхнего и среднего Дона тогда была покрыта лесостепью.

Неолитическая революция, начавшаяся около 7000 лет назад, стала поворотным моментом в истории освоения Восточноевропейской равнины. Появление земледелия и скотоводства привело к переходу к оседлому образу жизни, формированию первых поселений и развитию новых технологий. На юге равнины, в плодородных степях, начали выращивать пшеницу, ячмень и другие культуры. В лесной зоне развивалось подсечно-огневое земледелие, требующее больших трудозатрат, но позволяющее осваивать новые земли.

Благодаря богатству флоры и фауны развивается охотничье и рыболовческое хозяйство. Степи давали кормовую базу, позволяющую разводить крупных копытных, а плодородный чернозем создавал благоприятные условия для раннего перехода к мотыжному земледелию. Таким образом, экологическая обстановка в донской лесостепи предполагает возможность сосуществования и взаимодействия здесь на протяжении неолита и последующих эпох не одного, а нескольких типов хозяйствования, освоенных разными этническими группами населения [1].

Эпоха бронзы (около 3500 лет назад) ознаменовалась развитием металлургии и появлением новых орудий труда и оружия. Это привело к увеличению производительности труда и расширению возможностей для освоения новых территорий. На Восточноевропейской равнине формируются различные археологические культуры, такие как срубная и андроновская, каждая со своими особенностями в материальной культуре и погребальных обрядах.

В эпоху железа (около 3000 лет назад) железо становится основным металлом, что еще больше расширяет возможности для развития сельского хозяйства и ремесел. На

территории равнины формируются различные племенные союзы, такие как скифы, сарматы и славяне, которые оказывают значительное влияние на дальнейшую историю региона.

В первые века нашей эры начинается активное расселение славян по Восточноевропейской равнине. Они осваивают новые земли, занимаются земледелием, скотоводством и ремеслами. В IX веке формируется Древнерусское государство, объединившее восточнославянские племена.

### **Список литературы**

1. Винников А. З., Синюк А. Т. Дорогами тысячелетий : Археологи о древней истории Воронеж. края / А.З. Винников, А.Т. Синюк. - 2-е изд., испр. и доп. - Воронеж : Изд-во Воронеж. гос. ун-та, 2003. – 278 с.
2. Матюхин А.Е., Сапелко Т.В. Вопросы геологии, хронологии и палеоэкологии палеолитического памятника Бирючья Балка-2// Археология, этнография и антропология Евразии.– 2009.– № 4 (40).– С.2-12.
3. Чепалыга А.Л., Анисюткин И.К., Садчикова Т.А. Древнейшая в Восточной Европе палеолитическая стоянка Байраки на Днестре: возраст, палеоландшафты, археология // Бюллетень комиссии по изучению четвертичного периода. – 2011.– № 71.– с.75-92.
4. Щелинский В.Е., Очередной А.К., Тесаков А.С. Новые данные об ашельской стоянке Хрящи в низовье Северского Донца (Нижний Дон) // Краткие сообщения Института археологии. – Вып.259.– 2020.– С.49-71.

### **References**

1. Vinnikov A. Z., Sinyuk A. T. Along the Roads of Millennia: Archaeologists on the Ancient History of the Voronezh Region / A. Z. Vinnikov, A. T. Sinyuk. - 2nd ed., corrected and supplemented. - Voronezh: Publishing House of Voronezh State University, 2003. - 278 p.
2. Matyukhin A. E., Sapelko T. V. Issues of Geology, Chronology, and Paleoecology of the Paleolithic Monument Biryuchya Balka-2 // Archaeology, Ethnography, and Anthropologyof Eurasia. - 2009. - No. 4 (40). - P. 2-12.
3. Chepalyga A. L., Anisyutkin I. K., Sadchikova T. A. The oldest Paleolithic site in Eastern Europe, Bairaki on the Dniester: age, paleolandscapes, archeology // Bulletin of the Commission for the Study of the Quaternary Period. - 2011. - No. 71. - pp. 75-92.
4. Shchelinsky V.E., Ocherednoy A.K., Tesakov A.S. New data on the Acheulean site of Khryashchi in the lower reaches of the Seversky Donets (Lower Don) // Brief communications of the Institute of Archeology. - Issue 259. - 2020. - pp. 49-71.

DOI: 10.58168/TBiEc2025\_320-324

УДК 330

**ПРОБЛЕМЫ ПЕРЕХОДА ЭКОНОМИКИ К УСТОЙЧИВОЙ МОДЕЛИ РАЗВИТИЯ**  
**PROBLEMS OF ECONOMIC TRANSITION TOWARDS SUSTAINABLE DEVELOPMENT**  
**MODEL**

**Серебрякова Н.А.**, д.э.н., доцент ФГБОУ ВО «Воронежский государственный лесотехнический университет имени Г.Ф. Морозова», Воронеж, Россия.

**Маслов Н.А.**, аспирант ФГБОУ ВО «Воронежский государственный лесотехнический университет имени Г.Ф. Морозова», Воронеж, Россия.

**Serebryakova N.A.**, doctor of Economics, Associate Professor FGBOU VO «Voronezh State University of Forestry and Technologies named after G.F. Morozov», Voronezh, Russia.

**Maslov N.A.**, graduate student FGBOU VO «Voronezh State University of Forestry and Technologies named after G.F. Morozov», Voronezh, Russia.

**Аннотация:** в статье анализируется переход экономических систем к устойчивому развитию, при котором экологический ущерб сводится к минимуму. Автор выдвигает идею о том, что современные экономические модели имеют внутренние противоречия. Также рассматриваются негативные последствия внедрения новых технологий и сложности во взаимодействии экономики и экологии. В заключение, определены ключевые факторы, препятствующие переходу к устойчивому развитию и "зеленой" экономике.

**Abstract:** the article analyzes the transition of economic systems to sustainable development, in which environmental damage is minimized. The author puts forward the idea that modern economic models have internal contradictions. The negative consequences of the introduction of new technologies and the complexities in the interaction of economics and ecology are also considered. In conclusion, the key factors hindering the transition to sustainable development and a green economy have been identified.

**Ключевые слова:** экология, экономика, противоречия, загрязнение, инновации, возобновляемая энергия.

**Keywords:** ecology, economics, contradictions, pollution, innovation, renewable energy.

Концепции устойчивого экологически сбалансированного развития и зеленой экономики активно обсуждаются последние десятилетия. Экологическое сообщество, общественные организации и медиа постоянно освещают проблему антропогенного воздействия на окружающую среду и его необратимые последствия. Несмотря на разногласия в отношении климатических трендов, наблюдаемые изменения климата требуют серьезного анализа потенциальных последствий. К числу актуальных экологических вызовов относятся истощение энергетических ресурсов, загрязнение водных и воздушных бассейнов,

деградация почв и проблема утилизации отходов производства и потребления. В основе современной экономики лежит необходимость учитывать экологические закономерности. Доклад "Наше общее будущее" (1987) акцентировал внимание на тесной взаимосвязи экологии и экономики на всех уровнях, предупреждая о последствиях игнорирования этого взаимодействия. Доклад призывал к безотлагательным решениям, основанным на научных данных, для сохранения ресурсов для будущих поколений. Сегодня предлагаются разнообразные модели эколого-экономического развития, направленные на решение этой задачи.

Рисунок 1 демонстрирует разные модели экономики, включая линейную, долевую, циклическую и "зеленую". Каждая из них по-своему решает вопросы потребления ресурсов и обращения с отходами. Экономический рост неразрывно связан с инновациями, которые открывают новые возможности в использовании материалов и энергии, позволяя человечеству развиваться. Однако, на фоне угроз, связанных с изменением климата и истощением традиционных источников энергии, переход к возобновляемым источникам становится жизненно важным шагом для обеспечения устойчивого развития.



Рисунок 1 - Сравнительные характеристики моделей эколого-экономического развития

В текущей экономической ситуации инвестиции в возобновляемые источники энергии (ВИЭ) не кажутся инвесторам достаточно прибыльными и быстроокупаемыми. Российским предприятиям не хватает стимулов для разработки нового, эффективного оборудования для этой отрасли. Государственная поддержка развития ВИЭ как на федеральном, так и на региональном уровне, пока что недостаточна.

Катастрофические экологические последствия зачастую возникают вследствие экономических кризисов. Масштабная засуха, охватившая африканский континент, привела к многочисленным человеческим жертвам. Статистика природных бедствий демонстрирует значительный рост негативного воздействия: период с 1965 по 2000 год, затрагивающий 4,4 миллиарда пострадавших при финансовых потерях в 895 миллиардов долларов, преимущественно сконцентрированных в последнем десятилетии указанного периода. Наибольшую опасность стихийные бедствия представляют для развивающихся государств, где вероятность человеческих жертв и травматизма достигает максимальных показателей. Увеличение частоты природных катаклизмов обусловлено демографическим ростом населения Земли и усиливающимся техногенным влиянием на экологическую систему планеты.

Современное общество переживает период масштабных потрясений, среди которых военные конфликты, рост террористической активности и гонка вооружений усиливают нестабильность в экологической, экономической и политической сферах. Деградация природной среды приобретает угрожающие масштабы, проявляясь через высокие уровни загрязнения атмосферного воздуха, водных ресурсов и земельных угодий. Накопление не утилизируемых отходов сопровождается появлением дополнительных форм антропогенного воздействия, включая электромагнитное излучение, акустическое давление и световое загрязнение. Применение устаревших методов добычи природных ресурсов ведет к существенным потерям минерального сырья и сопутствующих газовых компонентов. Эксплуатация промышленных и коммунальных очистных комплексов сопряжена с формированием значительных объемов не утилизируемых осадков.

Экологическая обстановка продолжает деградировать, невзирая на масштабное освещение природоохранных вопросов различными институтами общества - от международных объединений до образовательных учреждений. Многочисленные противоречия между экономическими интересами и экологическими приоритетами существенно замедляют процесс перехода к модели устойчивого развития и формированию экологически ориентированной экономики.

Современная модель общественного устройства характеризуется непрерывным наращиванием объемов потребления материальных благ, что закономерно приводит к усилению антропогенной нагрузки на природные экосистемы. Распределение доступных природных ресурсов происходит крайне неравномерно - основная их масса расходуется на обеспечение сверх потребления малочисленных привилегированных социальных групп.

Демографические изменения в современном мире создают двойственную ситуацию: демографический рост значительно увеличивает антропогенную нагрузку на природные экосистемы, одновременно выступая необходимым фактором экономического развития множества государств, включая Российскую Федерацию, что делает невозможным введение ограничительных мер в области народонаселения.

Экономическое неравенство между государствами вынуждает развивающиеся страны форсировать рост экономики посредством экологически небезопасных практик, включая избыточную эксплуатацию природных ресурсов и их последующий экспорт на международные рынки.

Различные государственные органы, отвечающие за экономическое развитие и природоохранную деятельность, функционируют автономно, препятствуя выработке единой стратегии развития территорий с учетом взаимосвязанных социально-экономических и природоохранных задач.

Современные экологические трансформации кардинально меняют принципы функционирования энергетических комплексов и систем водоснабжения, что обуславливает необходимость создания инновационных моделей управления инфраструктурными объектами с глубоким анализом их взаимного влияния.

Моделирование поведенческих паттернов социума позволяет прогнозировать реакцию населения на масштабные экологические трансформации, что становится возможным благодаря комплексному анализу социальных механизмов взаимодействия.

Современная экономическая модель требует фундаментальной переориентации на защиту природных ресурсов и экосистем, гарантируя последующим генерациям доступ к чистой окружающей среде путем внедрения комплексных природоохранных мер во все сферы хозяйственной деятельности.

Успешная реализация экологических инициатив требует масштабного межгосударственного взаимодействия и координации усилий различных экономических субъектов. Преобразование существующих моделей потребления, внедрение экологически безопасных производственных технологий и создание согласованной системы природоохрannого регулирования позволяют обеспечить долговременную защиту окружающей среды.

### **Список литературы**

1. Бобылев С.Н. Индикаторы устойчивого развития: региональное измерение. – М.: Academica, 2007.
2. Данилов-Данильян В.И., Лосев К.С. Экологический вызов и устойчивое развитие: учебное пособие. – М.: Прогресс-Традиция, 2000.
3. Донцова Л.В., Никифорова Н.А. Устойчивое развитие: индикаторы и показатели: Учебное пособие. – М.: Альфа-Пресс, 2009.

4. Кузнецова О.В. Региональная экономическая политика: концепции, проблемы, решения. – М.: КомКнига, 2006.
5. Львов Д.С. Экономика развития. – М.: Экзамен, 2002.
6. Пискулова Н.А. Глобальное управление: учебник. – М.: МГИМО-Университет, 2013.
7. Урсул А.Д. Перспективы экологической цивилизации. – М.: Мысль, 2008.
8. Федеральная служба государственной статистики. Россия в цифрах. 2023: Краткий статистический сборник. – М.: Росстат, 2023.
9. Экологический императив: Устойчивое развитие России в XXI веке / Под ред. Н.Н. Моисеева, Ю.М. Арского. – М.: Изд-во МНЭПУ, 2001.

### **Reference**

1. Bobylev, S.N. (2007). Sustainable Development Indicators: Regional Dimension. Moscow: Academia.
2. Danilov-Danilyan, V.I., & Losev, K.S. (2000). Ecological Challenge and Sustainable Development: A Textbook. Moscow: Progress-Traditsiya.
3. Dontsova, L.V., & Nikiforova, N.A. (2009). Sustainable Development: Indicators and Measures: A Textbook. Moscow: Alpha-Press.
4. Kuznetsova, O.V. (2006). Regional Economic Policy: Concepts, Problems, Solutions. Moscow: KomKniga.
5. Lvov, D.S. (2002). Development Economics. Moscow: Ekzamen.
6. Piskulova, N.A. (2013). Global Governance: A Textbook. Moscow: MGIMO-University.
7. Ursul, A.D. (2008). Prospects for an Ecological Civilization. Moscow: Mysl.
8. Federal State Statistics Service. (2023). Russia in Figures. 2023: Concise Statistical Handbook. Moscow: Rosstat.
9. Moiseev, N.N., & Arsky, Yu.M. (Eds.). (2001). The Ecological Imperative: Sustainable Development of Russia in the XXI Century. Moscow: MNEPU Publishing House.

DOI: 10.58168/TBiEc2025\_325-330

УДК 631.356.46

## ЦИФРОВИЗАЦИЯ ЛЕСОЗАГОТОВИТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА КАК ФАКТОР ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ

### DIGITALIZATION OF THE LOGGING PROCESS AS A FACTOR OF INCREASING EFFICIENCY

**Сиваков В.В.**, к.т.н., доцент ФГБОУ ВО «Брянский государственный инженерно-технологический университет», Брянск, Россия.

**Заикин А.Н.**, д.т.н., профессор ФГБОУ ВО «Брянский государственный инженерно-технологический университет», Брянск, Россия.

**Sivakov V.V.**, candidate of Technical Sciences, Associate Professor FGBOU VO «Bryansk State Engineering-technological University», Bryansk, Russia.

**Zaikin A.N.**, dr. Sci. (Engineering), Professor, FGBOU VO «Bryansk State Engineering-technological University», Bryansk, Russia.

**Аннотация:** проведен анализ применения цифровых сервисов для повышения эффективности лесозаготовительного процесса на предприятиях. Установлен интерес отечественных и зарубежных исследователей в области цифровизации как работы машин, так и при моделировании производственных процессов. Предложена схема функционирования алгоритма информационной системы, позволяющей учитывать как производственные данные, получаемые при осуществлении производственного процесса, так и технические данные о состоянии узлов и агрегатов машины, позволяющие осуществлять мониторинг их состояния, а также прогнозировать изменения их состояния.

**Abstract:** the analysis of the use of digital services to increase the efficiency of the procurement process at enterprises is carried out. The interest of domestic and foreign researchers in the field of digitalization of both machine operation and modeling of production processes has been established. The scheme of the information system algorithm functioning is proposed, which makes it possible to take into account both production data obtained during the production process and technical data on the condition of the machine's components and assemblies, allowing monitoring their condition, as well as predicting changes in their condition.

**Ключевые слова:** цифровизация, информационные технологии, лесозаготовки, лесозаготовительные машины

**Keywords:** digitalization, information technology, logging, logging machines

Лесной комплекс является одной из основных отраслей хозяйства страны, работающий с возобновляемыми ресурсами. Применение новых цифровых технологий позволяет обеспечить более эффективное функционирования предприятий лесного хозяйства, создавая условия для ускоренного лесовосстановления, проведении

хозяйственных мероприятий, лесозаготовок и транспортировки древесины на деревообрабатывающие и мебельные предприятия.

В настоящее время ведение лесного хозяйства основывается на применении ГИС-систем, позволяющих получать точные координаты как участков леса, так и работающих в нем машин при проведении мероприятий по уходу, лесозаготовке и транспортировке леса. Применение ГИС-систем создает предпосылки для внедрения систем управления предприятием класса ERP, позволяющим увязать в единое информационное пространство машины и оборудование, производственный процесс и складское хозяйство, финансы и кадры. Учитывая, что лесозаготовительные машины работают в сложных условиях, для повышения эффективности их применения требуется осуществлять планирование производственного процесса путем моделирования режимов работы машин и принимая во внимание большое количество факторов, таких как время года, тип почвы, породный состав, объемы лесозаготовок, особенности существующей дорожной сети. К важным факторам достижения экономической эффективности машин относится возможность проведения оперативного мониторинга состояния узлов и агрегатов машин, планирования на основе полученной информации технического обслуживания и ремонта машин.

*Цель работы* – анализ применения цифровых технологий для совершенствования работы лесозаготовительных машин.

Согласно проведенным исследованиям отечественных и зарубежных авторов, повышение эффективности лесозаготовительных машин за счет внедрения цифровых технологий становится все более популярным. Авторы [Guerra et al, 2024] исследовали влияние на показатели производительности лесозаготовительных машин параметров конкретных участков, при этом данные о производительности машин в автоматическом режиме отправлялись в облачную систему управления парком машин (FMS) с различным интервалом обработки данных (от ежечасного до ежемесячного). Авторами определена целесообразность кооперирования данных в виде:

- машинные данные;
- данные об окружающей среде;
- климатические данные.

Удаленное управление лесозаготовительными машинами [1] с разработкой системы телеуправления операторами основано на передаче изображения с видеокамер, установленных на лесозаготовительной машине и получения управляющих команд лесозаготовительной машиной, но применение такой системы в реальных условиях ограничено вследствие удаленного расположения, а также ослабления сигнала деревьями и рельефом местности.

Более перспективным направлением является создание комплекса лесозаготовительных машин, снижающих нагрузку на оператора или вовсе работающих без участия человека. Например, для повышения эффективности работы оператора харвестера, снижения его утомляемости, внедряется машинное зрение, позволяющее в автоматическом

режиме контролировать безопасность процесса лесозаготовок, нахождение в опасных зонах [2], определение породного состава [3].

Еще одним важным аспектом деятельности, повышающим эффективность лесозаготовок, является не только планирование работ [4], но и получение оперативных данных для своевременной корректировки планов [5, 6].

Современные лесозаготовительные машины оснащены бортовой системой диагностирования на основе цифровой шины данных CAN, упрощающей подключение дополнительных электронных систем, оборудованных датчиками. И если раньше доступ к данным, хранящимся в блоке управления, можно было получить при физическом подключении диагностического сканера, то теперь, с развитием беспроводных технологий передачи данных и появлением IoT, физическое подключение не требуется (рис.1). При этом информация поступает с применяемых машин (технические параметры машины и производственные параметры) по беспроводным каналам передачи данных на сервер, обрабатывается и передается владельцу машин для планирования как лесозаготовительных работ, так и технического обслуживания и ремонта, что позволяет контролировать изменение характеристик узла и своевременно принимать решения по его регулировки или ремонту [7, 8, 9, 10].

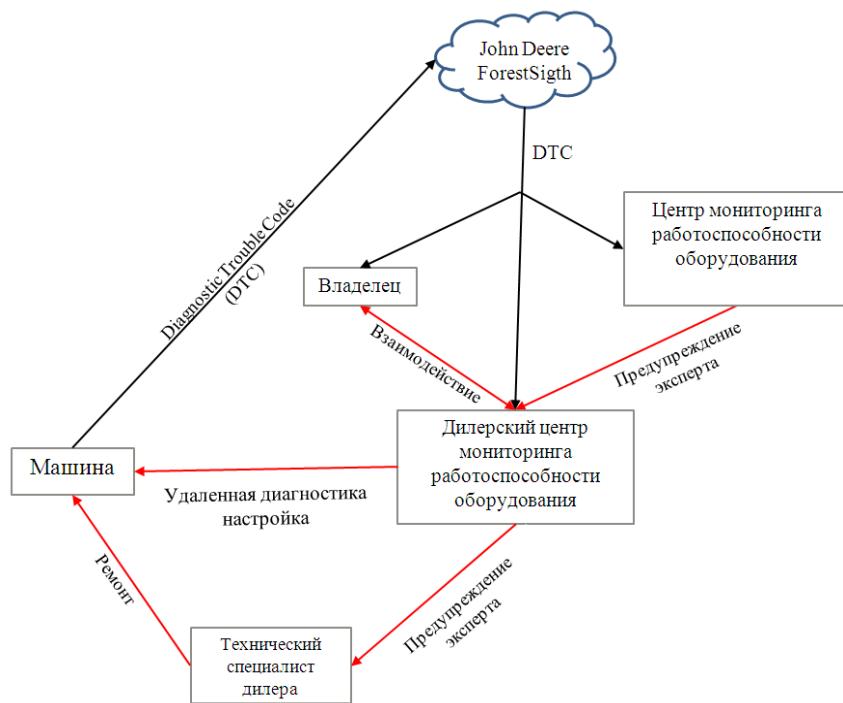


Рисунок 1 - Система диагностирования машин компании Deere & Company

Алгоритм функционирования такой информационной системы включает специализированное программное обеспечение, позволяющее моделировать и на его основе осуществлять планирование режимов работы лесозаготовительных машин на основании их технического состояния и условий эксплуатации. Производственные (ПрД) и технические

(Техд) данные, получаемые с лесозаготовительных машин, привязанные к координатам из ГИС систем передаются сервер, проходят обработку, анализируются, при этом полученные результаты оцениваются с планируемыми, что позволяет оперативно осуществлять корректировку планируемых работ (рис.2).

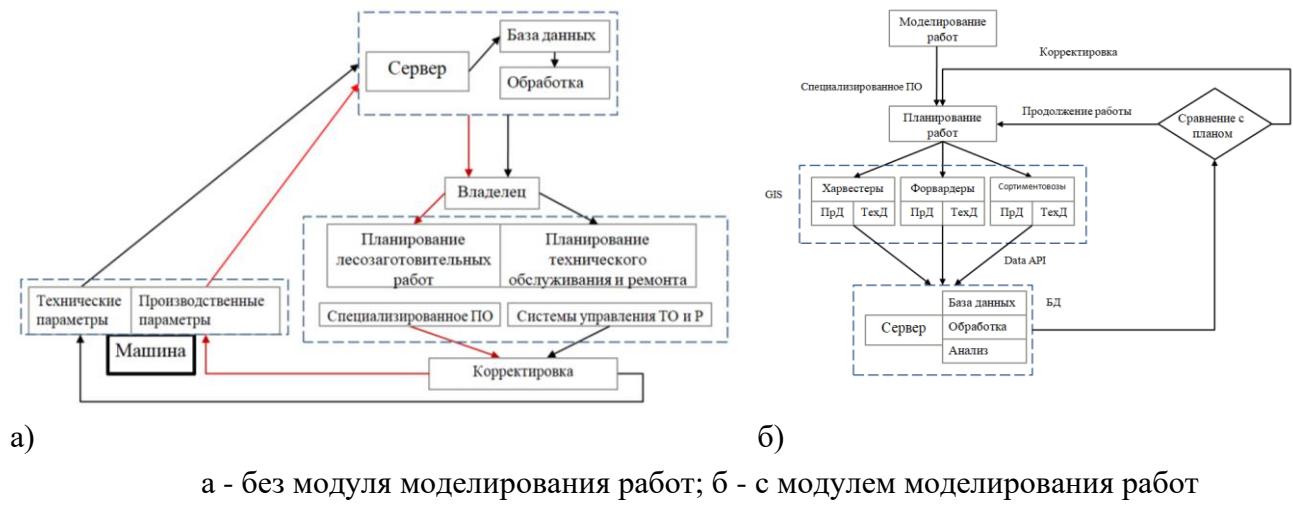


Рисунок 1 – Варианты работы информационной системы

Учитывая, что до последнего времени в нашей стране используется техника зарубежного производства (John Deere, Ponsse, Komatsu и др.), применяющая собственное программное обеспечение [Сиваков и др., 2023], необходима альтернативная разработка отечественного программного обеспечения.

Таким образом, цифровизации лесозаготовительного процесса позволит повысить эффективность работы как за счет внедрения моделирования производственных процессов, так и за счет управления сервисным обслуживанием лесозаготовительных машин. Немаловажным является внедрение алгоритмов искусственного интеллекта для снижения нагрузки на оператора машин.

### Список литературы

1. Kim Gyun-Hyung, Kim Ki-Duck, Lee Hyeon-Seung, Choi Yunsung, Mun Ho-Seong, Oh Jae-Heun, Shin Beom-Soo. Development of Wi-Fi-Based Teleoperation System for Forest Harvester. Journal of Biosystems Engineering. 2021. 46. 10.1007/s42853-021-00100-2.
2. Sivakov V., Buglaev A., Zaikin A., Orekhovskaya A., Nurullin A., Razetdinov I. Improving the training of employees of logging enterprises in the field of labor protection // IX International Conference on Advanced Agrotechnologies, Environmental Engineering and Sustainable Development, Namangan, Uzbekistan, 26 октября – 03 ноября 2023 года. Vol. 486.

EDP Sciences - Web of Conferences: EDP Sciences - Web of Conferences, 2024. P. 04007. DOI 10.1051/e3sconf/202448604007.

3. Svoikin F., Zhuk K., Svoikin V., Uglyumov S., Bacherikov I., Daniela V., Ryapukhin A. Classification of Tree Species in the Process of Timber-Harvesting Operations Using Machine-Learning Methods. Inventions. 2023. Vol. 8, No. 2. P. 57. DOI 10.3390/inventions8020057.

4. Labelle E., Kemmerer J. Business Process Reengineering of a Large-Scale Public Forest Enterprise Through Harvester Data Integration. Croatian journal of forest engineering. 2022. 43. 10.5552/crojfe.2022.1129.

5. Silva A., Cardoso M., Gomes R., Schettini B. Minette L., Nunes I., Villanova P. Forest extraction management with the indicator of overall efficiency of forest machines (OEFM). Revista Árvore. 2022. 46. 10.1590/1806-908820220000018.

6. Rukomojnikov K., Sergeeva T. Simulation modeling of logging harvester movements during selective logging. Journal of Applied Engineering Science. 2024. 22. 1-8. 10.5937/jaes0-50146.

7. Заикин А.Н., Сиваков В.В., Новикова Т.П., Зеликов В.А., Стасюк В.В., Чуйков А.С. Программное обеспечение для управления системой технического обслуживания и ремонта лесных машин: оценка применимости // Лесотехнический журнал. 2023. Т. 13, № 2(50). С. 105-127. DOI 10.34220/issn.2222-7962/2023.2/6.

8. Сиваков В.В. Цифровизация управления системой технического обслуживания и ремонта лесозаготовительной техники // Хвойные бореальной зоны. 2024. Т. 42, № 1. С. 64-71. DOI 10.53374/1993-0135-2024-1-64-71.

9. Hernandez-Matias J., Ríos J., Clavijo M., Villaverde S.J., Idoipe A. Methodology and architecture for the implementation of TPM 4.0 in small and medium-sized companies. Dyna (Bilbao). 2023. 98. 351-355. 10.6036/10878.

10. Kärhä K., Poikela A., Palander T. Productivity and Costs of Harwarder Systems in Industrial Roundwood Thinning. Croatian Journal of Forest Engineering. 2018. 39. 23-33.

## References

1. Kim Gyun-Hyung, Kim Ki-Duck, Lee Hyeon-Seung, Choi Yunsung, Mun Ho-Seong, Oh Jae-Heun, Shin Beom-Soo. Development of Wi-Fi-Based Teleoperation System for Forest Harvester. Journal of Biosystems Engineering. 2021. 46. 10.1007/s42853-021-00100-2.

2. Sivakov V., Buglaev A., Zaikin A., Orekhovskaya A., Nurullin A., Razetdinov I. Improving the training of employees of logging enterprises in the field of labor protection // IX International Conference on Advanced Agritechologies, Environmental Engineering and Sustainable Development, Namangan, Uzbekistan, October 26 – November 3, 2023. Vol. 486. EDP Sciences - Web of Conferences: EDP Sciences - Web of Conferences, 2024. P. 04007. DOI 10.1051/e3sconf/202448604007.

3. Svoikin F., Zhuk K., Svoikin V., Uglyumov S., Bacherikov I., Daniela V., Ryapukhin A. Classification of Tree Species in the Process of Timber-Harvesting Operations Using Machine-Learning Methods. Inventions. 2023. Vol. 8, No. 2. P. 57. DOI 10.3390/inventions8020057.
4. Labelle E., Kemmerer J. Business Process Reengineering of a Large-Scale Public Forest Enterprise Through Harvester Data Integration. Croatian journal of forest engineering. 2022. 43. 10.5552/crojfe.2022.1129.
5. Silva A., Cardoso M., Gomes R., Schettini B. Minette L., Nunes I., Villanova P. Forest extraction management with the indicator of overall efficiency of forest machines (OEFM). Revista Árvore. 2022. 46. 10.1590/1806-908820220000018.
6. Rukomojnikov K., Sergeeva T. Simulation modeling of logging harvester movements during selective logging. Journal of Applied Engineering Science. 2024. 22. 1-8. 10.5937/jaes0-50146.
7. Zaikin A.N., Sivakov V.V., Novikova T.P., Zelikov V.A., Stasyuk V.V., Chuikov A.S. Software for managing the system of maintenance and repair of forest machines: assessment of applicability. Lesotekhnicheskii zhurnal [Forestry Engineering journal], 2023. Vol. 13, No. 2 (50), pp. 105-127 (in Russian). DOI: <https://doi.org/10.34220/issn.2222-7962/2023.2/6>.
8. Sivakov V.V. Digitalisation of the management system of maintenance and repair of forestry machines. Coniferous trees of the boreal zone. 2024. T. 42, No. 1, pp. 64-71. DOI: 10.53374/1993-0135-2024-1-64-71.
9. Hernandez-Matias J., Ríos J., Clavijo M., Villaverde S.J., Idoipe A. Methodology and architecture for the implementation of TPM 4.0 in small and medium-sized companies. Dyna (Bilbao). 2023. 98. 351-355. 10.6036/10878.
10. Kärhä K., Poikela A., Palander T. Productivity and Costs of Harwarder Systems in Industrial Roundwood Thinning. Croatian Journal of Forest Engineering. 2018. 39. 23-33.

DOI: 10.58168/TBiEc2025\_331-337

УДК 674

**ИННОВАЦИОННАЯ ТЕХНОЛОГИЯ ОТДЕЛКИ ДРЕВЕСИНЫ  
С УЛЬТРАЗВУКОВОЙ МОДИФИКАЦИЕЙ ПОВЕРХНОСТИ**  
INNOVATIVE TECHNOLOGY OF WOOD FINISHING WITH ULTRASONIC SURFACE  
MODIFICATION

**Соколова В.А.**, к.т.н., доцент ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный университет промышленных технологий и дизайна», Санкт-Петербург, Россия.

**Sokolova V.A.**, candidate of Technical Sciences, Associate Professor FGBOU VO «St. Petersburg State University of Industrial Technology and Design», St. Petersburg, Russia.

**Аннотация:** в статье представлена инновационная технология отделки древесины с применением ультразвуковой обработки, направленная на повышение качества лакокрасочных покрытий и снижение материоемкости процесса. Экспериментально исследовано влияние ультразвуковой предобработки на адгезионные и физико-механические характеристики защитно-декоративных покрытий. Установлено, что обработка ультразвуком позволяет уменьшить расход лакокрасочных материалов на 18-22% при одновременном увеличении адгезии на 25-30% и повышении износостойкости покрытий на 35-40% по сравнению с традиционной технологией. Проведен экономический анализ внедрения технологии в производство деревянных изделий. Технология представляет практический интерес для мебельной и деревообрабатывающей промышленности, обеспечивая ресурсосбережение и повышение конкурентоспособности продукции.

**Abstract:** the article presents an innovative technology for finishing wood using ultrasonic treatment, aimed at improving the quality of paint and varnish coatings and reducing the material intensity of the process. The effect of ultrasonic pretreatment on the adhesive and physical and mechanical characteristics of protective and decorative coatings was experimentally studied. It was found that ultrasonic treatment allows reducing the consumption of paint and varnish materials by 18-22% while increasing adhesion by 25-30% and increasing wear resistance of coatings by 35-40% compared to traditional technology. An economic analysis of the implementation of the technology in the production of wooden products was carried out. The technology is of practical interest for the furniture and woodworking industries, ensuring resource conservation and increasing the competitiveness of products.

**Ключевые слова:** ультразвуковая обработка, модификация древесины, лакокрасочные покрытия, адгезия, ресурсосберегающие технологии.

**Keywords:** ultrasonic treatment, wood modification, paint coatings, adhesion, resource-saving technologies.

На заседании Президиума Государственного Совета 4 мая 2023 года, где обсуждались перспективы промышленного развития России в условиях санкционных ограничений, Президент РФ В. В. Путин подчеркнул важность быстрой разработки комплексных мер поддержки для ускоренного роста обрабатывающей промышленности. Особое внимание было удалено необходимости создания отечественных производств критически важной продукции, углубленной переработки сырья, а также внедрения инновационных технологий и материалов. Реализация этих задач имеет ключевое значение для трансформации экономики страны, поскольку от эффективности промышленной политики зависит формирование новых рынков труда, развитие науки и спрос на российские технологии [1].

В рамках государственной программы, направленной на повышение конкурентоспособности промышленности (утвержденной Постановлением Правительства РФ №328 от 15 апреля 2014 г. с последующими изменениями от 16 февраля 2023 г.), особое место занимает развитие лесопромышленного комплекса. Основные цели включают расширение отечественных производств, повышение качества древесной продукции и снижение зависимости от импорта.

В данном контексте особую значимость приобретает совершенствование технологий отделки древесины, поскольку улучшение защитно-декоративных покрытий напрямую влияет на долговечность изделий и рациональное использование ресурсов. Эти меры соответствуют приоритетному направлению «Рациональное природопользование», закрепленному в Указе Президента РФ №899 от 7 июля 2011 года.

Таким образом, развитие современных методов обработки древесины не только способствует импортозамещению, но и поддерживает экологическую устойчивость и инновационное развитие промышленности.

Целенаправленное улучшение характеристик древесины и защитных покрытий представляет собой перспективное направление в строительной сфере. Благодаря применению инновационных технологий и специализированных составов удаётся значительно повысить эксплуатационные качества древесных материалов.

Сегодня научные исследования в области модификации древесины переходят из теоретической плоскости в практическое применение. Особую популярность приобретает модифицированная древесина, отличающаяся повышенной устойчивостью к биологическому разрушению и увеличенным сроком службы [2].

Среди передовых методик обработки особого внимания заслуживают технологии физического и акустического воздействия. Применение звуковых волн и физических полей открывает новые возможности для изменения структуры древесины, позволяя придавать материалу уникальные свойства. Развитие данного направления способствует созданию высокотехнологичных строительных материалов с улучшенными эксплуатационными характеристиками.

Ультразвуковая обработка представляет собой сложный физико-химический процесс, в основе которого лежит воздействие мощных ультразвуковых колебаний на жидкую среду.

Этот метод вызывает комплекс взаимосвязанных явлений, существенно изменяющих свойства обрабатываемого материала [3].

Основу процесса составляют первичные механические эффекты:

- кавитация (образование и схлопывание микропузьрков);
- переменное звуковое давление;
- радиационное давление;
- акустические потоки.

Эти первичные явления порождают вторичные эффекты:

- локальный нагрев материала
- процессы диспергирования и коагуляции
- ускорение окислительных реакций
- интенсификацию химических процессов.

Особенностью ультразвуковой обработки является синергетический характер взаимодействия этих эффектов, что позволяет достигать уникальных результатов при модификации материалов. Комбинация механического и теплового воздействия с химическими процессами открывает новые возможности в области обработки различных веществ, в том числе древесных материалов.

Современные исследования [4-6] подтверждают высокую эффективность данного метода, особенно в сочетании с другими физико-химическими способами обработки, что делает его перспективным направлением в материаловедении.

При ультразвуковой обработке суммарное давление  $P_T$ , которое действует на неотверженный лакокрасочный материал, определяется уравнением:

$$P_T = P_h + P_a \quad (1)$$

где  $P_h$  - внешнее атмосферное давление в жидкости,  $P_a$  - акустическое давление звуковых колебаний:

$$P_a = P_A \sin(2\pi ft) \quad (2)$$

где  $P_A$  - максимальная амплитуда акустического давления [119].

Звуковое давление распространяется в виде волны сквозь жидкую среду и вызывает колебания молекул, увеличивая мгновенное значение их кинетической энергии:

$$V = \frac{dx}{dt} = 2\pi f x_0 \cos(2\pi ft) \quad (3)$$

Часть энергии теряется вследствие наличия определенной вязкости, обусловленной трением молекул друг о друга, а также вследствие теплового эффекта, сопровождающегося переносом тепла из области высокой кинетической энергии в область низкую. При этом волновая энергия уменьшается при увеличении расстояния отдалении от источника ультразвуковых волн. Степень ослабления описывается уравнением:

$$I = I_0 \exp(-2al) \quad (4)$$

где  $a$  - коэффициент поглощения колебаний средой,  $I_0$  - начальная интенсивность звуковой волны,  $I$  - интенсивность на расстоянии  $l$  от источника.

Суммарно структурные и термические потери дают общую поглощающую способность среды:

$$a = \frac{2\pi^2 f^2}{\rho c^3} \left( \frac{4}{3} \eta + \frac{(\gamma-1)K}{\gamma C_v} \right) \quad (5)$$

где  $\eta$  - вязкость среды;  $f$  - частота колебаний;  $K$  - коэффициент теплопроводности среды;  $\gamma$  - отношение молярных теплоемкостей среды;  $C_v$  - молярная теплоёмкость при постоянном объеме.

Согласно формуле (5) с увеличением вязкости или частоты колебаний поглощающий эффект среды возрастает, снижая развитие кавитации.

Экспериментальные данные [7,8] свидетельствуют, что применение высокointенсивных ультразвуковых колебаний существенно активизирует химические процессы в высоковязких и концентрированных средах, к которым относятся лакокрасочные материалы.

Ключевые эффекты ультразвукового воздействия:

1. Интенсификация полимеризации - ультразвуковая обработка способствует болееному и быстрому протеканию процессов отверждения ЛКМ;

2. Оптимизация структуры покрытия - за счет активации химических реакций улучшаются физико-механические характеристики образуемой полимерной пленки;

Критические параметры технологического режима:

- Пороговая мощность - минимальный уровень энергии, необходимый для инициирования кавитационных процессов;

- Оптимальный диапазон - существует верхний предел мощности, превышение которого не приводит к дальнейшему ускорению полимеризации.

Практическая значимость исследований заключается в возможности точного подбора режимов обработки для конкретных лакокрасочных систем. Это позволяет сократить время отверждения покрытий, повысить качество защитно-декоративных слоев, оптимизировать энергозатраты технологического процесса.

Перспективы применения ультразвуковой обработки в лакокрасочной промышленности связаны с разработкой энергоэффективных установок, позволяющих точно контролировать параметры воздействия для различных типов покрытий.

В Университете промышленных технологий и дизайна разработана перспективная технология предварительной ультразвуковой обработки древесины, позволяющая существенно улучшить качество последующего лакокрасочного покрытия [9,10].

Ключевыми преимуществами технологии являются экономия материалов - снижение расхода ЛКМ до 20-30%, улучшение адгезии, улучшение эксплуатационных характеристик: увеличение износостойкости покрытия, повышение устойчивости к механическим воздействиям, улучшение декоративных свойств.

Как подтверждают проведенные исследования, предварительная ультразвуковая обработка древесины демонстрирует значительные преимущества по сравнению с традиционной технологией нанесения лакокрасочных покрытий:

1. Качественные показатели: образцы, прошедшие ультразвуковую подготовку, показали улучшенную адгезию покрытия (на 25-30%), повышенную износостойкость (на 35-40%), улучшенные декоративные характеристики. Все параметры качества покрытий превышают показатели образцов без обработки.

2. Экономический эффект:

- Снижение расхода лакокрасочных материалов на 18-22%;
- Экономия на отделке 10 000 усл.ед. продукции составляет 1,8 млн руб.
- Чистая прибыль при годовом объеме 10 000 стеллажей составляет 13,2 млн руб.

3. Технологические преимущества включают сокращение времени технологического цикла, уменьшение брака при нанесении покрытий, возможность снижения себестоимости конечной продукции.

Перспективы внедрения:

- Технология особенно эффективна для серийного производства мебели и строительных конструкций;
- Позволяет предприятиям получить конкурентное преимущество за счет повышения качества продукции, снижения производственных издержек, увеличения рентабельности производства.

Экспериментально подтвержденная эффективность технологии демонстрирует ее практическую значимость для мебельного и строительного производства.

Технологический процесс отличается простотой интеграции в существующие производственные линии и может быть адаптирован под различные породы древесины и типы лакокрасочных материалов. Применение ультразвуковой предобработки представляет собой экономически обоснованное технологическое решение, сочетающее улучшение качества продукции с существенной финансовой выгодой для производителей деревянных изделий.

Данная разработка представляет собой значимый шаг в развитии экологичного производства, позволяя одновременно сократить расход материалов и повысить качество готовой продукции.

### **Список литературы**

1. Заседание Президиума Государственного совета. – URL: <http://www.kremlin.ru/events/president/transcripts/70860>.
2. Хасаншин Р.Р., Гаянова А.Р., Габдуллин Т.И. Актуальность производства и применения модифицированной древесины // Наука и инновации в XXI веке: Актуальные вопросы, открытия и достижения. Сборник статей XIII Международной научно-практической конференции. Пенза: Наука и Просвещение, 2019. С.107-109.

3. Сундуков С.К. Особенности технологии нанесения лакокрасочных покрытий на изделия машиностроения с использованием ультразвука. Диссерт. канд. техн. наук: Москва. МАДИ, 2013. 191 с.
4. Абрамов В.О. Мощный ультразвук в металлургии и машиностроении. Москва: Янус-К. 2006. 688 с.
5. Шутилов В.А. Основы физики ультразвука: Учебное пособие. Ленинград: Изд-во Ленингр. Ун-та. 1980. 280 с.
6. Сиротюк М.Г. Экспериментальные исследования ультразвуковой кавитации // Мощные ультразвуковые поля. Москва, 1968. С. 167-220.
7. Хмелев В.Н. Многофункциональные ультразвуковые аппараты и их применение в условиях малых производств, сельском и домашнем хозяйстве. Барнаул: АлтГТУ. 1997. 160 с.
8. Розенберг Л.Д. Физика и техника мощного ультразвука // Физические основы ультразвуковой технологии. Москва: Наука, 1970. 689 с.
9. Соколова В.А., Беленький Ю.И., Угрюмов С.А. Повышение эффективности формирования защитно-декоративного покрытия древесины с помощью ультразвуковой обработки // Системы. Методы. Технологии. 2023. № 4 (60). С. 129-135.
10. Sokolova V., Markov V., Rzhavtsev A. (2019) Improvement of technology of formation of coatings with metal effect by modified water-dispersion paints. New Materials and Technologies in Mechanical Engineering: Key Engineering Materials, DOI: doi.org/10.4028/www.scientific.net/KEM.822.745.

## References

1. Meeting of the Presidium of the State Council. – URL: <http://www.kremlin.ru/events/president/transcripts/70860>.
2. Khasanshin R.R., Gayanova A.R., Gabdullin T.I. Relevance of production and use of modified wood // Science and innovation in the 21st century: Actual issues, discoveries and achievements. Collection of articles of the XIII International scientific and practical conference. Penza: Science and Education, 2019. Pp. 107-109.
3. Sundukov S.K. Features of the technology of applying paint and varnish coatings to mechanical engineering products using ultrasound. Dissertation. Cand. of Technical Sciences: Moscow. MADI, 2013. 191 p.
4. Abramov V.O. Powerful ultrasound in metallurgy and mechanical engineering. Moscow: Janus-K. 2006. 688 p.
5. Shutilov V. A. Fundamentals of the Physics of Ultrasound: A Textbook. Leningrad: Publishing House of the Leningrad University. 1980. 280 p.
6. Sirotyuk M. G. Experimental Studies of Ultrasonic Cavitation // Powerful Ultrasonic Fields. Moscow, 1968. Pp. 167-220.

7. Khmelev V. N. Multifunctional Ultrasonic Devices and Their Application in Small-Scale Industries, Agriculture and Households. Barnaul: Altai State Technical University. 1997. 160 p.
8. Rosenberg L.D. Physics and technology of powerful ultrasound // Physical foundations of ultrasonic technology. Moscow: Nauka, 1970. 689 p.
9. Sokolova V.A., Belenkiy Yu.I., Uglyumov S.A. Improving the efficiency of forming a protective and decorative coating of wood using ultrasonic treatment // Systems. Methods. Technologies. 2023. No. 4 (60). P. 129-135.
10. Sokolova V., Markov V., Rzhavtsev A. (2019) Improvement of technology of formation of coatings with metal effect by modified water-dispersion paints. New Materials and Technologies in Mechanical Engineering: Key Engineering Materials, DOI: [doi.org/10.4028/www.scientific.net/KEM.822.745](https://doi.org/10.4028/www.scientific.net/KEM.822.745).

DOI: 10.58168/TBiEc2025\_338-343

УДК 664

## ЭКСТРАКЦИЯ БИОЛОГИЧЕСКИ АКТИВНЫХ СОЕДИНЕНИЙ ИЗ ОБЛЕПИХИ

### EXTRACTION OF BIOLOGICALLY ACTIVE COMPOUNDS FROM SEA BUCKTHORN

**Соловьева Е.Н.**, ассистент ФГБОУ ВО «Казанский национальный исследовательский технологический университет», Казань, Россия.

**Репников А.С.**, бакалавр ФГБОУ ВО «Казанский национальный исследовательский технологический университет», Казань, Россия.

**Зиатдинова Д.Ф.**, профессор ФГБОУ ВО «Казанский национальный исследовательский технологический университет», Казань, Россия.

**Soloveva E.N.**, assistant Professor, Kazan National Research Technological University, Kazan, Russia.

**Repnikov A.S.**, bachelor's degree, Kazan National Research Technological University, Kazan, Russia.

**Ziatdinova D.F.**, professor, Kazan National Research Technological University, Kazan, Russia.

**Аннотация:** облепиха – уникальное растение, широко распространенное в умеренных и субтропических регионах Евразии. В статье рассмотрены основные классы полезных веществ, содержащихся в облепихе. Облепиха ценится за антиоксидантное, противодиабетическое, иммуномодулирующее, противовирусное, антибактериальное, противовоспалительное и противораковое действие. В статье рассмотрены основные классы полезных веществ, содержащихся в облепихе и их влияние на здоровье человека. Также рассмотрены методы экстракции ценных компонентов из облепихи. Оптимизация методов экстракции и детальное изучение биологической активности отдельных компонентов облепихи являются перспективными направлениями исследований, способствующими расширению спектра применения этого ценного растения.

**Abstract:** sea buckthorn is a unique plant widely distributed in temperate and subtropical regions of Eurasia. The article discusses the main classes of nutrients contained in sea buckthorn. Sea buckthorn is valued for its antioxidant, antidiabetic, immunomodulatory, antiviral, antibacterial, anti-inflammatory and anti-cancer effects. The article discusses the main classes of nutrients contained in sea buckthorn and their impact on human health. Methods of extraction of valuable components from sea buckthorn are also considered. Optimization of extraction methods and a detailed study of the biological activity of individual components of sea buckthorn are promising areas of research that contribute to expanding the range of applications of this valuable plant.

**Ключевые слова:** облепиха, здоровье человека, экстракция, функциональные продукты.

**Keywords:** sea buckthorn, human health, extraction, functional products.

Питание является одним из ключевых факторов, определяющих здоровье и качество жизни человека. Научные исследования последних десятилетий [1-10] демонстрируют, что сбалансированное питание не только способствует поддержанию физического и психического здоровья, но и играет важную роль в профилактике хронических заболеваний.

Для нормальной жизнедеятельности необходимо наличие в рационе сочетания продуктов, обеспечивающих организм достаточным количеством белков, углеводов, жиров, витаминов, микроэлементов.

Облепиха (*Hippophae rhamnoides*) — уникальное растение, широко распространенное в умеренных и субтропических регионах Евразии. Ее ценность обусловлена богатым биохимическим составом, который делает ее важным ресурсом для медицины, пищевой промышленности и экологии. В данной статье рассматриваются основные аспекты использования облепихи, ее химический состав и потенциальные преимущества для здоровья человека и окружающей среды [1].

Химический состав облепихи характеризуется высокой вариабельностью, зависящей от генотипа, условий произрастания, степени зрелости и методов обработки [2]. Тем не менее, можно выделить ключевые классы соединений, определяющих биологическую активность растения.

Основные классы полезных веществ, содержащихся в облепихе представлены на рис.1.

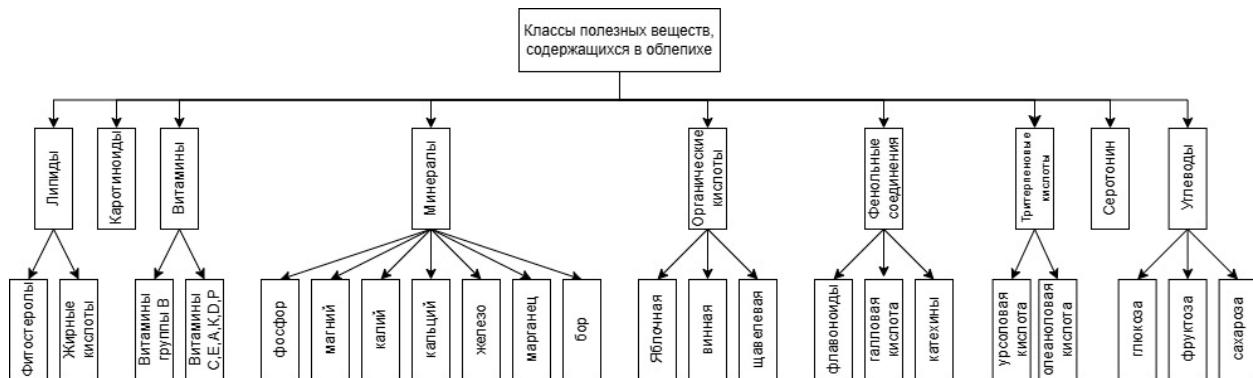


Рисунок 1 - Основные классы полезных веществ, содержащихся в облепихе

Для извлечения индивидуальных полезных компонентов проводят процесс экстракции. Экстракт облепихи — это концентрированный продукт, полученный из ягод, листьев или коры облепихи путем извлечения (экстракции) полезных веществ с использованием различных растворителей или методов. Этот экстракт содержит более высокую концентрацию витаминов, минералов, антиоксидантов и других биологически активных соединений по сравнению с исходным сырьем (ягодами, листьями, корой) [3].

В зависимости от используемого сырья и метода экстракции, экстракты облепихи могут отличаться по составу и свойствам.

Экстракт ягод облепихи является самым распространенным видом, получаемым из плодов облепихи. Он богат витаминами (особенно С и Е), каротиноидами, флавоноидами, жирными кислотами и микроэлементами. Обладает выраженными антиоксидантными, противовоспалительными, регенерирующими и иммуномодулирующими свойствами. Используется в медицине, косметологии и пищевой промышленности [4].

Экстракт листьев облепихи содержит флавоноиды, дубильные вещества, витамины и микроэлементы. Обладает антибактериальными, противовоспалительными и антиоксидантными свойствами [5]. Применяется в медицине и косметологии для лечения кожных заболеваний, ран и ожогов, а также для укрепления волос.

Экстракт коры облепихи содержит серотонин, дубильные вещества и другие биологически активные соединения. Обладает антидепрессантными, противовоспалительными и ранозаживляющими свойствами. Используется в медицине для лечения нервных расстройств, кожных заболеваний и ран.

Масляный экстракт облепихи (облепиховое масло) получают путем масляной экстракции ягод или семян облепихи. Содержит высокую концентрацию каротиноидов, витамина Е, ненасыщенных жирных кислот (омега-3, омега-6, омега-9) и фитостеролов. Обладает мощными регенерирующими, противовоспалительными, антиоксидантными и ранозаживляющими свойствами. Широко используется в медицине, косметологии и пищевой промышленности.

Выбор метода экстракции биологически активных соединений из *Hippophae rhamnoides* определяется целевой фракцией экстрагируемых веществ и их физико-химическими свойствами, желаемым уровнем чистоты экстракта, экономической целесообразностью и экологическими соображениями [6]. Для получения экстракта облепихи используются различные растворители (рис.2).

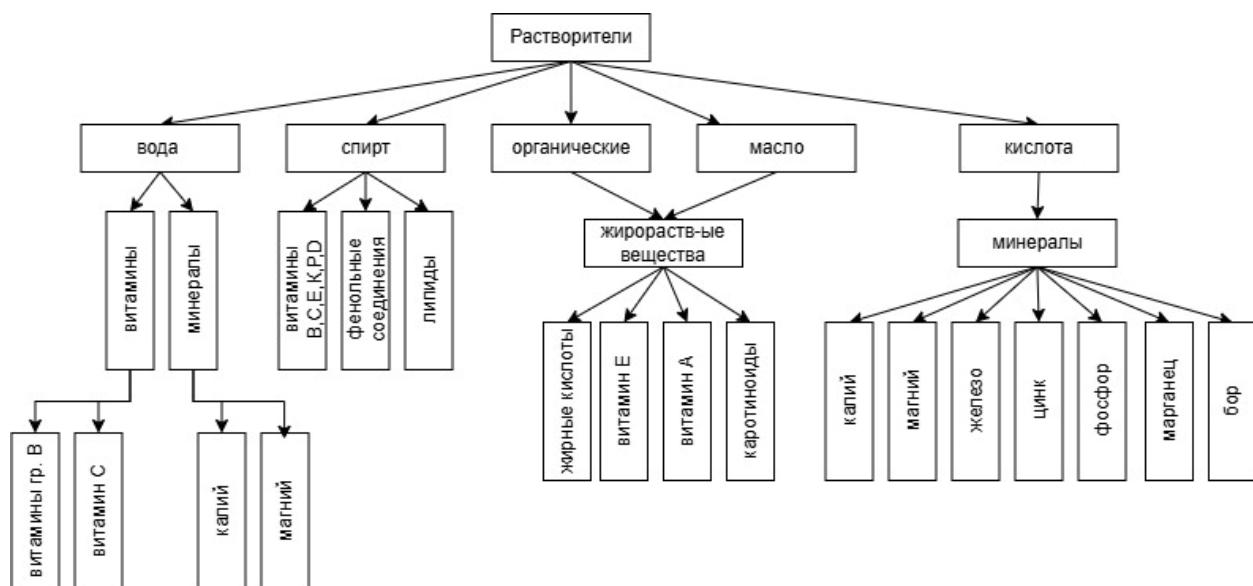


Рисунок 2 - Растворители, используемые для извлечения полезных веществ из облепихи

Полярные растворители (вода, этанол) хорошо подходят для извлечения полярных соединений (фенольные соединения, витамины), а неполярные растворители (гексан) – для извлечения неполярных соединений (масла, каротиноиды) [7].

Извлечение полезных веществ из облепихи с использованием воды в качестве растворителя подходит для получения экстрактов, богатых водорастворимыми витаминами и минералами, такими как, витамина С, витаминов группы В, калия, магния, органических кислот и некоторых фенольных соединений [8].

Извлечение полезных веществ с использованием спирта (обычно этанола) в качестве растворителя позволяет получить экстракты, содержащие витамины, флавоноиды, фенольные соединения и другие биологически активные вещества. Концентрация этанола может варьироваться в зависимости от целевого соединения [2].

Извлечение неполярными растворителями (спиртом, гексаном и эфиром) используется для экстракции жирорастворимых веществ, таких как витамин Е, витамин А и каротиноиды, жирные кислоты, фитостеролы, тритерпеновые кислоты, флавоноиды. Гексан широко применяется в промышленности, но требует осторожного обращения из-за его токсичности. Альтернативные неполярные растворители, такие как этилацетат, могут быть использованы для снижения экологической нагрузки.

Масляная экстракция является традиционным методом получения облепихового масла. Ягоды измельчают и настаивают в растительном масле (например, подсолнечном или оливковом) в течение определенного времени. Метод позволяет извлечь жирорастворимые соединения в масляную фазу для получения облепихового масла, богатого жирорастворимыми витаминами, каротиноидами и жирными кислотами [9].

Обработка растительного материала (ягод, листьев, коры) разбавленным раствором кислоты позволяет получить экстракт, богатый минеральными веществами или полисахаридами. Кислоты эффективно растворяют минералы (калий, натрий, кальций, магний, железо, цинк, фосфор) и полисахариды, присутствующие в облепихе [10].

Обработка сверхкритическим диоксидом углерода ( $\text{CO}_2$ ) в качестве растворителя является экологически чистым и эффективным методом, позволяющим извлекать широкий спектр соединений, включая липиды, каротиноиды и флавоноиды, с высокой степенью чистоты [8]. Изменяя давление и температуру, можно селективно извлекать различные соединения.

### **Заключение**

Таким образом, облепиха – это ценный источник разнообразных полезных веществ, которые можно эффективно экстрагировать различными методами и использовать в различных сферах для поддержания здоровья и красоты. Химический состав *H. rhamnoides* характеризуется высоким содержанием разнообразных биологически активных соединений, обуславливающих его широкое применение. Выбор оптимального метода экстракции зависит от целевых соединений, требований к чистоте экстракта и экологических соображений.

Дальнейшие исследования направлены на оптимизацию существующих методов экстракции и разработку новых, более эффективных и экологически чистых технологий для извлечения ценных компонентов из облепихи. Оптимизация методов экстракции и детальное изучение биологической активности отдельных компонентов облепихи являются перспективными направлениями исследований, способствующими расширению спектра применения этого ценного растения.

### **Список литературы**

1. Пантелейева, Е. И. Пищевое и лекарственное использование облепихи / Е. И. Пантелейева // Аграрная наука - сельскому хозяйству : сборник статей: в 3 книгах, Барнаул, 07–08 февраля 2017 года / Алтайский государственный аграрный университет. – Барнаул: Алтайский государственный аграрный университет, 2017. – С. 30-34.
2. Оценка биопотенциала дикорастущей облепихи и перспектив ее комплексного использования / О. Я. Мезенова, Й. Т. Мерзель, С. А. Воронцов, П. А. Воронцов // Вестник Международной академии холода. – 2020. – № 3. – С. 44-51. – DOI 10.17586/1606-4313-2020-19-3-44-51.
3. Беседина, И. П. Химический состав и биологическая ценность облепихи / И. П. Беседина, Е. В. Петрова, Н. В. Кашина. – Текст : непосредственный // Вестник КрасГАУ. – 2016. – № 10 (121). – С. 248-253.
4. Комплексная переработка облепихи / Д. Ф. Зиатдинова, Е. Н. Соловьева, Р. Г. Сафин, А. А. Масагутов // Деревообрабатывающая промышленность. – 2025. – № 1. – С. 36-44.
5. Королева, Н. С. Изучение химического состава и биологической активности плодов облепихи крушиновидной (*Hippophae rhamnoides* L.) : автореферат дис. ... канд. фарм. наук : 14.04.02 / Королева Наталья Сергеевна ; [Место защиты: Пятигор. фармац. ин-т]. – Пятигорск, 2010. – 24 с.
6. Ладыгина, Е. Ю. Фармакогностическое исследование облепихи крушиновидной (*Hippophae rhamnoides* L.) : дис. ... д-ра фарм. наук : 14.04.02 / Ладыгина Елена Юрьевна ; [Место защиты: Пятигор. фармац. ин-т]. – Пятигорск, 2016. – 369 с.
7. Nicolaev, S. M. Растительные ресурсы Южной Сибири и их использование / С. М. Nicolaev, B. K. Коротких, I. A. Белоносова. – Новосибирск : Гео, 2016. – 307 с. – ISBN 978-5-906284-91-8.
8. Якубов, В. А. Биологически активные вещества лекарственных растений : учебное пособие / В. А. Якубов, О. Ю. Мартынова. – Иркутск : ИГМУ, 2015. – 180 с.
9. Yang, B. Sea buckthorn (*Hippophae rhamnoides* L.) products: Composition and applications / B. Yang, R. Kallio // Trends in Food Science & Technology. – 2002. – Vol. 13, No. 5. – P. 160-167. – DOI: 10.1016/S0924-2244(02)00127-5.

10. Roxburgh, J. M. Preclinical and clinical studies on the anti-inflammatory activity of seabuckthorn (*Hippophae rhamnoides* L.) / J. M. Roxburgh, L. V. Kuksis, R. P. Yargeau, T. Gillingham, N. Weigand, C. J. Bell // PLoS ONE. – 2015. – Vol. 10, No. 7. – Article number e0132276. – DOI: 10.1371/journal.pone.0132276.

## References

1. Panteleeva, E. I. Food and medicinal use of sea buckthorn / E. I. Panteleeva // Agrarian science to agriculture : collection of articles : in 3 books, Barnaul, 07-08 February 2017 / Altai State Agrarian University. - Barnaul: Altai State Agrarian University, 2017. - C. 30-34.
2. Assessment of the biopotential of wild-growing sea buckthorn and the prospects of its integrated use / O. Y. Mezenova, J. T. Merzel, S. A. Vorontsov, P. A. Vorontsov // Bulletin of the International Academy of Cold. - 2020. - № 3. - C. 44-51. - DOI 10.17586/1606-4313-2020-19-3-44-51.
3. Besedina, I. P. Chemical composition and biological value of sea buckthorn / I. P. Besedina, E. V. Petrova, N. V. Kashina. - Text : direct // Vestnik KrasGAU. - 2016. - № 10(121). - C. 248-253.
4. Complex processing of sea buckthorn / D. F. Ziatdinova, E. N. Solovieva, R. G. Safin, A. A. Masagutov // Woodworking industry. - 2025. - № 1. - C. 36-44.
5. Koroleva, N. S. Study of chemical composition and biological activity of sea buckthorn fruits (*Hippophae rhamnoides* L.) : abstract of disc. ... Candidate of Pharmacy : 14.04.02 / Koroleva Natalia Sergeevna ; [Place of defence: Pyatigorsk Pharmaceutical Institute]. - Pyatigorsk, 2010. - 24 c.
6. Ladygina, E. Yu. Pharmacognostic study of sea buckthorn (*Hippophae rhamnoides* L.) : a dissertation .... Doctor of Pharmacy : 14.04.02 / Ladygina Elena Yuryevna ; [Place of defence: Pyatigorsk Pharmaceutical Institute]. - Pyatigorsk, 2016. - 369 c.
7. Nikolaev, S. M. Plant resources of South Siberia and their utilisation / S. M. Nikolaev, V. K. Korotkikh, I. A. Belonosova. - Novosibirsk : Geo, 2016. - 307 c. - ISBN 978-5-906284-91-8.
8. Yakubov, V. A. Biologically active substances of medicinal plants : textbook / V. A. Yakubov, O. Y. Martynova. - Irkutsk : IGMU, 2015. - 180 c.
9. Yang, B. Sea buckthorn (*Hippophae rhamnoides* L.) products: Composition and applications / B. Yang, R. Kallio // Trends in Food Science & Technology. - 2002. - Vol. 13, No. 5. - P. 160-167. - DOI: 10.1016/S0924-2244(02)00127-5.
10. Roxburgh, J. M. Preclinical and clinical studies on the anti-inflammatory activity of seabuckthorn (*Hippophae rhamnoides* L.) / J. M. Roxburgh, L. V. Kuksis, R. P. Yargeau, T. Gillingham, N. Weigand, C. J. Bell // PLoS ONE. - 2015. - Vol. 10, No. 7. - Article number e0132276. - DOI: 10.1371/journal.pone.0132276.

DOI: 10.58168/TBiEc2025\_344-348

УДК 66.092-977

**СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ПИРОЛИЗА КОСТОЧЕК СЛИВЫ И ДРУГИХ  
ПЛОДОВЫХ КОСТОЧЕК ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ АКТИВИРОВАННОГО УГЛЯ**  
COMPARATIVE ANALYSIS OF PYROLYSIS OF PLUM SEEDS AND OTHER FRUIT SEEDS  
FOR THE PRODUCTION OF ACTIVATED CARBON

<b>Сотников В.Г.</b> , к.т.н., доцент Казанский национальный технологический университет, Россия.	<b>Sotnikov V.G.</b> , PhD, Associate Professor Kazan National Research Technological University, Kazan, Russia.
<b>Краснова К.Р.</b> , магистрант Казанский национальный технологический университет, Россия.	<b>Krasnova K.R.</b> , graduate student Kazan National Research Technological University, Kazan, Russia.
<b>Сафин Р.Г.</b> , д.т.н., профессор Казанский национальный технологический университет, Россия.	<b>Safin R.G.</b> , doctor of Engineering, Professor Kazan National Research Technological University, Kazan, Russia.
<b>Ильясов И.Р.</b> , аспирант Казанский национальный технологический университет, Россия.	<b>Ilyasov I.R.</b> , postgraduate Student Kazan National Research Technological University, Kazan, Russia.

**Аннотация:** рассматриваются процессы переработки косточек сливы, абрикоса и вишни в активированный уголь, изучаются их адсорбционные свойства и условия получения. Проведен сравнительный анализ технических характеристик, таких как удельная поверхность, объем пор и сорбционная активность. Лучшие результаты достигнуты для активированного угля из косточки абрикоса, близкий уровень показал уголь из косточки сливы. Косточка вишни отличилась минимальной зольностью и оптимальным соотношением пор. Определены оптимальные условия пиролиза, включая температуру, скорость разогрева и режим охлаждения. Исследование подтвердило перспективность использования косточек плодовых культур для производства активированного угля с высокими адсорбционными характеристиками.

**Abstract:** the processes of processing plum, apricot and cherry seeds into activated carbon are considered, their adsorption properties and production conditions are studied. A comparative analysis of such technical characteristics as specific surface area, pore volume and sorption activity has been carried out. The best results were achieved for activated carbon from apricot kernels, a similar level was shown by coal from plum kernels. The cherry stone was characterized by minimal ash content and optimal pore ratio. Optimal pyrolysis conditions, including temperature, heating

rate, and cooling mode, have been determined. The study confirmed the prospects of using fruit seeds for the production of activated carbon with high adsorption characteristics.

**Ключевые слова:** растительное сырье, косточковые плоды, активированный уголь, пиролиз.

**Keywords:** plant raw materials, stone fruits, activated carbon, pyrolysis.

Благодарности: Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда № 25-26-00043, <https://rscf.ru/project/25-26-00043/>

Активированный уголь производится из разнообразного сырья, содержащего углерод, проявляя свойства высокоэффективного адсорбента. Научные исследования свидетельствуют о распространенной практике изготовления активированного угля путем переработки различных видов агропромышленных отходов, включая следующие материалы: скорлупа грецкого ореха, косточка абрикоса, косточка сливы, виноградные косточки, косточки вишни, миндальная скорлупа. Результаты исследований показывают широкий спектр возможных исходных материалов для производства активированного угля и создают условия для рационального использования отходов сельскохозяйственного производства [1-4].

В данной работе в качестве исходного материала использованы косточки сливы, косточки абрикоса и косточки вишни.

Косточковые плоды — это разновидность плодов, особенностью которых является наличие крупной центральной косточки, внутри которой скрыто семя [5].

Слива, абрикос и вишня относятся к одному семейству и их косточки имеют схожий химический состав. Содержание органических компонентов косточек варьируется в зависимости от сорта плода: содержание целлюлозы составляет около 37 – 44%, лигнина 18 – 32%. Одним из отличий данных косточек является масса: масса косточки сливы составляет 9 – 16% от общей массы плода; косточка абрикоса 7 – 13%; косточка вишни 2 – 5% [6-8].

Обработка косточек — это технология преобразования растительных остатков в различные продукты, включающие биоуголь и активированный уголь [9].

Переработка косточек сливы, абрикоса и вишни в активированный уголь осуществляется в несколько основных этапов. Первым этапом является подготовка сырья: косточки измельчаются до размера частиц 1 мм, измельчение осуществляется в вальцевой мельнице; сушатся в сушильной камере до влажности 10%. Следующий этап – карбонизация измельченных косточек. Карбонизация протекает без доступа кислорода при температуре 400 – 600°C. Далее материал подвергается активации горячим водяным паром при средней температуре 600°C.

Определение технических характеристик данных активированных углей, указанных в таблице 1, осуществляется по ГОСТам. Удельная поверхность активированных углей и сорбционная активность по йоду измерялись в соответствии с методиками, указанными в ГОСТ 6217-74. Определение объема пор осуществляется по методике из ГОСТ 17219-71.

Показатель зольности активированных углей установлен в соответствии с требованиями ГОСТ 55960-2014.

Таблица 1 - Сравнительные технические характеристики активированных углей из косточки сливы, абрикоса и вишни

Наименование показателей	Сырье	АУ-С	АУ-А	АУ-В
Удельная поверхность, м <sup>2</sup> /г		760	825	653
Объем пор, см <sup>2</sup> /г		0,54	0,62	0,46
Сорбционная активность по йоду, мг/г		976	1030	870
Показатель зольности, %		2,5	2,9	2

Исходя из данных таблицы, видно, что активированный уголь из косточки абрикоса показывает хорошие характеристики по большинству критериев: удельная поверхность, объем пор и сорбционная активность. Активированный уголь из косточки сливы уступает абрикосу, но остается достаточно конкурентоспособной, особенно в сорбционных характеристиках. Активированный уголь из косточки вишни демонстрирует наименьшие показатели по многим параметрам, но показывает низкий уровень зольности.

Важную роль в производстве и применении активированных углей играют типы пор, они определяют эффективность и адсорбционную способность активированного угля. Анализ размера и соотношения пор в активированных углях из сливы, абрикоса и вишни указаны в таблице 2.

Таблица 2 - Распределение пор по типам в активированном угле из косточки сливы, абрикоса и вишни

Тип пор	Сырье	АУ-С	АУ-А	АУ-В
Микропоры		65%	64%	57%
Мезопоры		26%	26%	30%
Макропоры		7%	7%	6%

Анализ данных показал, что косточки сливы и абрикоса дают активированный уголь с преобладанием микропор, что делает их наиболее подходящими для адсорбции мелких молекул. Косточка вишни предлагает хороший баланс между микропорами и мезопорами, что расширяет сферы применения активированного угля, включая адсорбцию средних и крупных молекул.

Косточки сливы, абрикоса и вишни содержат некоторое количество летучих веществ, которые могут играть роль в процессе пиролиза и карбонизации при получении активированного угля.

Средние показатели содержания летучих веществ: косточка сливы: 5–10%; косточка абрикоса: 6–12%; косточка вишни: 4–8%.

Из-за различий химических и физических характеристик представленных косточек, условия пиролиза схожи, но есть и определенные различия.

Оптимальные температуры пиролиза находятся в одном диапазоне 400 – 600°C для всех косточек. Минимальная температура пиролиза для получения качественного активированного угля из косточки сливы составляет 500°C, из косточки абрикоса - 550°C, из косточки вишни - 450°C.

Скорость разогрева при пиролизе оказывает значительное влияние на процесс и качество получаемого активированного угля. Косточка сливы и абрикоса допускает быстрый нагрев (около 10–20 °C/мин), тогда как косточка вишни лучше переносит медленный нагрев (5–10 °C/мин).

Также важную роль в процессе пиролиза играет режим охлаждения. Косточка сливы и абрикоса быстрее охлаждаются после окончания пиролиза, в то время как косточки вишни нуждаются в более плавном охлаждении для недопущения трещин и дефектов.

Проведённое исследование показало, что активированный уголь, полученный из косточек сливы, абрикоса и вишни, обладает высокими адсорбционными характеристиками и может эффективно использоваться в различных сферах. Наиболее удачными оказались результаты для активированного угля из косточек абрикоса, косточки сливы показала близкие результаты, уступая лишь незначительно по уровню сорбционной активности. Косточка вишни имела наименьшие показатели, но отличилась самой низкой зольностью и показала оптимальное соотношение микро- и мезопор, расширяя спектр адсорбируемых веществ и молекул.

### **Список литературы**

1. Методика расчета зоны активации в установке производства активированного угля / Р. Г. Сафин, Р. Р. Зиатдинов, В. Г. Сотников, Д. Г. Рябушкин // Известия высших учебных заведений. Северо-Кавказский регион. Технические науки. – 2021. – № 4(212). – С. 43-50. – DOI 10.17213/1560-3644-2021-4-43-50.
2. Конденсатор смешения для разделения пиролизных газов / Р. Г. Сафин, В. Г. Сотников, Д. Г. Рябушкин [и др.] // Деревообрабатывающая промышленность. – 2021. – № 4. – С. 84-91.
3. Энергосберегающая технология переработки древесных отходов / Р. Г. Сафин, В. Г. Сотников, И. Р. Каримов [и др.] // Эколого-ресурсосберегающие технологии в науке и технике: материалы Всероссийской научно-технической конференции, Воронеж, 19–20 октября 2021 года. – Воронеж: Воронежский государственный лесотехнический университет им. Г.Ф. Морозова, 2021. – С. 192-196. – DOI 10.34220/ERSTST2021\_192-196.

4. Обзор существующих установок для производства пиролизного топлива / В. Г. Сотников, А. Н. Загиров, Д. А. Гурьянов [и др.] // Системы. Методы. Технологии. – 2023. – № 3(59). – С. 117-122. – DOI 10.18324/2077-5415-2023-3-117-122.
5. Evert R.F., Esau K. Esau's Plant Anatomy: Meristems, Cells, and Tissues of the Plant Body: Their Structure, Function, and Development. John Wiley & Sons, 2006.
6. Palazoglu T.K., Atilgan C., Canakci M. Physical Properties of Apricot, Plum and Cherry Stones. International Agrophysics, Volume 22, Number 4, December 2008, Pages 313-318.
7. Горина В.М., Корзин В.В., Месяц Н.В., Марчук Н.Ю. Содержание химических веществ в плодах и продуктах переработки абрикоса // Труды Кубанского государственного аграрного университета. — 2018. — №73. — С. 32–35.
8. Ерёмин, Г.В. Помология, том III. Косточковые культуры. — Орёл. Издательство ВНИИСПК, 2008. — С. 5—7

## References

1. Methodology for calculating the activation zone in an activated carbon production unit / R. G. Safin, R. R. Ziatdinov, V. G. Sotnikov, D. G. Ryabushkin // News of higher educational institutions. North Caucasus region. Technical sciences. - 2021. - No. 4 (212). - P. 43-50. - DOI 10.17213 / 1560-3644-2021-4-43-50.
2. Mixing condenser for separating pyrolysis gases / R. G. Safin, V. G. Sotnikov, D. G. Ryabushkin [et al.] // Woodworking industry. - 2021. - No. 4. - P. 84-91.
3. Energy-saving technology for processing wood waste / R. G. Safin, V. G. Sotnikov, I. R. Karimov [et al.] // Ecological and resource-saving technologies in science and technology: Proceedings of the All-Russian Scientific and Technical Conference, Voronezh, October 19–20, 2021. - Voronezh: Voronezh State Forest Engineering University named after G. F. Morozov, 2021. - Pp. 192-196. - DOI 10.34220/ERSTST2021\_192-196.
4. Review of existing installations for the production of pyrolysis fuel / V. G. Sotnikov, A. N. Zagirov, D. A. Guryanov [et al.] // Systems. Methods. Technologies. - 2023. - No. 3 (59). - Pp. 117-122. – DOI 10.18324/2077-5415-2023-3-117-122.
5. Evert R.F., Esau K. Esau's Plant Anatomy: Meristems, Cells, and Tissues of the Planet Body: Their Structure, Function, and Development. John Wiley & Sons, 2006.
6. Palazoglu T.K., Atilgan C., Canakci M. Physical Properties of Apricot, Plug and Cherry Stones. International Agrophysics, Volume 22, Number 4, December 2008, Pages 313-318.
7. Gorina V.M., Korzin V.V., Monts N.V., Marchuk N.Yu. The content of chemicals in fruits and processed apricot products // Proceedings of the Kuban State Agrarian University. - 2018. — No. 73. — pp. 32-35.
8. Eremin, G.V. Pomology, volume III. Stone-stone crops. — The eagle. VNIISPK Publishing House, 2008. pp. 5-7

DOI: 10.58168/TBiEc2025\_349-353

УДК 330.15

## ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ КАК ОСНОВА УСТОЙЧИВОГО РАЗВИТИЯ ВОРОНЕЖСКОЙ ОБЛАСТИ

ECOLOGICAL SAFETY AS A BASIS FOR SUSTAINABLE DEVELOPMENT OF THE  
VORONEZH REGION

**Степанова Ю.Н.**, д.э.н., профессор ФГБОУ ВО «Воронежский государственный лесотехнический университет имени Г.Ф. Морозова», Воронеж, Россия.

**Вышлов С.В.**, аспирант ФГБОУ ВО «Воронежский государственный лесотехнический университет имени Г.Ф. Морозова», Воронеж, Россия.

**Stepanova Y.N.**, doctor of Economics, Professor of Voronezh State University of Forestry and Technologies named after G.F. Morozov, Voronezh, Russia.

**Vyshlov S.V.**, postgraduate student of Voronezh State University of Forestry and Technologies named after G.F. Morozov, Voronezh, Russia.

**Аннотация:** экологическая безопасность является частью национальной стратегической безопасности страны и играет важную роль в обеспечении сохранности окружающей среды и формировании условий рационального использования природных ресурсов. Обеспечить экологическую безопасность территории возможно путем реализации мероприятий, направленных на снижение антропогенного воздействия на окружающую среду. На территории Воронежской области подобным мероприятием является реализация регионального климатического проекта «Зеленый регион», направленного на сохранение природной экосистемы путем лесовосстановления.

**Abstract:** environmental safety, being part of the country's national strategic security, plays an important role in ensuring the safety of the environment and creating conditions for the rational use of natural resources. It is possible to ensure the environmental safety of the territory by implementing measures aimed at reducing the anthropogenic impact on the environment. On the territory of the Voronezh region, a similar event is the implementation of the regional climate project «Green Belt», aimed at preserving the natural ecosystem through reforestation.

**Ключевые слова:** экологическая безопасность, устойчивое развитие, окружающая среда.

**Keywords:** environmental safety, sustainable development, environment.

Современная ситуация, обусловленная мировой климатической повесткой, в последние десятилетие 21 века наглядно демонстрирует разнообразные природные катастрофы, такие как наводнения, лесные пожары, засухи, что актуализирует обеспечение экологической безопасности России в рамках общей стратегии обеспечения национальной безопасности. Параллельно с климатическим влиянием современные мировые условия

хозяйствования, задают вектор на развитие низкоуглеродной экономики и заставляют искать новые пути решения экологических проблем. Эти решения лежат не только в плоскости сохранения природных экосистем, но и в плоскости создания низкоуглеродных решений, способных повысить конкурентоспособность национальной экономики в разрезе конкретных территорий.

Экологический рейтинг, отражающий оценку реализации экологической политики в стране и политику в сфере устойчивого развития представлен на рисунке 1.

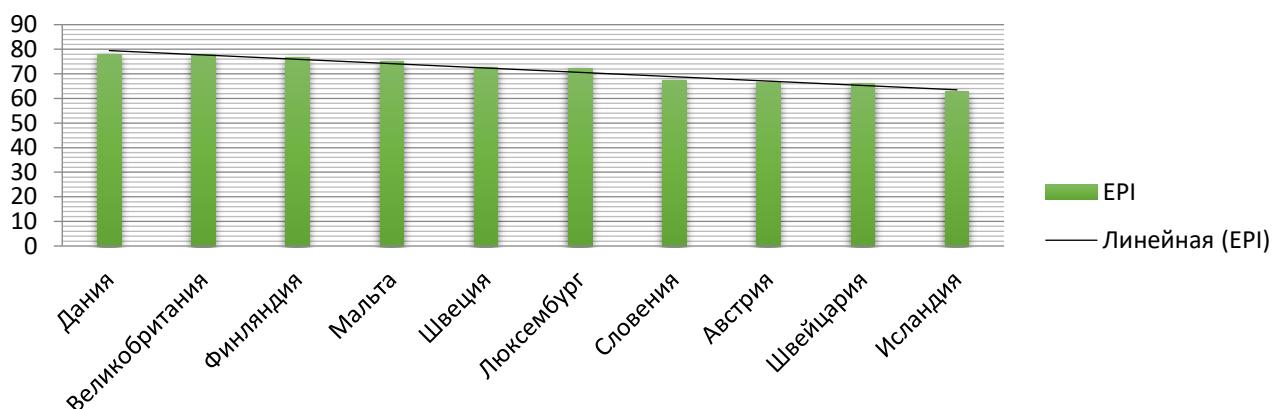


Рисунок 1 – Рейтинг экологических стран в мире (EPI 2024)

Международный рейтинг (EPI- Environmental Performance Index) публикуется один раз в два года и отражает количественную оценку и сравнительный анализ показателей экологической политики стран. По итогам, EPI страны можно ранжировать по двум категориям, а именно: жизнеспособность экосистемы и экологическое здоровье [1]. Разработчик индекса – Центр экологического права и политики Йельского университета. Расчет индекса EPI включает в себя 32 показателя и отражает состояние окружающей среды, наличие твердых частиц в воздухе и воде, состояние водно-болотных ресурсов. Методика расчета индекса EPI заключается в суммарном значении баллов, которые присваиваются экспертами в области экологии и смежных отраслях по алгоритму от 0 (худший) балл до 100 (лучший) балл. Рейтинговая оценка EPI является основой для принятия решений в области экологической политики стран.

По итогам 2022 года самой экологически дружественной страной в мире стала Дания с показателем рейтинга EPI равным 77,9. Это означает, что страна относится к числу зеленых стран, реализующих политику и практику в области минимизации вреда экосистемам и окружающей среде. Результат получен благодаря последовательной политики Дании, реализуемой начиная с 1970 годов и направленной на баланс интересов промышленности и природы. Сегодня, правительством Дании реализуются проекты по сбережению энергетических ресурсов, внедрению инновационных технологий, использованию эко-транспорта, качественной утилизации отходов. По результатам EPI Россия занимает 112 место (2024 год).

Оценку регионального уровня экологической безопасности, принято проводить по методике общероссийской общественной организации «Зелёный патруль», которая начиная с 2007 года формирует национальный экологический рейтинг путем расчета 21 показателя по трем совокупным индексам: «природа» - Ин.ПО, «общество» - Ин.СЭк, «хозяйство» - Ин.ПрЭк.

По итогам 2024 гг., десятку лидеров экологически безопасных регионов составили: Тамбовская область, Белгородская область, Республика Алтай, Курская область, город Москва, Чеченская Республика, Чувашская Республика, Калужская область, Чукотский АО, Костромская область [2]. Воронежская область занимает 63 место с динамикой потери - 3 позиции по сравнению с 2023 годом (табл. 1).

Таблица 1 – Национальный экологический рейтинг, 2024 год

№	Регион РФ	Ин.ПО	Ин.ПрЭк	Ин.СЭк	Ин.ЭК
1.	Тамбовская область	78/22	88/12	72/28	81/19
2.	Белгородская область	72/28	89/11	72/28	81/19
3.	Республика Алтай	77/23	90/10	52/48	79/21
4.	Курская область	74/26	88/12	61/39	77/23
5.	г. Москва	40/60	90/10	76/24	77/23
6.	Чувашская Республика	67/33	89/11	59/41	77/23
7.	Чеченская Республика	69/31	89/11	52/48	76/24
8.	Чукотский АО	57/43	87/13	70/30	76/24
9...	Калужская область	67/33	86/14	70/30	76/24
63.	Воронежская область	53/47	80/20	45/55	65/35

Анализ совокупного экологического индекса Воронежской области показывает, что регион имеет низкое значение природоохранного индекса (Ин.ПО) [3]. В части повышения данного индекса на территории Воронежской области реализуется региональный климатический проект по лесовосстановлению «Зеленый регион» [4].

Первый этап климатического проекта реализуется на территории Семилукского, Острогожского, Подгоренского, Хохольского, Рамонского и Нижнедевицкого районов. На площади более 50 гектар планируется высадить более 150 сеянцев сосны, березы и акации [5]. Проект реализуется при поддержки социально ответственного бизнеса, ведущего деятельность на территории Воронежской области: АО «Концерн Росэнергоатом» Нововоронежская АЭС, ООО «Стройсантехмонтаж».

Реализуемый на территории Воронежской области климатический проект «Зеленый регион» направлен на улучшение экологической безопасности региона путем мероприятий по облесению эрозионно-опасных участков, деградированных и малопродуктивных угодий, водоохраных зон; озеленения и ландшафтного благоустройства прилегающих территорий к объектам дорожной и придорожной инфраструктуры; создания и обустройства рекреационных

зон по берегам рек и водохранилищ; рекультивации территорий после техногенных нарушений и эрозии почв; создания углерододепонирующих насаждений для увеличения поглощения парниковых газов.

### **Список литературы**

1. Булгакова Л.С. Административно-правовые аспекты обеспечения экологической безопасности России как элемента национальной безопасности / Л.С. Булгакова // Евразийский юридический журнал. - 2021. - № 2 (153). - С. 121-122.
2. Гаджиев Н.Г. Роль и значение экологической безопасности в системе обеспечения экономической безопасности государства / Н.Г. Гаджиев, С.А. Коноваленко, М.Н. Трофимов, А.Н. Гаджиев // Юг России: экология, развитие. - 2021. - Т. 16. - № 3 (60). - С. 200-214.
3. Дорошенко К.В. Экологическая безопасность в системе национальной безопасности / К.В. Дорошенко, Г.Г. Боровик // Студенческий вестник. - 2020. - № 23-3 (121). - С. 88-89.
4. Сайкова Е.А. Экологическая безопасность региона и ее влияние на экономическую безопасность / Е.А. Сайкова, Е.С. Терновская // В сборнике: Наука XXI века: проблемы, поиски, решения. Материалы XLIII научно-практической конференции, посвященной 95-летию со дня рождения В.П. Макеева. Под редакцией Е.А. Суховой. - 2019. - С. 184-191.
5. Степанова Ю.Н. Устойчивое социо-эколого-экономическое развитие территорий в условиях борьбы с климатическими изменениями // Ю.Н. Степанова, А.О. Щербин // Управление инновационными и инвестиционными процессами и изменениями в современных условиях: сборник научных трудов по итогам VI международной научно-практической конференции. Санкт-Петербург, 26-27 октября 2023 г. – Санкт Петербург: Изд-во СПбГЭУ, 2023. – С. 445-450.

### **References**

1. Bulgakova L.S. Administrative and legal aspects of ensuring environmental safety of Russia as an element of national security / L.S. Bulgakova // Eurasian Law Journal. - 2021. - № 2 (153). - Pp. 121-122.
2. Gadzhiev N.G. The role and importance of environmental safety in the system of ensuring economic security of the state / N.G. Gadzhiev, S.A. Konovalenko, M.N. Trofimov, A.N. Gadzhiev // South of Russia: ecology, development. - 2021. - T. 16. - № 3 (60). - Pp. 200-214.
3. Doroshenko K.V. Environmental safety in the national security system / K.V. Doroshenko, G.G. Borovik // Student Bulletin. - 2020. - № 23-3 (121). - Pp. 88-89.
4. Saikova E.A. Environmental safety of the region and its impact on economic security / E.A. Saikova, E.S. Ternovskaya // In the collection: Science of the XXI century: problems,

searches, solutions. Materials of the XLIII scientific and practical conference dedicated to the 95th anniversary of the birth of V.P. Makeev. Edited by E.A. Sukhova. - 2019. - pp. 184-191.

5. Stepanova Yu.N. Sustainable socio-ecological and economic development of territories in the context of combating climate change // Yu.N. Stepanova, A.O. Shcherbin // Management of innovation and investment processes and changes in modern conditions: collection of scientific papers on the results of the VI international scientific and practical conference. St. Petersburg, October 26-27, 2023 – St. Petersburg: Publishing House of St. Petersburg State University, 2023. – pp. 445-450.

DOI: 10.58168/TBiEc2025\_354-358

УДК: 519.872.6

**ТРАНСПОРТ КАК КАРКАС ТЕРРИТОРИИ: ВЛИЯНИЕ ТРАНСПОРТНОЙ  
ИНФРАСТРУКТУРЫ НА ПРОСТРАНСТВЕННУЮ ОРГАНИЗАЦИЮ**  
**TRANSPORT AS THE FRAMEWORK OF A TERRITORY: THE IMPACT OF  
TRANSPORT INFRASTRUCTURE ON SPATIAL ORGANIZATION**

**Стородубцева Т.Н.**, д.т.н., профессор **Storodubtseva T.N.**, doctor of Technical Sciences, Head of Department, Voronezh State лесотехнический университет имени Г.Ф. University of Forestry and Technologies named after G.F. Morozov, Voronezh, Russia.

**Добрянская В.В.**, студент ФГБОУ ВО **Dobryanskaya V.V.**, student of Voronezh State «Воронежский государственный University of Forestry and Technologies named лесотехнический университет имени Г.Ф. after G.F. Morozov, Voronezh, Russia. Морозова», Воронеж, Россия.

**Китаев В.В.**, магистрант ФГБОУ ВО **Kitaev V.V.**, postgraduate student of the «Воронежский государственный FGBOU VO Voronezh State University of лесотехнический университет имени Г.Ф. Forestry and Technologies named after G.F. Morozov», Воронеж, Россия.

**Аннотация:** в статье изучено влияние транспортной сферы на территориальные аспекты и взаимосвязи, а также произведён анализ проблем, связанных с её работой, включая загрязнение окружающей среды и шумовое воздействие. Особое внимание уделено тому, что развитая транспортная инфраструктура является опорным фактором экономического роста, привлечения инвестиций и рационального использования ресурсов. В качестве решений предлагаются инновационные подходы к развитию транспортной сети, такие как использование подземного пространства, создание многоуровневых развязок, пешеходных зон и интеграция различных видов транспорта. В заключении рассматриваются варианты проектирования транспортной инфраструктуры, обеспечивающие экологическую безопасность и устойчивое развитие городов.

**Abstract:** the article is devoted to the study of the impact of the transport system on the territorial organization and interrelationships, as well as the analysis of problems related to its functioning, including environmental pollution and noise pollution. It is emphasized that a well-developed transport infrastructure is a key factor in economic growth, attracting investment and efficient use of resources. Innovative approaches to the development of the transport network are proposed as solutions, such as the use of underground space, the creation of multi-level interchanges, pedestrian zones and the integration of various modes of transport. In conclusion, the principles of designing transport infrastructure that ensure environmental safety and sustainable urban development are defined.

**Ключевые слова:** транспорт, инфраструктура, дороги, застройки, территория, экология, города, городская среда.

**Keywords:** transport, infrastructure, roads, buildings, territory, ecology, cities, urban environment.

Транспортная сеть – это не просто средство передвижения, а ключевой фактор, формирующий территорию и обеспечивающий её единство. Её структура, определяемая расположением узловых центров и соединяющих их транспортных магистралей, оказывает решающее влияние на социально-экономическое и культурное развитие. Развитая транспортная инфраструктура становится катализатором экономического роста, привлекая инвестиции, снижая транспортные издержки и расширяя доступ к рынкам. Она также определяет специализацию территории, оптимизирует использование ресурсов и повышает мобильность рабочей силы. В городах транспортная сеть является жизненно важной артерией, связывающей различные функциональные зоны, но её модернизация и адаптация к меняющимся потребностям – сложная задача [1].

В городах основной вклад в загрязнение воздуха и шумовое загрязнение вносит автомобильный транспорт. Выхлопные газы содержат вредные вещества, включая свинец, ванадий, угарный газ и диоксид азота. Шум от автомобилей на оживленных дорогах может достигать очень высоких уровней. Для улучшения экологической обстановки необходимо перенаправлять транзитный транспорт за пределы городской черты, использовать подземные пространства, строить сложные развязки и создавать зелёные насаждения [1].

Из-за высокой плотности застройки и перегруженности дорог в городах возникает потребность в использовании подземного пространства для организации движения. В крупнейших российских городах метрополитен успешно берет на себя часть пассажиропотока, снижая нагрузку на наземный транспорт. Зарубежный опыт показывает, что надземные скоростные рельсовые системы могут быть более экономичным решением, поскольку они оказывают меньшее воздействие на городскую среду и требуют меньше затрат на строительство и обслуживание, чем метро или скоростной трамвай [2].

В крупных городах для обеспечения эффективной работы транспортной системы все чаще необходимо разделять транспортные потоки по разным уровням. Это приводит к строительству сложных инженерных сооружений, таких как многоуровневые развязки, подземные тоннели и эстакады. Важную роль в снижении транспортной нагрузки на центральные районы играют объездные дороги [2].

Организация парковочного пространства представляет собой серьёзную проблему для современных городов, особенно для мегаполисов. В соответствии со СНиП 2.07.01-89, необходимо обеспечить места для хранения не менее 90 % личного автотранспорта. В условиях ограниченности городских территорий, это требует строительства многоуровневых паркингов, как надземных, так и подземных. Для оптимизации транспортной нагрузки на центральную часть города рекомендуется создание перехватывающих парковок вблизи

транспортных узлов на окраинах, что будет способствовать пересадке на общественный транспорт [3].

Для примера, можем рассмотреть загруженность парковочных мест на улицах столицы нашей большой страны – Москвы (рис.).

Проанализировав график, мы можем заметить, что в будни дни загруженность улиц огромная. Загруженность парковки приводит к загрязнению окружающей среды, следовательно надо находить новые аспекты решения проблемы.

Транспорт, который объединяет город с другими территориями – это апогей всей транспортной системы. Чтобы правильно и более рационально использовать землю в угоду окружающей среде и комфорту людей, необходимо комплексно проектировать все виды транспорта. Самым важным решением будет являться создание транспортных узлов [4].

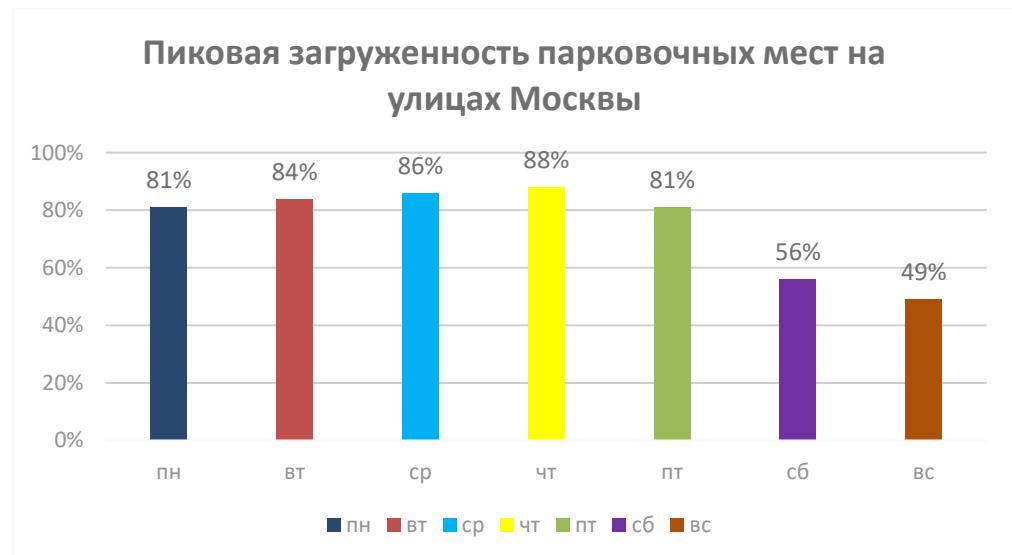


Рисунок 1 - Загруженность парковочных мест на улицах столицы нашей большой страны – Москвы

**Принципы проектирования транспортной инфраструктуры:**

**Железнодорожная инфраструктура:**

- 1) Не должна препятствовать развитию города.
- 2) Пересечения с дорогами – только разноуровневые.
- 3) Предпочтительны проходные пассажирские станции.

**Автовокзалы:**

В малых и средних городах – в центре (с интеграцией в общественные комплексы) или на окраине (с интеграцией с другими вокзалами).

В крупных городах – несколько на окраинах для разгрузки центра.

**Грузовые терминалы:**

- 1) За чертой города, рядом с промышленными зонами, ж/д станциями, портами и автомагистралями.

2) В целом, городская транспортная сеть должна быть частью региональной и национальной транспортной системы, обеспечивая непрерывную связь и логистику [5].

Аэропорты – ключевые элементы воздушного транспорта в городской среде. Это сложные комплексы, включающие инфраструктуру для взлета и посадки самолетов, управления воздушным движением, наземного обслуживания авиатехники, сервиса пассажиров, обработки багажа, грузов и почты, а также выполнения других операций, связанных с авиаперевозками [6].

Аэродромы располагаются за пределами жилых районов и зон отдыха, на достаточном удалении, чтобы гарантировать безопасность полётов и соответствие нормам по шуму и электромагнитному излучению. Размеры санитарно-защитных зон вокруг аэродромов определяются расчётным путём.

При выборе участка для аэропорта учитывается уклон местности, который должен составлять от 0,5 до 3,0 %. Планировка аэропорта во многом зависит от расположения взлётно-посадочной полосы. Важно предусмотреть большие свободные воздушные пространства, необходимые для безопасного взлёта, посадки, ожидания посадки в круговом полете, снижения и набора высоты самолётов [6].

Необходимо обеспечить удобное транспортное сообщение между городом и аэропортом. В крупных городах с аэропортами, обслуживающими более двух миллионов пассажиров в год, целесообразно создание городских аэропортовых залов. Эти терминалы, расположенные в черте города, предоставляют пассажирам услуги пред- и послеполётного обслуживания и должны быть удобно связаны с аэропортами, другими транспортными узлами и основными районами города, генерирующими пассажиропоток [6].

Таким образом, транспортная инфраструктура является фундаментом для рационального использования территории, определяя возможности для экономического развития, социальной мобильности и сохранения окружающей среды.

### **Список литературы**

1. Котляров, М. А. Транспорт в системе устойчивого городского развития. – Екатеринбург : Издательство «Альфа Принт», 2019. – Ч. 1. - 11 с.
2. Лаппо, Г.М. География городов. Учебное пособие. М.: ВЛАДОС, 1997. - 481 с.
3. СНиП 2.07.01-89\* «Градостроительство. Планировка и застройка городских и сельских поселений».
4. Ускова, Т.В. Транспортная инфраструктура как фактор развития территорий и связности экономического пространства // Проблемы развития территории. – 2021. – С. 8-20.
5. Заколюкина, Е.С. Транспортная инфраструктура региона как фактор пространственного развития территории // Проблемы развития территории. – 2023. – С. 80-85.

6. Гавриш, В. В. Экономика дорожного строительства: учеб. пособие: в 2 ч., 2013. – 348 с.

### **References**

1. Kotlyarov M. A. Transport in the system of sustainable urban development. – Yekaterinburg : Alfa Print Publishing House, 2019. Part 1. - 11c.
2. Lappo G.M. Geography of cities. Textbook. Moscow: VLADOS, 1997. - 481 p.
3. SNIP 2.07.01-89\* "Urban planning. Planning and building of urban and rural settlements".
4. Uskova T.V. Transport infrastructure as a factor of territorial development and connectivity of economic space // Problems of territorial development. - 2021. – P. 8-20.
5. Zakolyukina E.S. Transport infrastructure of the region as a factor of spatial development of the territory // Problems of territory development. - 2023. – P. 80-85.
6. Gavrish, V. V. Economics of road construction: studies. manual: in 2 hours, 2013. – 348 p.

DOI: 10.58168/TBiEc2025\_359-363

УДК: 711.4

## **ФОРМИРОВАНИЕ ЗЕЛЕНОГО КАРКАСА ТЕРРИТОРИИ: ИНТЕГРАЦИИ ЛЕСОВ В СТРУКТУРУ ГОРОДА**

**FORMATION OF A GREEN FRAMEWORK FOR THE TERRITORY: INTEGRATION  
OF FORESTS INTO THE STRUCTURE OF THE CITY**

**Стородубцева Т.Н.**, д.т.н., профессор **Storodubtseva T.N.**, doctor of Technical Sciences, Head of Department, Voronezh State лесотехнический университет имени Г.Ф. University of Forestry and Technologies named Морозова», Воронеж, Россия. after G.F. Morozov, Voronezh, Russia.

**Морковин В.А.**, к.т.н., заведующий **Morkovin V.A.**, candidate of Technical кафедрой ФГБОУ ВО «Воронежский Sciences, Head of Department Voronezh State государственный лесотехнический University of Forestry and Technologies named университет имени Г.Ф. Морозова», after G.F. Morozov, Voronezh, Russia. Воронеж, Россия.

**Терещенко В.А.**, студент ФГБОУ ВО **Tereshchenko V.A.**, student Voronezh State «Воронежский государственный University of Forestry and Technologies named лесотехнический университет имени Г.Ф. after G.F. Morozov, Voronezh, Russia. Морозова», Воронеж, Россия.

**Аннотация:** в условиях стремительной урбанизации и изменения климата актуализируется необходимость формирования устойчивой городской среды, интегрированной с природными элементами. Зелёный каркас, как система взаимосвязанных озеленённых территорий, представляет собой один из ключевых инструментов устойчивого градостроительного развития. В статье раскрываются теоретические основы и функции зелёного каркаса, рассматриваются проблемы и перспективы интеграции лесов в городскую структуру, приводится анализ российского и зарубежного опыта, а также эмпирические данные, демонстрирующие эффективность такой интеграции. Делается вывод о необходимости нормативной фиксации понятия зелёного каркаса и междисциплинарного подхода к его формированию.

**Abstract:** in the context of rapid urbanization and climate change, the need to create a sustainable urban environment integrated with natural elements is becoming more urgent. The green framework, as a system of interconnected green areas, is one of the key tools for sustainable urban development. The article reveals the theoretical foundations and functions of the green framework, examines the problems and prospects of integrating forests into the urban structure, provides an analysis of Russian and foreign experience, as well as empirical data demonstrating the effectiveness of such integration. A conclusion is made about the need for normative fixation of the concept of the green framework and an interdisciplinary approach to its formation

**Ключевые слова:** зелёный каркас, устойчивое развитие, городские леса, экология города, урбанистика, природные территории, климатическая адаптация

**Keywords:** green framework, sustainable development, urban forests, urban ecology, urban studies, natural areas, climate adaptation

Современные города сталкиваются с нарастающими вызовами, обусловленными высокой плотностью застройки, снижением качества окружающей среды, увеличением температуры воздуха и ухудшением состояния здоровья населения. Одним из наиболее эффективных решений, позволяющих смягчить последствия этих процессов, является формирование так называемого зелёного каркаса – комплексной системы природных и озеленённых территорий, функционально и пространственно интегрированных в городскую структуру. Особенную важную роль в этом процессе играют леса, обладающие выраженным климаторегулирующим и экологическим потенциалом.

Зелёный каркас представляет собой целостную систему, включающую городские леса, парки, скверы, озеленённые улицы, водно-зелёные коридоры и даже элементы вертикального озеленения [1]. Эта структура выполняет важнейшие функции, начиная от снижения уровня загрязнения воздуха, воды и почвы, до создания комфортной городской среды и повышения качества жизни населения. Интеграция лесов в такую систему позволяет добиться климатического баланса, минимизировать эффект городского теплового острова, улучшить водный режим и обеспечить стабильность экосистем. Кроме того, леса играют важную социальную и рекреационную роль, предоставляя горожанам возможность для отдыха, общения с природой и занятий спортом. Их наличие способствует снижению уровня стресса, улучшению психоэмоционального состояния и формированию привязанности к месту проживания. Таким образом, зелёный каркас приобретает не только экологическое, но и культурное, и экономическое значение, влияя на привлекательность города и его инвестиционный потенциал [2].

В международной практике можно выделить ряд успешных примеров формирования зелёного каркаса. Так, в Германии уже с 1990-х годов на государственном уровне реализуется концепция «Grüne Infrastruktur», в рамках которой крупные города, такие как Берлин, развиваются сеть зелёных связей между городскими лесами и парками. В Сингапуре создана уникальная модель «Города в саду», где леса, вертикальные сады и зелёные крыши стали обязательным элементом архитектурного облика. В Канаде, в частности в Торонто, реализуется стратегия интеграции естественных оврагов и лесных массивов в структуру города, что позволило сохранить экологическое разнообразие на урбанизированной территории [3].

И в России наблюдаются обнадеживающие результаты в этой сфере. В столице, Москве, была принята концепция экологического каркаса, которая подразумевает объединение значительных лесных и парковых территорий, например, Лосиного острова и Битцевского леса. В Казани успешно реализовали проект "Зелёный пояс", целью которого было восстановление и поддержание лесов вдоль основных дорог. В Уфе и других городах

активно поддерживаются проекты, направленные на защиту городских лесов и их интеграцию в городскую среду.

Тем не менее, воплощение идеи зелёного каркаса сопряжено с определёнными сложностями. Важной проблемой является раздробленность зелёных зон и их изолированность друг от друга, а также отсутствие целостной системы. Это обусловлено тем, что при планировке городов в приоритете часто оказывается застройка, а не сохранение природных участков. Более того, на федеральном уровне до сих пор не закреплено понятие «зелёный каркас», что затрудняет его правовую защиту и применение в документах территориального планирования. Земельный, Лесной и Градостроительный кодексы РФ не содержат единых подходов к сохранению и развитию зелёной инфраструктуры, а существующие нормы зачастую носят декларативный характер.

Кроме того, в большинстве городов отсутствует система мониторинга состояния озеленённых территорий, а уровень вовлечённости населения в процессы планирования и благоустройства остаётся низким. Недостаток финансирования, устаревшая методическая база и слабое межведомственное взаимодействие также замедляют реализацию целостного подхода.

Практическое подтверждение эффективности формирования зелёного каркаса можно найти в ряде реализованных проектов. Так, в гипотетическом пилотном городе за период с 2015 по 2025 год доля озеленённых территорий увеличилась с 12 % до 24 %. Это стало возможным благодаря внедрению схемы единого зелёного каркаса, которая включала защиту существующих городских лесов от застройки, развитие зелёных коридоров между крупными парками, а также реализацию программ по восстановлению деградированных территорий (рис. 1).

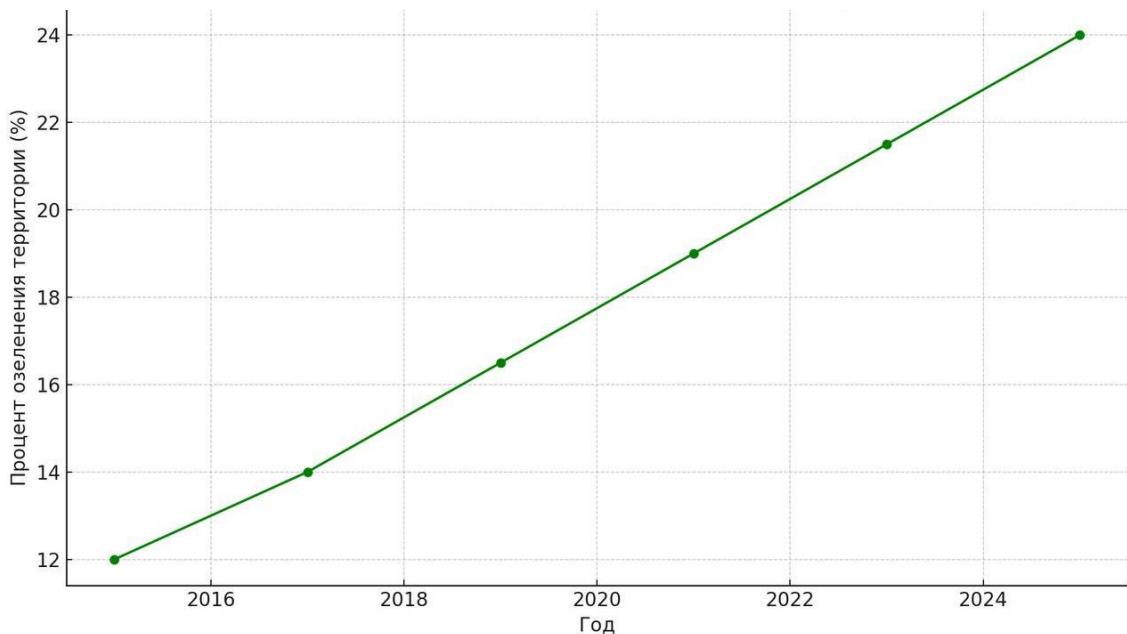


Рисунок 1 – Динамика увеличения доли зеленых насаждений в городской структуре

Уровень загрязнения воздуха при этом снизился на 18 %, а результаты социологических опросов показали рост удовлетворённости жителей качеством городской среды на 23 %. Биологическое разнообразие также продемонстрировало положительную динамику – в городской черте были зафиксированы новые виды птиц и насекомых, ранее отсутствовавшие в данной местности. Таким образом, можно говорить о высокой экологической и социальной эффективности таких программ.

Учитывая перечисленные проблемы, необходима системная трансформация подходов к городскому планированию. Прежде всего, важно закрепить понятие зелёного каркаса в законодательстве и нормативно-правовых актах. Это создаст базу для разработки региональных схем озеленения и обеспечит юридическую защиту природных территорий. Интеграция лесов должна стать обязательной частью генеральных планов и проектов комплексного развития территорий. Кроме того, следует развивать цифровые инструменты – геоинформационные системы, спутниковый мониторинг и открытые данные, которые позволяют контролировать состояние зелёных насаждений и обеспечивать прозрачность решений. Вовлечение граждан в процессы озеленения также имеет ключевое значение. Через общественные обсуждения, экологические акции, программы школьного лесничества формируется ответственное отношение к городской природе и устойчивый образ жизни [4].

Формирование зелёного каркаса с интеграцией лесов в структуру города – это не просто ландшафтная концепция, а важнейший компонент устойчивого градостроительства, направленный на сохранение природы в условиях урбанизации. Это стратегический инструмент, позволяющий обеспечить экологическую стабильность, повысить комфорт проживания и адаптировать города к климатическим изменениям. Его реализация требует междисциплинарного подхода, политической воли, нормативной поддержки и активного участия общества. Только в этом случае города смогут сохранить своё природное наследие и обеспечить достойное качество жизни будущим поколениям.

### **Список литературы**

1. Евстигнеева, Н. В. Интеграция зелёных насаждений в структуру городской территории: от концепции к практике / Н. В. Евстигнеева, И. Г. Смирнова. – М.: Издательство МГПУ, 2020. – 180 с.– Новосибирск: СибГУ, 2021. – 192 с.
2. Михайлова, В. Н. Природно-экологическое обоснование создания зеленых насаждений в городах / В. Н. Михайлова, С. В. Лебедев. - Новосибирск: Сибирский государственный университет, 2021. - 192 с.
3. Слободян, А. В. Проектирование и создание зелёных каркасов городской среды / А. В. Слободян. – Санкт-Петербург: Лань, 2020. – 156 с.
4. Шевченко, А. В. Экологическое проектирование и интеграция зелёных насаждений в структуру города / А. В. Шевченко. – М.: Градостроительство, 2021. – 186 с.

**References**

1. Evstigneeva, N. V. Integration of green spaces into the structure of the urban territory: from concept to practice / N. V. Evstigneeva, I. G. Smirnova. - M .: Publishing house of Moscow State Pedagogical Univ., 2020. - 180 p.
2. Mikhailova, V. N. Natural and ecological substantiation of the creation of green frames in cities / V. N. Mikhailova, S. V. Lebedev. - Novosibirsk: Siberian State University, 2021. - 192 p.
3. Slobodjan, A. V. Design and creation of green frames of the urban environment / A. V. Slobodjan. - St. Petersburg: Lan, 2020. - 156 p.
4. Shevchenko, A. V. Ecological design and integration of green spaces into the structure of the city / A. V. Shevchenko. – M.: Urban development, 2021. – 186 p.

DOI: 10.58168/TBiEc2025\_364-370

УДК 711.1

## ПРОБЛЕМЫ И РЕШЕНИЯ В РЕКОНСТРУКЦИИ СТАРЫХ ПРОМЫШЛЕННЫХ ЗОН

### PROBLEMS AND SOLUTIONS IN THE RECONSTRUCTION OF OLD INDUSTRIAL ZONES

**Стородубцева Т.Н.**, д.т.н., профессор **Storodubtseva T.N.**, doctor of Technical Sciences, Head of Department, Voronezh State лесотехнический университет имени University of Forestry and Technologies named Г.Ф. Морозова», Воронеж, Россия. after G.F. Morozov, Voronezh, Russia.

**Черников Э.А.**, к.т.н., доцент ФГБОУ ВО **Chernikov E.A.**, candidate of Technical «Воронежский государственный Sciences, Associate Professor Voronezh State лесотехнический университет имени University of Forestry and Technologies named Г.Ф. Морозова», Воронеж, Россия. after G.F. Morozov, Voronezh, Russia.

**Тюнин Е.С.**, студент ФГБОУ ВО **Tyunin E.S.**, student of the Voronezh State «Воронежский государственный University of Forestry and Technologies named лесотехнический университет имени after G.F. Morozov, Voronezh, Russia. Г.Ф. Морозова», Воронеж, Россия.

**Аннотация:** заброшенные промышленные территории города нуждаются в обновлении. Для их восстановления требуются инновационные подходы в архитектуре, градостроительстве и планировании. В работе рассматриваются различные стратегии ревитализации, а также основные направления преобразования городских промзон: создание жилых и общественных пространств, деловых центров, экологически чистых производств и зон отдыха с озеленением. Рассмотрены практики реконструкции промышленных зон, как в России, так и за рубежом.

**Abstract:** the abandoned industrial areas of the city need renovation. Their restoration requires innovative approaches in architecture, urban planning and planning. The paper discusses various revitalization strategies, as well as the main directions for the transformation of urban industrial areas: the creation of residential and public spaces, business centers, environmentally friendly industries and recreational areas with landscaping. The practices of reconstruction of industrial zones, both in Russia and abroad, are considered.

**Ключевые слова:** реконструкция, промышленность, ревитализация, застройка, пространство, озеленение.

**Keywords:** reconstruction, industry, revitalization, building, space, landscaping.

Проблема реконструкции промышленных зон, как правило, портящих внешний вид города, связана со всё большим увеличением городского населения и их территориальному

разрастанию, вследствие этого необходимо использовать новые архитектурно-градостроительные решения в части размещения и функционирования производственных предприятий. Возникает потребность освобождения территории или реконструкции уже не используемых производственных построек. Необходимо воспользоваться территориальными резервами города с целью улучшения благоустройства. Ревитализация может помочь в этом вопросе.

Актуальность данной проблемы связана с необходимостью создания благоприятных условий для жителей городов, предоставляя им новые территории с благоприятным для жизни окружением. Для реализации этих идей необходимо применение и разработка новых решений и технологий. Серое окружение, застроенное окружение производит на человека психологическое давление, это даёт человеку почву для создания общественного мнения относительно той среды, которую они воспринимают.

Архитектурный облик многих российских городов во многом сформировался в эпоху советской индустриализации, в период с 1930 по 1980 годы, когда активно велось масштабное строительство. В итоге, заброшенные промышленные зоны, уже оснащенные развитой инфраструктурой и транспортными сетями, оказались в наиболее выгодных, центральных районах. Учитывая дальнейший рост и развитие городских территорий, а также растущую ценность недвижимости, необходим тщательный градостроительный анализ, который следует проводить на начальных этапах планирования.

После распада СССР значительное число предприятий столкнулись с трудностями и прекратили свою деятельность. Причины этого кроются не только в изменениях политического ландшафта в России, но и в глобальном переходе от индустриальной модели к новым формам экономики. В передовых государствах крупные города претерпели существенные изменения, превращаясь в важнейшие финансовые, коммерческие, культурные и научные узлы. Подходы к обновлению промышленных территорий в различных регионах и населенных пунктах существенно различались.

В условиях стремительного расширения и роста городских территорий промышленные районы все чаще оказываются интегрированными в городскую ткань. В связи с этим, необходимо обеспечить безопасную эксплуатацию существующих предприятий, а также провести реконструкцию устаревших территорий, руководствуясь принципами энергосбережения и бережного отношения к природным ресурсам. Особую значимость имеет экологическая реабилитация этих зон, поскольку именно они являются ключевым фактором негативного воздействия на окружающую среду. Кроме того, реконструкция промышленных территорий обусловлена сменой парадигмы в развитии общества и переходом к постиндустриальной экономике.

Основные задачи в вопросе реконструкции:

1. Экологово-восстановительные работы на загрязнённых промышленных участках;
2. Расширение и модернизация транспортной инфраструктуры;

3. Изменение планировочной организации и усовершенствование территориального деления, обеспечивающее упорядоченное развитие города;
4. Улучшение внешнего облика и пространственной организации промышленных районов, находящихся в черте города.

Рассмотрим примеры реконструкции промышленных зон.

**«Хлебозавод №9».** Так, в 1933 году в Москве возле современной станции метро “Дмитровская” был построен «Хлебозавод №9 имени XVII партсъезда», который уже в 1934 году выпекал 190 тонн хлеба в сутки.

Это предприятие по выпечке хлеба представляло собой полностью автоматизированный комплекс: мука по конвейеру поступала на верхние этажи, а внизу уже производились свежие батоны и булки. Автоматизация охватывала все этапы производства, сотрудники лишь осуществляли контроль и управление оборудованием с помощью пульта. За годы существования Хлебозавод №9 подвергся нескольким этапам обновления, что негативно сказалось на его производственных возможностях. Кроме того, период простоя в 90-е годы, когда завод пытались адаптировать к системе Марсакова, привел к существенной потере позиций на рынке. Основная причина заключалась в отсутствии преемственности в методике Марсакова: не было специалистов, способных отремонтировать разработанное им оборудование, и приходилось заменять его новым. В результате финансовое состояние Хлебозавода на Новодмитровской ухудшалось. Несколько раз здание пытались продать, чтобы расплатиться с долгами по зарплате работникам, и даже начали проводить экскурсии по действующему производству. Лишь в 2015 году у предприятия появился новый владелец. Вскоре после приобретения производство было остановлено, а оборудование демонтировано.

В 2019 году, после масштабной реконструкции, на месте хлебозавода открылся культурный кластер и торгово-офисный центр «Хлебозавод». В главном здании теперь расположены магазины, кафе, офисы творческих студий, образовательные центры и жилые помещения. Вокруг комплекса создана благоустроенная зона для прогулок, где регулярно проводятся выставки, концерты и различные фестивали. Сегодня это популярное место, привлекающее посетителей на мероприятия, занятия спортом и просто для отдыха [1].

**Manufaktura в Лодзи (Польша).** В Лодзи, Польша, располагается "Мануфактура" – уникальный культурный, торговый и развлекательный центр, ставший ключевой достопримечательностью города. Здесь находится самая большая общественная площадь в Лодзи, где регулярно проводятся разнообразные культурные и спортивные события. Открытие "Мануфактуры" состоялось 17 мая 2006 года, ознаменовав завершение пятилетнего этапа планирования и последующих четырех лет активного строительства. Общая территория комплекса охватывает 27 гектаров, и в процессе создания была проведена масштабная реставрация старинного здания текстильной фабрики. Расположенная в сердце города, "Мануфактура" выросла на месте бывшего промышленного массива, основанного Израэлем Познаньским. Это место также известно благодаря съёмкам экранизации романа

Владислава Реймента "Земля обетованная", повествующего об индустриальном развитии Лодзи.

В 1835 году Кальман Познаньский вместе с годовалым сыном Израэлем перебрался в Лодзь из Александрува-Лодзинского. Кальман занимался торговлей специями и тканями на Старом рынке, где у него был свой прилавок. В то время местные предприниматели активно развивались, пользуясь растущим спросом на ткани, особенно на хлопчатобумажные, в Российской империи. Унаследовав дело отца, Израэль Познаньский не только продолжил его, но и решил значительно расширить производство. Он приобрел участки земли вокруг улицы Огородовой, где в 1872 годуозвела ткацкую фабрику. В течение следующих 25 лет предприятие превратилось в огромный комплекс, включающий ткацкие, пряильные, отбеливальные фабрики, электростанцию, отделочные и красильные цеха, склады, пожарную часть и фирменный магазин. Помимо этого, он обеспечил своих тысяч работников жильем, построил больницу, школу, общественный центр и столовую.

В 2012 году "Мануфактура" перешла в собственность немецкого инвестиционного фонда Union Investment Real Estate GmbH. Современный облик "Мануфактуры" – результат крупнейшей в Польше реконструкции, сопоставимой по масштабу с восстановлением Старого города Варшавы в 1950-х годах, после разрушений, нанесённых Второй мировой войной.

"Мануфактура" представляет собой единый ансамбль, состоящий из 13 исторических зданий и современного торгового центра. Общая площадь комплекса превышает 27 гектаров, демонстрируя гармоничное сочетание современных конструкций из стекла и алюминия с традиционной архитектурой Лодзи.

О реконструкции:

- более 2,5 тысяч рабочих были заняты реконструкцией исторических зданий и их кирпичных фасадов, а также возведением современного торгового центра;
- 45 000 м<sup>2</sup> кирпичных фасадов отремонтировано;
- отремонтированные металлические окна площадью 12 500 м<sup>2</sup>;
- возведено новых сооружений площадью 95 000 м<sup>2</sup>.

Реставрацией ценностей комплекса руководил специалист по охране природы. В общей сложности было отремонтировано 90 000 м<sup>2</sup> исторических интерьеров и посажено 600 деревьев. Стоимость проекта составила около 200 миллионов евро [2].

*Ландшафтный парк в Дуйсбурге-Майдерихе (Германия).* Парк был разработан в 1991 году компанией Latz + Partner (под руководством Питера Латца) с целью осмыслиения и сохранения индустриального наследия, а не его забвения. Его создание тесно переплетено с историей местности: здесь ранее располагались угольный и сталелитейный завод (остановившийся в 1985 году и оставивший после себя загрязнённую территорию), а до середины XIX века эти земли использовались для сельского хозяйства.

На территории парка сохранилось здание металлургического завода Thyssen в Дуйсбург-Майдерихе, где с 1901 по 1985 год выплавляли чугун. Здесь можно увидеть

разнообразное выведенное из эксплуатации промышленное оборудование, в том числе три бывших доменных печи. Парк условно разделен на несколько зон, границы которых были определены исходя из сложившихся обстоятельств – существующей дорожной сети, железнодорожных путей, а также особенностей растительности, которая начала здесь произрастать. Эта фрагментированная структура была объединена пешеходными тропами и водными путями, проложенными с учётом старых железнодорожных и канализационных систем. Несмотря на сохранение индивидуальности каждой зоны, они находятся в постоянном взаимодействии с окружающей средой. В центральной части Латц акцентировал внимание на конкретных элементах: бетонные бункеры превратились в уютные сады, старые газовые резервуары – в бассейны для дайверов, бетонные стены используются для скалолазания, а часть бывшего сталелитейного завода преобразована в площадь. В каждом из этих пространств используются приемы, позволяющие по-разному воспринимать течение времени.

Пространство спроектировано так, чтобы бывший работник завода мог вместе со своими внуками прогуляться по территории, рассказывая им о своей работе и назначении машин. Память о прошлом стала ключевым элементом в концепции Landschaftspark. Различные специалисты рассматривали, как можно использовать воспоминания для информирования посетителей, что стало характерной чертой постмодернистского подхода. [3]. Заброшенные промышленные участки, непригодные для производства, служат основой городского биоразнообразия в центральной части Рурской области и предоставляют возможности для знакомства с природой и экологического образования.

Ландшафтный парк Дуйсбург-Норд выделяется своими размерами, структурным разнообразием и богатым биоразнообразием. Растительность здесь представляет собой практически полный спектр стадий развития, от пионерных сообществ и травянистых многолетников до кустарниковых зарослей, промышленных лесов, создающих поразительное разнообразие видов. Парк по праву считается важным центром биоразнообразия в западной части Рурской области.

Кроме того, его промышленное прошлое имеет высокую экологическую ценность, поскольку способствует сохранению редких и исчезающих видов, а также поддержанию природной среды в условиях урбанизации Рурской агломерации. Огромное разнообразие видов обусловлено большим количеством различных мест обитания. Помимо техногенных почв вокруг бывшей доменной печи, агломерационной фабрики, шахты и коксовой батареи, здесь также присутствуют сельскохозяйственные земли в Ингенхаммшофе и Эмстерманнсхофе. Различия в физико-химических свойствах почв оказывают значительное влияние на видовой состав и экологию растений [4].

*Проект «Севкабель Порт» в Санкт-Петербурге.* В Санкт-Петербурге, на берегу Финского залива, преобразовался заброшенный индустриальный участок Гавани Васильевского острова, превратившись в уникальное общественное пространство. Оно соседствует с легендарным памятником советской архитектуры – Морским вокзалом.

Ключевая зона кластера простирается между водной гладью и Кожевенной линией, где примерно 20 % территории примыкает к самой воде, а производственные корпуса, сместившиеся к северу от улицы, уходят вглубь городской застройки.

Сердцем этого пространства стал участок территории завода «Севкабель» – одного из старейших кабельных предприятий России. В 1879 году его основал немецкий предприниматель Вернер Сименс как часть торгового дома «Сименс и Гальске», специализирующегося на производстве ламп, кабелей и выключателей. Эта компания первой обеспечила телеграфной связью Петербург и Москву, а также начала серийное производство радиотелеграфа, разработанного Александром Поповым.

Благодаря «Сименс и Гальске» электричеством были освещены петербургские театры, торговые залы, Невский проспект и даже Зимний дворец, по специальному распоряжению императора. После национализации в 1918 году завод получил современное название и сыграл важную роль в электрификации всего Советского Союза.

В рамках модернизации производства, «Севкабель» перенес часть мощностей в новые цеха по адресу Кожевенная, 39, высвободив 20 % своей территории для реализации масштабного культурно-делового проекта.

В числе приоритетных участников и коллaborаторов «Севкабель Порта» – разнообразные проекты, связанные с выставками, IT-сферой, рекламой, архитектурой и дизайном, а также гастрономией и образованием. Здесь также найдут место шоурумы и торговые точки, специализирующиеся на интерьерных и декоративных предметах, спортивные организации, отели, театральные коллективы и другие интересные инициативы.

Официальное открытие «Севкабель Порт» состоялось в сентябре 2018 года, однако первые посетители смогли оценить обновленное пространство уже в июне 2017 года, вскоре после начала реконструкции.

Работа по улучшению и развитию территории продолжается непрерывно. На каждом этапе проводятся реставрационные работы промышленных зданий, их приспособление к современным нуждам и создание площадок для проведения культурных событий.

Некоторые факты о нём: 3,2 гектара – общая площадь Севкабель Порта; 5 зданий бывшего завода обрели новую жизнь; 200 метров – протяженность обновленной набережной; 36 часов – самое продолжительное мероприятие в Севкабель Порту.

Анализ успешных примеров реконструкции бывших промышленных зон в России и за рубежом, демонстрирующий создание на их месте многофункциональных объектов, позволяет выделить основные тенденции и подходы. Изучение архитектурных решений, методов реализации и влияния таких проектов на городскую среду может послужить ценным опытом для других населенных пунктов, столкнувшихся с подобными задачами. Окончательное решение о выборе стратегии ревитализации заброшенных промзон, безусловно, зависит от приоритетов местных органов власти и учета потребностей жителей.

## Список литературы

1. Барыкин К. К., Коваленко М. А. Хлебозавод № 9 // Каравай от А до Я. – 2-е изд., доп. – М.: Новый ключ, 2005. – 160 с.
2. Cudny, Waldemar (2016). «Мануфактура в Лодзи, Польша: пример фестивальной ярмарки». Norsk Geografisk Tidsskrift – Норвежский географический журнал. **70** (5): 276–291.
3. Diedrich, Lisa. «Без политики, без парка: модель Дуйсбург-Норд». Topos: журнал о европейских ландшафтах, № 26 (1999): С. 69–78.
4. Leppert, Stefan. «Peter Lutz: Ландшафтный парк Дуйсбург-Норд, Германия». Domus, № 802 (1998): С. 32–37.
5. Балабанова, Ю. П., Будкевич, Н. М. Анализ опыта реновации и развития постпромышленных территорий в исторических городах // Известия Казанского государственного архитектурно-строительного университета. - 2018. - № 1. - С. 19–27.

## References

1. Barykin K. K., Kovalenko M. A. Bakery No. 9 // Loaf from A to Z. 2nd ed., supplement - M.: Novy klyuch, 2005. – p. 140. – 160 p.
2. Cudny, Waldemar (2016). "Manufactory in Lodz, Poland: an example of a festival fair". Norsk Geografisk Tidsskrift is a Norwegian geographical magazine. 70 (5): 276-291.
3. Diedrich, Lisa. "No politics, no park: the Duisburg-Nord model". Topos: a magazine about European landscapes, № 26 (1999): 69-78.
4. Leppert, Stefan. "Peter Lutz: Duisburg-Nord Landscape Park, Germany". Domus, № 802 (1998): 32-37.
5. Balabanova, Yu. P., Budkevich, N. M. Analysis of the experience of renovation and development of post-industrial territories in historical cities / Yu. P. Balabanova, N. M. Budkevich // Proceedings of the Kazan State University of Architecture and Civil Engineering. - 2018. - No. 1. - pp. 19-27.

DOI: 10.58168/TBiEc2025\_371-376

УДК 712.25(1-191)

## ГЕНЕРАЦИЯ ОБЩЕСТВЕННЫХ ПРОСТРАНСТВ: РОЛЬ ПАРКОВ И СКВЕРОВ В ГОРОДСКОЙ СРЕДЕ

PUBLIC SPACE GENERATION: THE ROLE OF PARKS AND SQUARES IN THE URBAN  
ENVIRONMENT

**Стородубцева Т.Н.**, д.т.н., профессор **Storodubtseva T.N.**, doctor of Technical Sciences, Head of Department, Voronezh State лесотехнический университет имени Г.Ф. University of Forestry and Technologies named after G.F. Morozov, Voronezh, Russia.

**Дровникова М.А.**, студент ФГБОУ ВО **Drovnikova M.A.**, student of the Voronezh «Воронежский государственный» State University of Forestry and Technologies лесотехнический университет имени Г.Ф. named after G.F. Morozov, Voronezh, Russia. Морозова», Воронеж, Россия.

**Шакирова О.И.**, ст. преподаватель ФГБОУ **Shakirova O.I.**, senior lecturer Voronezh State ВО «Воронежский государственный» University of Forestry and Technologies лесотехнический университет имени Г. Ф. named after G.F. Morozov, Voronezh, Russia. Морозова», Воронеж, Россия.

**Аннотация:** в данной статье рассмотрена история парков и скверов, как они преображались со временем. В статье приведенные разные стили парков и скверов. Так же представлено как парки и скверы хорошо влияют на людей. Парки и скверы благополучно влияют на здоровье человека и на окружающую среду. В статье рассматривается особенности проектов парков и скверов, то, что имеются различия и свои правила в строительстве и благоустройстве. Рассматривается пример парка в городе Губкин Белгородской области, история парка и интересные факты о нём. В заключение приведена диаграмма «как часто люди приходят на прогулку парк или сквер».

**Abstract:** this article examined the history of parks and squares, as they have been transformed over time. The article describes different styles of parks and squares. It also shows how parks and squares have a good effect on people. Parks and squares have a beneficial effect on human health and the environment. The article examines the features of park and garden projects, the fact that there are differences and their own rules in construction and landscaping. An example of a park in the city of Gubkin, Belgorod region, the history of the park and interesting facts about it are considered. In conclusion, the diagram shows «how often people come for a walk in the park or square».

**Ключевые слова:** парк, сквер, здоровье, удобство, дизайн, озеленение.

**Keywords:** park, square, health, convenience, design, landscaping.

История садово-паркового искусства. Садовое и парковое искусство берет свои корни в глубокой древности, когда первые люди, обустраивая свои жилища и защищаясь от опасностей, создавали первые элементы ландшафтного дизайна [1]. Основные этапы и направления в развитии садово-паркового искусства: период античности, средневековье, ренессанс, барокко, романтизм, эклектизм, модернизм. Первые упоминания о садах на Руси датируются 17 веков. В то время сады были привилегией князей, располагаясь исключительно в их усадьбах. Со временем эта традиция распространялась, и сады стали неотъемлемой частью монастырских комплексов, территорий вокруг храмов и богатых поместий. С середины 19 века, наряду с частными владениями, стали создаваться общедоступные парки [1].

Парки и скверы в городах являются важным фактором, определяющим здоровье и благополучие горожан [2]. Вот некоторые ключевые аспекты этого влияния:

1. Для физического здоровья, в парках могут быть велодорожки и беговые, так же тренажеры.
2. Для психического здоровья, парки обеспечивают спокойную обстановку для расслабления и восстановление сил [2].
3. Для социального здоровья, парки и скверы способствуют развитию социальных отношений и интеграции сообщества.
4. Для экологической обстановки, парки и скверы улучшают качество воздуха, поглощают вредные вещества [2].

Некоторые положительные эффекты зелёных зон на здоровье: улучшение экологической обстановки, повышение качества воздуха, снижение уровня шума, создание приятной и комфортной атмосферы, стимулирование физической активности, снижение распространённости некоторых заболеваний [3]. Парки и скверы являются важными элементами экологической инфраструктуры города, обеспечивая ряд положительных эффектов для окружающей среды [4]. Вот некоторые преимущества: снижение загрязнённости воздуха, поглощение ультрафиолетовых лучей, утилизация зелёных отходов, сохранение биоразнообразия, снижение температуры воздуха [4].

Проектирование общественных пространств. При проектировании скверов и других общественных пространств в рамках современного строительства необходимо учитывать множество нормативных требований. 87 постановление правительства является одним из важнейших документов, определяющих основные принципы и стандарты, которым должны соответствовать проекты [5]. Проектирование сквера представляет собой комплексную задачу, включающую в себя последовательность этапов от предварительного анализа территории до непосредственной реализации проектных решений. При этом ключевым фактором является сбалансированное сочетание функциональных и эстетических характеристик, обеспечивающее комфортное и приятное использование созданного пространства [5].

Проектирование парковых зон представляет собой комплексный процесс, направленный на создание функционально и эстетически привлекательного пространства для рекреации и досуга. Первостепенное значением имеется разработка ландшафтной концепции, реализуемой в ландшафтном или регулярном стиле, а также функциональное зонирование территории. Данные мероприятия необходимы для формирования уникальной атмосферы, способствующей привлечению посетителей [6]. При проектировании парка приоритетом является создание удобной сети дорожек и тропинок, обеспечивающих комфортное перемещение и легкую навигацию. Внимание к деталям дизайна и функциональности необходимо для создания привлекательного и гармоничного общественного пространства [6]. Профессиональный дизайн парка предполагается интеграцию различных элементов, таких как зеленые насаждения, игровые и спортивные зоны, цветник, водные объекты, для создания гармоничной и привлекательной атмосферы [6]. При планировании парка важно помнить о нескольких ключевых моментах:

1. Зонирование. Пространство парка следует разделить на отдельных участки, каждый из которых будет выполнять свою функцию. Это может быть зона для спокойного отдыха, спортивная площадка, детская игровая зона и другие [6].

2. Озеленение. Для создания комфортной и экологичной среды необходимо уделить особое внимание посадке деревьев, кустарников и других растений [6].

Пример парка. Хочу привести в пример парк в городе Губкин Белгородской области, который включает в себя сразу 3 истории, и, следовательно, 3 парка, в него входит старый парк, пруд и долина ручья [7].

Старый парк Губкина – идеальная отправная точка для путешествия по историческим местам города. Его история тесно переплетена с судьбой усадьбы Коробковых. В середине 18 века на этих землях обосновалась помещичья семья, выкупившая пять дворов с землей на берегу реки Осколец. Они привезли сюда крестьян, и так появилось село, получившее название Коробково [7].

В конце 1800-х городов семья Коробковых обустроила вокруг своего имения парк. В нём были проложены тенистых аллеи, где росли липы, клёны, дубы, серебристые ивы и хвойные деревья, а вдоль дорожек стояли скамейки для отдыха. На прилегающей к дому низине были созданы два искусственных пруда с укреплёнными берегами: один предназначался для купания, а другой – для разведения рыбы [7].

К сожалению, в годы Великой Отечественной войны, в 1943 году, большая часть этого парка была уничтожена при прокладке железнодорожной ветки Старый Оскол – Сараевка. До наших дней от былого великолепия сохранились лишь единичные деревья, выросшие из старых корней [7].

С 1950-х годов парк активно развивался, став излюбленным местом отдыха горожан. Проявились аттракционы для детей, летних кинотеатров и лодочная станция, предлагая разнообразные возможности для проведения досуга [8].

В 2009 году пруд был значительно обновлен: здесь построили причал с ротондой, открыли современную лодочную станцию, запустили фонтан и заселили пруд рыбой.

При выходе из парка посетителей встречает «поляна сказок» с большими, объёмными клумбами. Скульптуры слонов, идущих вдоль пересохшего ручья с мостиком, медведи на дереве и павлин с роскошным цветочным хвостом – эти яркие композиции стали символом Губкина [8].

Долина ручья - некоторые факты о зоне.

Строительство, начатое весной 2022 года, завершилось в мае 2023.

Проект занимает территорию площадью около 6,5 гектаров, простираются от городского пруда до автомобильной эстакады.

Проект благоустройства городской среды был признан лучшим на федеральном уровне и получил поддержку в рамках соответствующего конкурса. При строительстве обновили значимое для города историческое место – стадион «Труд».

Был создан единый пешеходный маршрут, соединяющий долину ручья и пруд. Экотропа, выполненная из дерева, включает в себя балконы, нависающие над водой.

Парк радует посетителей широким спектром развлечений: от концертов и фестивалей до ярмарок и познавательных мастер-классов.

20 мая 2023 года, в день открытия рекреационной зоны, произошло знаменательное событие: была зафиксирована самая длинная в России эстафета рукопожатий, что стало новым рекордом страны.

**Заключение.** Следовательно, генерация общественных пространств, такие как парки и скверы, оказывает значительное влияние на формирование устойчивой и комфортной городской среды. Данные пространства не только выполняют рекреационную функцию, но и способствуют улучшению экологических показателей, повышению качества жизни населения и укреплению социальных связей, являясь важным элементом городской инфраструктуры. При создании общественных пространств необходимо уделять первостепенное внимание запросам и образу жизни местных жителей, а также учитывать их культурное наследие и особенности окружающей среды. Включение зеленых насаждений в городскую планировку приносит пользу не только с точки зрения красоты, но и положительное влияет на здоровье горожан, уменьшает уровень тревожности и повышает общее ощущение благополучия. В заключение, следует отметить, что планомерное и всеобъемлющее развитие парковых и рекреационных зон является неотъемлемым условием для формирования сбалансированной и устойчивой городской среды, обеспечивающей возможности для отдыха, социального взаимодействия и творческого самовыражения всех горожан (рис. 1).

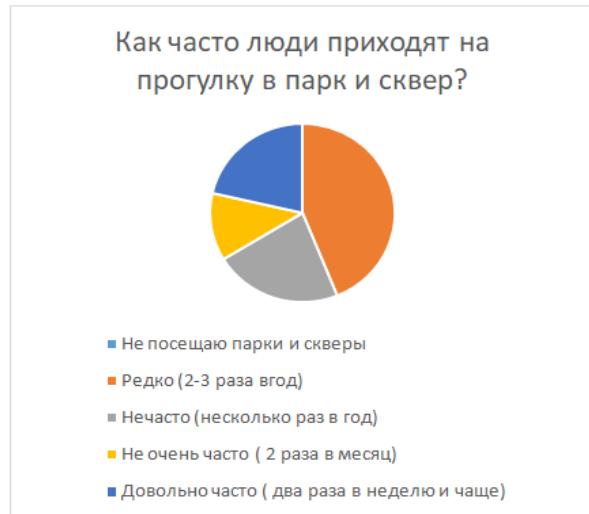


Рисунок 1 – Как часто люди приходят на прогулку в парк

Был проведен опрос у людей, как часто они посещают парки и скверы. Вывод по опросу показал, что большая часть людей редко посещают парки и скверы их составило 43 %, а люди, которые посещают часто составило 21 %.

### **Список литературы**

1. Кузнецова, М. Ю. Парки и скверы: от античности до современности / М. Ю. Кузнецова. – Санкт-Петербург: Издательство РГУ, 2019. – 320 с.
2. Тзуллас, К., Корпела, К., Венн, С., Иленик, Я., Фрай, Г. Продвижение экосистем и здоровья человека в городских районах с помощью зеленой инфраструктуры: Обзор литературы / К. Тзуллас и др. // Ландшафтное и городское планирование. – 2007. – Т. 81, № 3. – С. 167-178.
3. Линдхаген, А., Хагергалл, К. Роль городских зеленых пространств в устойчивом городе / А. Линдхаген, К. Хагергалл // Устойчивые города и общество. – 2013. – Т. 8. – С. 36-44.
4. Куо, Ф. Э., Салливан, У. С. Окружающая среда и преступность в центре города: Уменьшает ли растительность уровень преступности? / Ф. Э. Куо, У. С. Салливан // Окружающая среда и поведение. – 2001. – Т. 33, № 3. – С. 343-367.
5. Баранов, А. В. Проектирование городских скверов / А. В. Баранов. – Москва: Архитектура-С, 2020. – 180 с.
6. Баранов, А. В. Проектирование парков и зеленых зон / А. В. Баранов. – Москва: Архитектура-С, 2021. – 210 с.
7. Городской парк культуры и отдыха – URL: <https://belregion.ru/region/pano/gubkin/gorodskoy-park-kultury-iotdykha.htm> (дата обращения 27.04.2025)

8. Было – стало: как изменился Губкин за 83-летнюю историю (часть 1) (ред. от 17.09.2022) – URL: <https://gubkin.city/news/society/160274/>(дата обращения 27.04.2025)

### References

1. Kuznetsova, M. Yu. Parks and squares: from antiquity to modern times / M. Yu. Kuznetsova. - St. Petersburg: RSU Publishing House, 2019. - 320 p.
2. Zullas, K., Korpela, K., Ven, S., Ilenik, Ya., Fry, G. Promoting ecosystems and human health in urban areas through green infrastructure: A literature review / K. Tzillas et al. // Landscape and urban Planning. - 2007. – Vol. 81, No. 3. – pp. 167-178.
3. Lindhagen, A., Hagergall, K. The role of urban green spaces in a sustainable city / A. Lindhagen, K. Hagergall // Sustainable cities and society. - 2013. – Vol. 8. – pp. 36-44.
4. Kuo, F. E., Sullivan, U. S. Environment and crime in the city center: Does vegetation reduce crime? / F. E. Kuo, W. S. Sullivan // Environment and behavior. - 2001. – Vol. 33, No. 3. – pp. 343-367.
5. Baranov, A. V. Design of city squares / A. V. Baranov. - Moscow: Architecture-S, 2020. - 180 p.
6. Baranov, A. V. Design of parks and green areas / A. V. Baranov. - Moscow: Architecture-S, 2021. - 210 p.
7. City Park of Culture and Recreation – URL: <https://belregion.ru/region/pano/gubkin/gorodskoy-park-kultury-iotdykha.htm> (accessed 04/27/2025)
8. It was – it became: how Gubkin has changed in its 83-year history (part 1) (ed. from 09/17/2022) – URL: <https://gubkin.city/news/society/160274/> (accessed 04/27/2025)

DOI: 10.58168/TBiEc2025\_377-382

УДК 678.816.2

**ДРЕВЕСНО-ПОЛИМЕРНЫЕ КОМПОЗИТЫ: ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ОТХОДОВ  
ДЕРЕВООБРАБОТКИ ДЛЯ СОЗДАНИЯ ПРОЧНЫХ И ДОЛГОВЕЧНЫХ  
МАТЕРИАЛОВ ДЛЯ МЕБЕЛИ И СТРОИТЕЛЬСТВА**  
**WOOD-POLYMER COMPOSITES: WASTE MANAGEMENT WOODWORKING  
TO CREATE STRONG AND DURABLE MATERIALS FOR FURNITURE AND  
CONSTRUCTION**

**Стородубцева Т.Н.**, д.т.н., профессор **Storodubtseva T.N.**, doctor of Technical Sciences, Head of Department, Voronezh State лесотехнический университет имени University of Forestry and Technologies named Г.Ф. Морозова», Воронеж, Россия. after G.F. Morozov, Voronezh, Russia.

**Пономарева К.А.**, студент ФГБОУ ВО **Ponomareva K.A.**, student, Voronezh State «Воронежский государственный Universityof Forestry and Technologies named лесотехнический университет имени after G.F. Morozov, Voronezh, Russia. Г.Ф. Морозова», Воронеж, Россия.

**Довгаль В.А.**, магистрант ФГБОУ ВО **Dovgal V.A.**, postgraduate student of the «Воронежский государственный FGBOU VO Voronezh State University of лесотехнический университет имени Forestry and Technologies named after Г.Ф. Морозова», Воронеж, Россия. G.F. Morozov, Voronezh, Russia.

**Аннотация:** данное исследование посвящено древесно-полимерным композитам (ДПК) – материалам, обладающим множеством преимуществ, такими как использование отходов деревообработки, высокая прочность и стойкость к воздействиям окружающей среды. В работе проводится анализ составных частей ДПК и приводятся примеры их применения в мебельной промышленности и строительстве.

**Abstract:** This study focuses on wood-polymer composites (WPC), materials that offer numerous advantages, such as the utilization of woodworking waste, high strength, and resistance to environmental influences. The paper analyzes the components of WPC and examines examples of their applications in the furniture industry and construction.

**Ключевые слова:** древесно-полимерные композиты (ДПК), древесные отходы, полимерные отходы, производство ДПК, применение ДПК, теплоизоляционный материал, композиционный материал, экологические материалы.

**Keywords:** wood-polymer composites (WPC), wood waste, polymer waste, WPC production, WPC application, thermal insulation material, composite material, eco-friendly materials.

Композиты на основе древесины и полимеров (ДПК) – это современные материалы, получаемые путем перемешивания древесной муки или волокон с полимерными компонентами. Их обширное применение в строительстве и мебельном деле обусловлено превосходными свойствами: высокой прочностью, длительным сроком службы, способностью противостоять воздействию влаги, температуры и насекомых-вредителей [1].

С экологической стороны, применение ДПК является оправданным, поскольку дает возможность утилизировать ненужные отходы деревообработки. Так, например, опилки и стружка, которые обычно отправлялись на утилизацию, теперь используются в качестве полезного сырья для изготовления ДПК. Такой подход не только сокращает объемы отходов, но и снижает потребность в заготовке древесины, что положительно влияет на сохранение лесных ресурсов [2].

ДПК показывает хорошую устойчивость к окружающей среде, так же защита от УФ-излучения, стойкость к колебанию температур и влажности. Это гарантирует стабильность характеристик изделий из ДПК при эксплуатации в разных условиях, как внутри помещений, так и на открытом воздухе. Современные технологии производства ДПК позволяют создавать изделия с разнообразной геометрией и текстурой, что обуславливает их широкое использование в различных сферах, от изготовления мебели до архитектурных элементов, с возможностью адаптации под специфические требования и дизайнерские решения [3].

Введение в область древесно-полимерных композитов открывает внушительные перспективы для переработки отходов деревообработки, обеспечивая производство прочных и долговечных материалов. Это делает метод не только экологически эффективным, но и стратегически важным для развития мебельной и строительной индустрий [4].

Процесс производства ДПК начинается с комбинирования древесной стружки или опилок с полимерными смолами в особых пропорциях. Это позволяет создать однородную массу, которая затем подвергается экструзии или прессованию под высоким давлением и температурой. Одним из главных преимуществ технологии изготовления ДПК является возможность контроля структуры материала, что открывает возможность производства изделий с различными показателями прочности, влагостойкости и внешнего вида. Процесс формования позволяет получать изделия разнообразных форм и размеров с минимальными отходами [5].

В современном строительстве активно внедряются различные виды конструкционных древесно-композиционных материалов, среди которых щепоцементные стеновые блоки (известные как арболит и дюрисол), цементно-стружечные плиты (ЦСП), гипсостружечные плиты (ГСП), ориентированно-стружечные плиты (ОСП) и брусы из клееного шпона (такие как брусы LVL, PSL, OSL и балки EuroPly) [6].

1. Щепоцементные блоки — это хвойная щепа, соединенная цементом и минеральными добавками, изготовленная с помощью вибропрессового метода. Этот материал, известный как арболит, активно используется в строительстве низкоэтажных объектов. Что касается дюрисола, то он служит в качестве несъемной опалубки при

монолитном строительстве и позволяет возводить здания высотой до четырех и более этажей.

2. Цементно-стружечные плиты (ЦСП) – это современные композитные материалы, состоящие на 90 % из мелкой древесной стружки хвойных пород, портландцемента, добавок химического характера и воды. Эти плиты обладают высокой прочностью, огнеупорностью, влагостойкостью и биостойкостью, что делает их универсальными для самых разных строительных задач. ЦСП применяются как конструкционные элементы, теплоизоляционные материалы, а также для отделки фасадов и внутренних помещений. Они также используются в производстве сэндвич-панелей для каркасных домов, фасадных термопанелей, многослойных конструкций и сборных стяжек для плоских кровель. В дополнение, ЦСП применяются как несъемная опалубка и для укладки садовых дорожек.

3. Ориентированно-стружечные плиты (ОСП) – это многослойные панели, которые производятся из древесной стружки, склеенной смолами, воском и борной кислотой. Эти плиты отличаются высокой прочностью, стабильностью размеров и устойчивостью к механическим повреждениям. ОСП используются в несущих и ограждающих конструкциях, в производстве сэндвич- и СИП-панелей, а также для обшивки стен, обрешётки кровли и создания перекрытий.

4. Брус из клееного шпона (LVL, от английского Laminated Veneer Lumber) представляет собой строительный материал, изготовленный из тонких слоев шпона хвойных пород (до 3 мм) с параллельным расположением волокон. Эти слои склеиваются высококачественными kleями, создавая прочный и долговечный брус. LVL обладает высокой прочностью на изгиб и растяжение, что делает его идеальным для использования в монолитном и малоэтажном строительстве. Он применяется для изготовления стеновых панелей, опалубки, настила под полы, кровельных элементов, перегородок и многих других строительных конструкций.

Что касается теплоизоляционных материалов на основе древесных отходов, выделяются древесно-полимерные композиты (ДПК), мягкие древесноволокнистые плиты (МДВП), древесные ваты, фибролит и другие композитные материалы. Эти продукты характеризуются уникальными физико-механическими свойствами, что делает их популярными в строительной индустрии [7, 8].

Щепоцементные стеновые блоки (арболит, дюрисол) на 80–90 % состоят из крупной щепы хвойных пород деревьев, обработанной минеральными добавками и скреплённой портландцементом (M400, M500). Для производства используется метод холодного вибропрессования с последующей сушкой в естественных условиях. Арболит представляет собой полнотелые щепоцементные блоки и стеновые панели, которые используются для возведения малоэтажных зданий. «Дюрисол» – это щепоцементные стеновые блоки, которые играют роль несъёмной опалубки при строительстве. Щепоцементная опалубка Durisol предназначена для монолитного строительства, включая возведение несущих стен и перегородок домов высотой до 4 и более этажей.

Цементно-стружечные плиты (ЦСП) - это инновационный композитный материал, состоящий из мелкой древесной стружки хвойных пород (до 90 % объема), портландцемента, химических добавок и воды. В древесный наполнитель вводятся связующие компоненты, обеспечивающие заданные эксплуатационные свойства конечного изделия. Технология производства ДВП включает начальное измельчение древесного сырья с последующим разделением на отдельные волокна. В зависимости от выбранной технологии различают два метода: "сухой" и "мокрый". При "сухом" методе волокна смешивают с латексным связующим и прессуют в плиты, тогда как при "мокром" – волокна смешиваются с водой и добавками до образования вязкой массы, которая впоследствии прессуется и сушится. Соединение волокон достигается с помощью специальных смол, что гарантирует высокую прочность и стабильность структуры плит. Мягкие древесноволокнистые плиты (МДВП) широко используются в качестве теплоизоляционных материалов. Среди известных торговых марок МДВП можно отметить "Софтборд", Steico, "Изопллат" и "Кронотерм" (Kronotherm). Эти материалы эффективно применяются для теплоизоляции крыш, стен и перекрытий как при возведении новых зданий, так и при реконструкции уже существующих объектов. К теплоизоляционным материалам на основе древесных отходов также относятся древесные ваты, фибролит, термиз, ксиолит, королит, тырсолит, термопорит, термоблок, терос-монолит и терос-гран. В последние годы наблюдается тенденция расширения области применения таких материалов, которые активно используются и в отделочных целях для полов, садовых дорожек (террасная доска, садовый паркет), интерьеров, стен, фасадов, мебели. Обычно речь идет об изделиях плитного типа, изготовленных из измельченной древесины. К ним относятся древесностружечные плиты (ДСтП), ориентированно-стружечные плиты (OSB), твердые и полутвердые древесноволокнистые плиты, произведённые мокрым способом, древесноволокнистые плиты средней плотности (MDF - Middle Density Fiber Boards) и мягкие древесноволокнистые плиты (ДВП-М).

В заключение можно сказать, что полимерные композиционные материалы с древесными компонентами могут служить хорошей альтернативой натуральному дереву благодаря их многочисленным преимуществам: долговечность, высокая стойкость к гниению и влажности [9,10]. Из-за большого выбора наполнителей, связующих веществ и добавок, а также их комбинаций и способов обработки можно создавать разные модификации с нужными свойствами. Их можно подстроить под конкретные условия использования. Так же древесно-полимерные композиты можно создавать из древесных отходов, таких как щепа, опилка и кора, что положительно влияет на окружающую среду. Это расширяет их применение.

### **Список литературы**

1. Тихомирова В.В., Смирнова П.С. Полимерные композиционные материалы с древесными наполнителями и перспективы использования отходов при их производстве

//Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. – 2022. – №. 12. – С. 98-102.

2. Павлычева Е.А., Пикалов Е.С. Характеристика современных материалов для облицовки фасадов и цоколей зданий и сооружений // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. 2020. № 4. - С. 55–61.

3. Колосова А.С., Пикалов Е.С. Современные эффективные теплоизоляционные материалы на основе древесного сырья // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. 2021. № 3. - С. 66–77.

4. Дудченко В.А. Использование промышленных отходов деревообрабатывающей промышленности // Инновационные методы проектирования строительных конструкций зданий и сооружений. – 2022. – С. 192-195.

5. Пикалов Е.С. Полимер стеклянный строительный материал на основе отходов // Экология промышленного производства. 2022. № 1. - С. 7-12.

6. Юрченко В.В. Анализ модифицирующих добавок, применяемых в композиционных материалах с наполнителем из отходов древесины и термопластичных полимеров // Сборник научных трудов Донецкого института железнодорожного транспорта. 2018. № 48. - С. 39-45.

7. Колосова А.С, Пикалов Е.С, Селиванов О.Г. Теплоизоляционный композиционный материал на основе древесных и полимерных отходов. Экология и промышленность России. 2020. – С. 6-15.

8. Торлова А.С., Виткарова И.А., Пикалов Е.С., Селиванов О.Г. Применение кирпичного боя и полимерных отходов для получения строительного композиционного материала. Экология промышленного производства. 2019. № 4. - С. 13-18.

9. Стородубцева Т.Н. Современные композиционные материалы для гражданского строительства : монография / Т. Н. Стородубцева, А. А. Аксомитный ; Воронеж. гос. лесотехн. ун-т им. Г. Ф. Морозова. - Воронеж, 2021. - 143 с.

10. Стородубцева Т. Н. Использование древесных отходов и местного техногенного сырья в составах композитов : монография / Т. Н. Стородубцева, А. А. Аксомитный; М-во образования и науки Рос. Федерации, Фед. гос. бюджет. образоват. учреждение высш. образования "Воронеж. гос. лесотехн. ун-т им. Г. Ф. Морозова". - Воронеж, 2016. - 196 с.

## References

1. Tikhomirova V.V., Smirnova P.S. Polymer composite materials with wood fillers and prospects for the use of waste in their production //International Journal of Applied and Fundamental Research. – 2022. – №. 12. pp. 98-102.

2. Pavlycheva E.A., Pikalov E.S. Characteristics of modern materials for cladding facades and plinths of buildings and structures // International Journal of Applied and Fundamental Research. 2020. No. 4. pp. 55-61.

3. Kolosova A.S., Pikalov E.S. Modern effective thermal insulation materials based on wood raw materials // International Journal of Applied and Fundamental Research. 2021. No. 3. pp. 66-77.
4. Dudchenko V.A. The use of industrial waste from the woodworking industry // Innovative methods of designing building structures of buildings and structures. – 2022. – pp. 192-195.
5. Pikalov E.S. Polymer glass building material based on waste // Ecology of industrial production. 2022. No. 1. - pp. 7-12.
6. Yurchenko V.V. Analysis of modifying additives used in composite materials with filler from wood waste and thermoplastic polymers // Collection of scientific papers of the Donetsk Institute of Railway Transport. 2018. No. 48. pp. 39-45.
7. Kolosova A.S., Pikalov E.S., Selivanov O.G. Thermal insulation composite material based on wood and polymer waste. Ecology and industry of Russia. 2020 – pp. 6-15
8. Torlova A.S., Vitkalova I.A., Pikalov E.S., Selivanov O.G. The use of plastic scrap and polymer waste for the production of building composite materials. Ecology of industrial production. 2019. No. 4. - pp. 13-18.
9. Storodubtseva T.N. Modern composite materials for civil engineering: monograph / T.N. Storodubtseva, A.A. Aksomitny; Voronezh. state forestry and engineering university named after G.F. Morozov. - Voronezh, 2021. - 143 p.
10. Storodubtseva T. N. Use of wood waste and local technogenic raw materials in composite compositions: monograph / T. N. Storodubtseva, A. A. Aksomitny; Ministry of Education and Science of the Russian Federation, Federal state budget educational institution of higher education "Voronezh State Forest Engineering University named after G. F. Morozov". - Voronezh, 2016. - 196 p.

DOI: 10.58168/TBiEc2025\_383-389

УДК 621.012.2:664.624:658.512:363.738

## СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ПРОЧНОСТНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК И УГЛЕРОДНОГО СЛЕДА КОМПОЗИТОВ ИЗ ДРЕВЕСНЫХ И ПОЛИМЕРНЫХ ОТХОДОВ

COMPARATIVE ANALYSIS OF STRENGTH CHARACTERISTICS AND  
CARBON FOOTPRINT OF WOOD AND POLYMER WASTE COMPOSITES

**Стородубцева Т.Н.**, д.т.н., профессор **Storodubtseva T.N.**, doctor of Technical ФГБОУ ВО «Воронежский государственный Sciences, Head of Department, Voronezh State лесотехнический университет имени University of Forestry and Technologies named Г.Ф. Морозова», Воронеж, Россия. after G.F. Morozov, Voronezh, Russia.

**Морковин В.А.**, к.т.н., заведующий **Morkovin V.A.**, candidate of Technical кафедрой ФГБОУ ВО «Воронежский Sciences, Head of Department Voronezh State государственный лесотехнический University of Forestry and Technologies named университет имени Г.Ф. Морозова», after G.F. Morozov, Voronezh, Russia. Воронеж, Россия.

**Зеленин Н.В.**, студент **Zelenin N.V.**, student of the Voronezh State «Воронежский государственный University of Forestry and Technologies named лесотехнический университет имени after G.F. Morozov, Voronezh, Russia. Г.Ф. Морозова», Воронеж, Россия.

**Петров А.Е.**, студент **Petrov A.E.**, student of the Voronezh State «Воронежский государственный University of Forestry and Technologies named лесотехнический университет имени after G.F. Morozov, Voronezh, Russia. Г.Ф. Морозова», Воронеж, Россия.

**Аннотация:** в данной статье представлен сравнительный анализ прочностных характеристик и углеродного следа композитных материалов, изготовленных из древесных и полимерных отходов. Исследование направлено на оценку потенциала использования вторичного сырья для создания экологически чистых и экономически выгодных композитов, пригодных для применения в различных отраслях промышленности. В работе рассматриваются различные составы композитов, методы определения их прочности и методики расчета углеродного следа. Полученные результаты позволяют оценить влияние состава композитов на их механические свойства и экологическую эффективность, и представить перспективные направления развития этой области.

**Abstract:** this article presents a comparative analysis of the strength characteristics and carbon footprint of composite materials made from wood and polymer waste. The research is aimed at assessing the potential of using recycled materials to create environmentally friendly and economically profitable composites suitable for use in various industries. The paper discusses various compositions of composites, methods for determining their strength and methods for

calculating carbon footprint. The results obtained make it possible to evaluate the influence of the composition of composites on their mechanical properties and environmental efficiency, and to present promising areas of development in this field.

**Ключевые слова:** углеродный след, композиты, ДПК, ДНП, отходы, биоразлагаемость, водопоглощаемость.

**Keywords:** carbon footprint, composites, WPC, DNP, waste, biodegradability, water absorption.

В современном строительстве наблюдается тенденция к созданию материалов на основе доступных растительных отходов с использованием экологически безопасных связующих или без них. Это связано с усилением экологических стандартов, ограничивающих использование древесностружечных плит (ДСП) из-за содержания токсичных компонентов. Древесно-полимерные композиты (ДПК) становятся востребованной альтернативой, характеризующейся высоким содержанием наполнителя и экологичностью. Актуальность применения древесных наполнителей обусловлена значительным объемом отходов древесины, образующихся в деревообрабатывающей отрасли России (около 780-800 тыс. м<sup>3</sup> ежегодно).

Несмотря на обширные исследования в области ДПК, вопросы, касающиеся оптимизации состава и технологических параметров производства, требуют дальнейшего изучения.

Существенное значение при разработке рецептур имеют тип используемого полиолефина, характеристики наполнителя (вид, размер частиц) и применение специальных добавок, улучшающих эксплуатационные свойства ДПК. Конкурентоспособное производство изделий из ДПК возможно только при комплексном анализе влияния указанных факторов на свойства конечного продукта [1].

#### *Что такое углеродный след.*

Углеродный след, парниковые газы и CO<sub>2</sub> – все это связано с изменением климата и усилиями по его замедлению. Глобальное потепление вызвано парниковым эффектом: выбросами газов, которые удерживают тепло в атмосфере. Основными парниковыми газами являются водяной пар и углекислый газ (CO<sub>2</sub>) [2].

Углеродный след – сумма выбросов парниковых газов, вызванных деятельностью человека, предприятия или региона, выраженная в CO<sub>2</sub>-эквиваленте. При его подсчёте не учитываются природные явления, такие как вулканы или пожары [3].

#### *Древесно-полимерные композиты*

Древесно-полимерные композиты (ДПК) – это категория материалов, объединяющая широкий спектр составов, характеристик и сфер применения. Основным критерием их классификации является тип древесного наполнителя, определяющий свойства композита в сочетании с соотношением наполнителя и связующего [4].

В зависимости от типа древесного компонента выделяют:

1. Древесно-наполненные полимеры (ДНП) и древесно-полимерные композиты (ДПК): Наполнитель – древесная мука или мелкая щепа (до 50 % для ДНП и 50-85 % для ДПК) [5]. Связующие – термопласти (полипропилен, полиэтилен и т.п.) [6]. Преобладание наполнителя приближает свойства к древесине (ДПК), а преобладание полимера – к пластику (ДНП). Отличительные черты: простота обработки, надежность крепления, малый вес, низкое влагопоглощение, устойчивость к атмосферным факторам [6,7].

2. Древесно-стружечные плиты (ДСтП): Наполнитель – древесная стружка. Наиболее распространены ориентированно-стружечные плиты (ОСП), где стружка наружных слоев ориентирована вдоль, а внутренних – поперек или хаотично [8]. Существуют также ДСтП с поверхностью из измельченного древесного волокна.

3. Древесно-волокнистые плиты (ДВП): Наполнитель – древесные волокна. Различают мягкие (МДВП) для теплоизоляции, твердые и полутвердые для отделки и изготовления мебели. Твердые ДВП бывают средней (МДФ) и высокой плотности (ХДФ). Модифицируются для придания особых свойств (повышенная твердость, биостойкость, влагостойкость, огнестойкость). Для улучшения эксплуатационных и эстетических качеств ДСтП и ДВП (кроме МДВП) ламинируют, шпонируют, окрашивают. Твердые ДВП с защитным покрытием называются оргалитом.

4. Древесно-слоистые пластики: Пример – фанера. Состоят из нескольких слоев шпона, соединенных полимером. Обладают повышенной прочностью, долговечностью и устойчивостью к воздействию влаги.

Для соединения древесных компонентов в ДСтП, ДВП и ДСП применяют термореактивные полимеры (феноло-формальдегидные, карбамидо-формальдегидные смолы и др.) [8] хотя существуют варианты с использованием биоразлагаемых связующих. В МДВП связующим компонентом являются природные смолы, содержащиеся в самой древесине.

Полимерные бетоны, используемые в строительстве для теплоизоляции и конструкционных целей, содержат стружку или пробку в качестве наполнителя и связующие на основе карбамидоформальдегидных, полиэфирных смол и др. Эти материалы характеризуются высокими показателями прочности, износостойкости и морозостойкости.

#### *Влияние вторичных полимерных отходов на влагопрочностные свойства древесно-наполненных композитов*

Внедрение полимерных материалов необходимо для инновационного развития промышленности Казахстана. Синтетические полимеры, включая полиэтилен (38 % мирового потребления) и полипропилен (14 %), широко используются в различных сферах: от упаковки (до 40 %) до строительства (до 25 %) [9]. Крупнейший по объему производства полимер, полиэтилен, в основном применяется в упаковочной промышленности.

Краткий жизненный цикл полимерной упаковки приводит к накоплению отходов, которые практически не разлагаются в естественной среде, создавая экологические проблемы. На фоне истощения природных ресурсов повторное использование полимерных

отходов становится приоритетной задачей. Вторичная переработка, включая рециклинг, сжигание и пиролиз, является одним из ключевых способов утилизации.

Получение композиционных материалов из вторичного сырья, в частности древесно-наполненных полимерных композитов (ДПК), является перспективным направлением [1,5] ДПК, сочетающие свойства древесины и полимеров, производятся из отходов полимерной и деревообрабатывающей отраслей. Этот относительно новый материал, внешне напоминающий ДВП (при высоком содержании древесины) или пластмассу (при низком), быстро набирает популярность.

Настоящее исследование посвящено изучению влияния вторичных полимерных отходов на влагопрочностные характеристики ДПК.

Развитие композиционных материалов определяется следующими факторами: потребность в материалах с заданными свойствами, прогресс в химии полимеров и экологические требования.

ДПК обладают рядом преимуществ: экологичность, эстетичный вид, имитирующий дерево, низкое влагопоглощение, высокая прочность, огнестойкость, устойчивость к микроорганизмам и возможность вторичной переработки (материал сохраняет свойства в 3-4 циклах) [1,7]. Из ДПК изготавливают строительные и отделочные материалы, мебель и элементы ландшафтного дизайна, заменяя ими древесину.

Основу ДПК составляют измельченная древесина и термопласт (соотношение может варьироваться). Для улучшения свойств используют добавки. В качестве термопласта применяют материалы, перерабатываемые при температурах до 200 °С (из-за термочувствительности древесины). Полиэтилен (ПЭ) – один из подходящих полимеров, обладающий низкой температурой плавления (106-130 °С) и широким диапазоном вязкости расплава, что обеспечивает хорошее смешивание и позволяет избежать деструкции целлюлозы.

Образцы ДПК, использованные для исследования свойств, были изготовлены в нанолаборатории Актюбинского регионального государственного университета им. К. Жубанова. В качестве компонентов применялись вторичные полимеры (ПЭВД и ПП) и древесная мука (марки 180) в соотношении 1:1 (50 % древесного наполнителя достаточно для сохранения механических свойств).

Процесс изготовления включал: измельчение и сушку древесного наполнителя, вальцевание для получения полуфабриката ДПК, подачу полуфабриката в экструдер, нагрев цилиндра и вращение шнека. Продвижение материала обеспечивалось за счет трения о поверхность цилиндра и шнека.

Состав композиций представлен в таблице 1.

**Заключение.** Проведенное исследование сравнительного анализа прочностных характеристик и углеродного следа композитов из древесных и полимерных отходов показало значительный потенциал использования вторичного сырья в производстве композиционных материалов. Полученные результаты подтверждают возможность создания

конкурентоспособных по прочности композитов с существенно сниженным углеродным следом по сравнению с традиционными материалами. Разнообразие исследованных составов позволило выявить оптимальные соотношения компонентов для достижения наилучшего сочетания прочностных характеристик и экологической эффективности. Методология, примененная в исследовании, может быть реплицирована для оценки других типов композитов на основе вторичного сырья.

Таблица 1 - Составы древесно-полимерных композиций

Состав композиций	Состав образца	
	Полимер	Древесина
Композиция 1	Полиэтилен высокой плотности 50 %	Сосновая мука 50 %
Композиция 2	Полипропилен 50 %	Сосновая мука 50 %
Композиция 3		100 %
Композиция 4	Полиэтилен высокой плотности 100 %	
Композиция 5	Полипропилен 100 %	

Вывод. Применение древесных и полимерных отходов в создании композитов является многообещающим подходом в рамках экономики замкнутого цикла и сокращения выбросов углерода в промышленности. Результаты исследований демонстрируют потенциал производства прочных и экологически безопасных композитных материалов с приемлемыми механическими характеристиками. Будущие разработки должны быть сосредоточены на совершенствовании технологий производства, поиске инновационных компонентов и расширении сфер применения этих композитов. Полученные данные могут служить основой для оптимизации проектирования и изготовления экологически чистых изделий из композиционных материалов.

### Список литературы

- Стородубцева Т.Н. Современные композиционные материалы для гражданского строительства : монография / Т. Н. Стородубцева, А. А. Аксомитный ; Воронеж. гос. лесотехн. ун-т им. Г. Ф. Морозова. - Воронеж, 2021. - 143 с.
- Углеродный след в России и мире 2025: что это такое простыми словами, какой след оставляют производства и человек, как снизить высокий углеродный след. – URL: <https://www.kp.ru/family/ecology/uglerodnyj-sled/> (дата обращения: 17.05.2025).
- Углеродный след. Большая российская энциклопедия. – URL: <https://bigenc.ru/c/uglerodnyi-sled-d9ed70> (дата обращения: 17.05.2025).
- Тихомирова В.В., Смирнова П.С. Полимерные композиционные материалы с древесными наполнителями и перспективы использования отходов при их производстве /

Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований (научный журнал) – URL:[https://applied-research.ru/article/view?id=13491&utm\\_source=yandex.ru&utm\\_medium=organic&utm\\_campaign=yandex.ru&utm\\_referrer=yandex.ru](https://applied-research.ru/article/view?id=13491&utm_source=yandex.ru&utm_medium=organic&utm_campaign=yandex.ru&utm_referrer=yandex.ru) (дата обращения: 17.05.2025).

5. Стородубцева Т. Н. Использование древесных отходов и местного техногенного сырья в составах композитов: монография / Т. Н. Стородубцева, А. А. Аксомитный; М-во образования и науки Рос. Федерации, Фед. гос. бюджет. образоват. учреждение высш. образования "Воронеж. гос. лесотехн. ун-т им. Г. Ф. Морозова". - Воронеж, 2016. - 196 с.

6. Колосова А.С., Пикалов Е.С. Современные эффективные теплоизоляционные материалы на основе древесного сырья // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. 2021. № 3. - С. 66–77.

7. Павлычева Е.А., Пикалов Е.С. Характеристика современных материалов для облицовки фасадов и цоколей зданий и сооружений // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. 2020. № 4. - С. 55–61.

8. Шумкова И.Н., Линькова Т.С., Земский Д.Н., Хабибрахманова, О.В. Получение формальдегида на новой катализитической системе // Вестник Воронежского государственного университета инженерных технологий. 2018. Т. 80. № 2 (76). - С. 275–282.

9. Абилова, Г. К. Изучение влагопрочных свойств древесно-наполненных полимерных композиционных материалов на основе вторичных полимерных отходов / Г. К. Абилова, Г. Б. Жаумитова. – Текст: непосредственный // Молодой ученый. – 2016. – № 8 (112). – С.Т.2.58-60. – URL: <https://moluch.ru/archive/112/28347/> (дата обращения: 17.05.2025).

## References

1. Storodubtseva T.N. Modern composite materials for civil engineering: monograph / T.N. Storodubtseva, A.A. Aksomitny; Voronezh. state forestry and engineering university named after G.F. Morozov. - Voronezh, 2021. - 143 p.

2. Carbon footprint in Russia and the world by 2025: what it is in simple words, what kind of footprint is left by production and people, how to reduce the high carbon footprint. – URL: <https://www.kp.ru/family/ecology/uglerodnyj-sled/> / (date of access: 05/17/2025).

3. Carbon footprint. The Great Russian Encyclopedia. – URL: <https://bigenc.ru/c/uglerodnyi-sled-d9ed70> (date of notification: 05/17/2025).

4. Tikhomirova V.V., Smirnova P.S. Polymer composite materials with wood fillers and prospects for the use of waste in their production / International Journal of Applied and Fundamental Research (scientific Journal) – URL:[https://applied-research.ru/article/view?id=13491&utm\\_source=yandex.ru&utm\\_medium=organic&utm\\_campaign=yandex.ru&utm\\_referrer=yandex.ru](https://applied-research.ru/article/view?id=13491&utm_source=yandex.ru&utm_medium=organic&utm_campaign=yandex.ru&utm_referrer=yandex.ru) (date of request: 05/17/2025).

5. Storodubtseva T. N. Use of wood waste and local technogenic raw materials in composite compositions: monograph / T. N. Storodubtseva, A. A. Aksomitny; Ministry of Education and

Science of the Russian Federation, Federal state budget educational institution of higher education "Voronezh State Forest Engineering University named after G. F. Morozov". - Voronezh, 2016. - 196 p.

6. Kolosova A.S., Pikalov E.S. Modern effective thermal insulation materials based on wood raw materials // International Journal of Applied and Fundamental Research. 2021. No. 3. pp. 66-77.

7. Pavlycheva E.A., Pikalov E.S. Characteristics of modern materials for cladding facades and plinths of buildings and structures // International Journal of Applied and Fundamental Research. 2020. No. 4. pp. 55-61.

8. Shumkova I.N., Linkova T.S., Zemsky D.N., Khabibrakhmanova O.V. Production of formaldehyde on a new catalytic system // Bulletin of the Voronezh State University of Engineering Technologies. 2018. Vol. 80. No. 2 (76). pp. 275-282.

9. Abilova G.K., Zhaumitova G.B. Study of moisture-resistant properties of wood-filled polymer composite materials based on recycled polymer waste / Article in the journal "Young Scientist" – URL: <https://moluch.ru/archive/112/28347/> (date of access: 05/17/2025).

DOI: 10.58168/TBiEc2025\_390-396

УДК 379.85

**КАРАВАНИНГ КАК НОВЫЙ ВИД ОТЕЧЕСТВЕННОГО ТУРИЗМА**

CARAVANNING AS A NEW TYPE OF DOMESTIC TOURISM

**Субхонбердиев А.Ш.**, доцент, к.э.н., **Subkhonberdiev A.Sh.**, associate Professor, кафедры мировой и национальной экономики Candidate of Economic Sciences, Department ФГБОУ ВО «Воронежский государственный of World and National Economics, Voronezh лесотехнический университет имени Г.Ф. State University of Forestry and Technologies Морозова», Воронеж, Россия. named after G.F. Morozov, Voronezh, Russia.

**Шемонаева В.Р.** студентка ФГБОУ ВО **Shemonaeva V.R.** student of Voronezh State «Воронежский государственный University of Forestry and Technologies named лесотехнический университет имени Г.Ф. after G.F. Morozov, Voronezh, Russia Морозова», Воронеж, Россия.

**Ходунова И.Н.**, ассистент ФГБОУ ВО **Khodunova I.N.**, assistant Voronezh State Воронежский государственный University of Forestry and Technologies named лесотехнический университет имени Г.Ф. after G.F. Morozov, Voronezh, Russia. Морозова, Воронеж, Россия.

**Аннотация:** данная статья посвящена караванингу, как новому виду отечественного туризма, его сравнительной характеристике, плюсам и минусам, истории появления и видам. Так же особое внимание уделяется анализу рынка кемпингов и автоприцепов, тенденциям его формирования и возможным перспективам данной отрасли в целом. Представлен анализ инфраструктуры некоторых стран, в особенности России, на возможность процветания там караванинга, кемпингов и сопутствующей им деятельности. Были рассмотрены основные проблемы, препятствующие широкому распространению автомототуризма и караванинга в России, а также возможности их преодоления. Подробно описаны меры поддержки, которые необходимы производителям кемперов. В заключение приведена информация о предстоящих шагах, направленных на преодоление препятствий, на пути становления караванинга общезвестным и популярным видом туризма.

**Abstract:** this article is devoted to caravanning as a new type of domestic tourism, its comparative characteristics, pros and cons, history of its appearance and types. Special attention is also paid to the analysis of the camping and trailer market, its formation trends and possible prospects for the industry as a whole. The article presents an analysis of the infrastructure of some countries, especially Russia, for the possibility of caravanning, camping and related activities to flourish there. The main problems hindering the widespread use of car tourism and caravanning in Russia, as well as the possibilities of overcoming them, were considered. The support measures required by camper manufacturers are described in detail. In conclusion, information is provided on upcoming steps aimed at overcoming obstacles to the development of caravanning as a well-known and popular type of tourism.

**Ключевые слова:** автокемпер, караванинг, автодом, кемпинг, туризм, путешествия, автоприцепы, караванинг в России.

**Keywords:** camper, caravanning, motorhome, camping, tourism, travel, trailers, caravanning in Russia.

## Введение

Автокемпер – специально оборудованный транспорт, в котором предусмотрены все условия для комфортного проживания. В таком «доме на колесах» можно отправиться по любому маршруту, не беспокоясь о бронировании жилья и покупке билетов. Многие путешественники из США и европейских стран уже давно предпочитают караванинг другим видам отдыха. И спрос на кемперы всегда остается высоким. К примеру, британские туристы приобретают более сорока тысяч домов на колесах каждый год. Кемперы в России еще не получили такого широкого распространения, так как не везде есть хорошие дороги и развитая инфраструктура. Однако, настоящих путешественников такие мелочи не останавливают. Поэтому караванинг постепенно набирает популярность и в нашей стране.

Караванинг — это не просто поездка на автомобиле (электромобиле) из дома до отеля. Это полноценное путешествие, с остановками в живописных местах, пикниками и прочими радостями кочевой жизни. Но проживать вы будете при этом не в отеле или палатке, а в доме на колесах, где можно спать в своей кровати, готовить на своей кухне и в целом вести привычный образ жизни.

## Материалы и методы

В настоящее время караванинг получил широкое распространение в Америке и Европе благодаря развитию там дорожной инфраструктуры. При этом популяризация таких путешествий порождает целую отрасль. К ней можно отнести производителей автодомов и жилых прицепов, компании, предоставляющие прокат кемперов, кемпинги, специализированные сервисные станции, а также туристские фирмы, разрабатывающие маршруты. Наиболее важной для караванеров выставкой европейского масштаба является CaravanSalon в Дюссельдорфе, Германия. Впервые она была проведена в 1962 г. С тех пор проводится ежегодно в конце августа – начале сентября. На выставке представлено около 2 тыс. автодомов, а посещают ее более 150 тыс. человек. Ежегодно их количество растет.

Для понимания текущих трендов в развитии караванинга я провела анализ рынка. Данные были собраны из открытых источников, таких как отчеты аналитических компаний (например, KOA, Hirscamp, RVshare) и специализированные издания, посвященные развитию кемпинга.

Был проведен анализ доли рынка кемпингов и караванинга с 2025 по 2035 год. В рамках исследования были собраны данные из Опроса Общенациональной ассоциации автотуризма и караванинга. Были использованы материалы «РИА Новости». Для наиболее полного понимания аналитики были собраны данные из Центра компетенций Сбера по исследованию клиентского опыта.

## Результаты и обсуждения

Анализ доли рынка кемпингов и караванинга с 2025 по 2035 год

Он представляет транснациональные корпорации, региональных лидеров, стартапы и нишевые приключенческие бренды. В настоящее время ведущими игроками на этом рынке являются KOA, HiCamp и RVshare, на долю которых в целом приходится около 33% рынка. Эти компании предлагают самые разные услуги: от аренды автодомов до кемпингов, глэмпинга и даже семейного отдыха в автофургонах. Их обширный спектр услуг ориентирован как на массовый, так и на премиальный сегменты, предлагая широкий выбор вариантов кемпинга и активного отдыха на природе. Региональные игроки, такие как GlampingHub и Pitchup, которые ориентированы на конкретные рынки, такие как Северная Америка и Европа, занимают примерно 24% рынка, делая акцент на глэмпинге и других специализированных видах кемпинга. Новые и нишевые бренды, такие как EcoCamp, Tentrr и UnderCanvas, составляют около 18% и предлагают уникальные, экологичные и роскошные варианты кемпинга. На долю небольших операторов, сотрудничающих с онлайн-туроператорами (OTA), приходится около 7%, в то время как специализированные местные туроператоры и нишевые кемпинговые компании составляют оставшиеся 18%.

Ожидается, что к 2030 году мировой рынок кемпингов и автодомов на электротяге достигнет 117 647,7 млн долларов США, а среднегодовой темп роста составит 10,4% в период с 2023 по 2030 год. Такие факторы, как растущая доступность высококачественных товаров и услуг для кемпингов и автодомов, развитие новых технологий, а также повышенный интерес потребителей к активному отдыху на природе и популярность бюджетных вариантов отдыха, способствуют росту рынка. Вспышка COVID-19 оказала значительное влияние на рынок кемпингов и автодомов, поскольку ограничения на поездки и опасения по поводу социального дистанцирования привели к снижению спроса. К 2022 году рынок кемпингов и автодомов восстановился, поскольку люди искали способы безопасно уехать из дома после пандемии.

Рынок кемпингов и караванинга сегментирован по следующим критериям (таблица 1).

Основные тенденции, формирующие рынок кемпингов и автоприцепов, включают:

- Экологически Чистый Кемпинг. Молодые туристы больше склоняются к экологичному кемпингу, который практически не оказывает влияния на окружающую среду. Экологичный кемпинг включает в себя места, которые оставляют небольшой углеродный след, используют переработанную дождевую воду, имеют собственные источники возобновляемой электроэнергии, имеют на территории действующую ферму и используют в своих предложениях только местные продукты.

- Кемпинги и стоянки для автофургонов с Wi-Fi. В современную цифровую эпоху туристы, отправляющиеся в кемпинг, уделяют больше внимания доступу в интернет во время отдыха.

В настоящее время в России большое значение имеет Караванцентр, цель создания компаний – возрождение автотуризма. На базе шасси КАМАЗ-4326 был произведен автодом

«КОВЧЕГ-001» (на газовом топливе), он отличается комфортом и повышенной проходимостью. Кроме того, в производстве используют шасси Mercedes-Benz и Ford. Автодома изготавливают не только для частных лиц, но и для организаций и государственных структур. Российская академия наук (экспедиционные автомобили для изучения редких видов животных на Дальнем Востоке), ОАО «Газпром» (экспедиционные автомобили), Федеральная сетевая компания ЕЭС России (21 автомобиль различного назначения для обеспечения проведения Олимпиады 2014 г. в Сочи), а также разработка нескольких проектов для МЧС.

Таблица 1 - Критерии сегментирования рынка кемпингов и караванинга

По типу назначения	Кемпинги штата или национального парка Частные кемпинги Бэккантри, национальные леса или дикая природа Земля, находящаяся в государственной или частной собственности, кроме палаточного лагеря Автостоянки
По типу кемпера	Автомобильный кемпинг Кемпинг на колесах Рюкзак Другие
По каналу распространения	Прямые продажи Интернет – турагентства Традиционные туристические агентства
По географии	Северная Америка Европа Азиатско – Тихоокеанский регион Южная Америка Средний Восток

Один из главных вызовов автотуризма в России — недостаток инфраструктуры. По данным портала RV Land, в нашей стране более 300 кемпингов, однако не все специализированные. Кроме того, они сильно различаются по комплектации и доступному оборудованию. В группе компаний «Современные транспортные технологии» выделяют несколько ключевых опций для таких кемпингов:

- площадка под стоянку
- водоснабжение и слив для сточных вод
- электричество (разъёмы под 220V и 380V)
- канализационный слив
- пункт обслуживания биотуалетов, санузел с раковинами и душевыми
- номерной фонд.

Помимо этого, должны быть и стандартные туристические услуги, например костровая и спортивная площадки. В некоторых кемпингах делают ангары, куда можно загнать автодом и спрятать его от мороза или солнца [3].

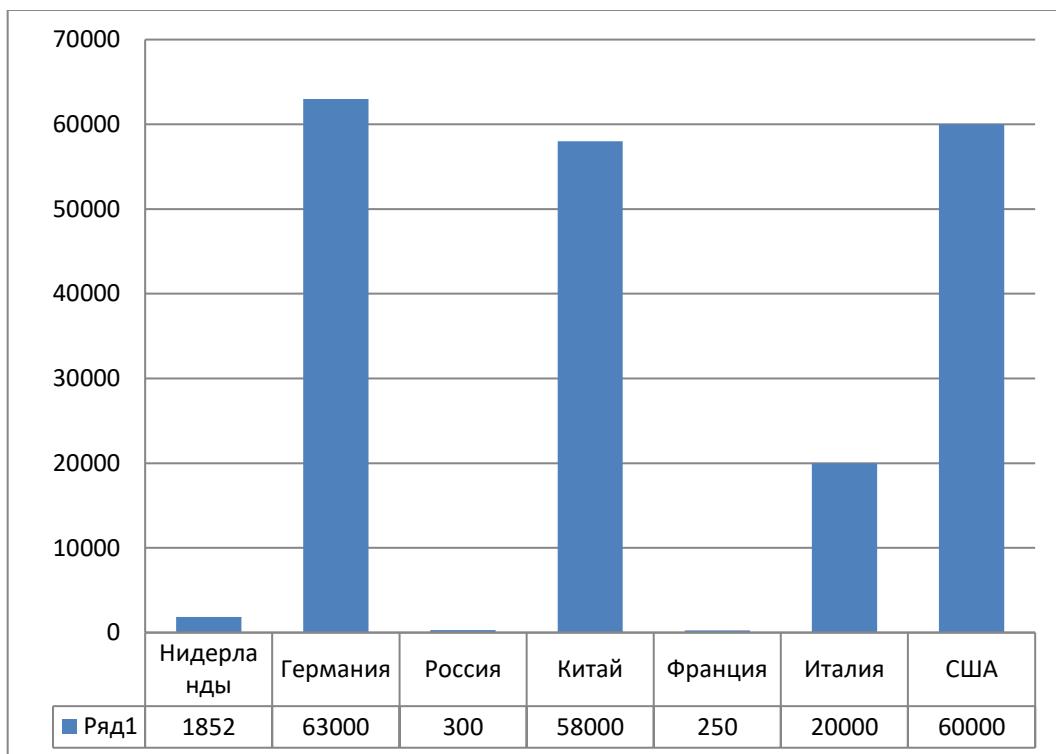


Рисунок 1 - Количество автодомов, производимых ведущими странами мира

Таким образом, для России караванинг является инновационным и экологичным видом туризма. Он начал активно развиваться около 3 лет назад, однако уже можно наблюдать положительную динамику, а именно: открытие рынка автомобильных домов и прицепов ведущих производителей отрасли иностранных и местных компаний в России, проведение местных и международных мероприятий для караванеров, деятельность компаний, способствующих развитию караванинга на территории нашей страны. Количество кемпингов в России позволяет уже сегодня выбрать практически любое направление для поездки. Тем не менее, остаются ещё факторы, замедляющие развитие данного направления. С такими проблемами нужно бороться, ведь развитие караванинга в России имеет большое преимущество перед другими видами туризма.

### Список литературы

1. Караванинг как новый вид туризма в России. – URL: <https://camperural.ru/company/articles/karavaning-kak-novyy-vid-turizma-v-rossii>.

2. Анализ размера и доли рынка кемпингов и караванинга - тенденции роста и прогнозы (2024 - 2029 гг.). – URL: <https://www.mordorintelligence.com/ru/industry-reports/camping-and-caravanning-market>

3. Путешествие на диване. Как развивается отрасль автодомов в России. – URL: <https://sber.pro/publication/puteshestvie-na-divane-kak-razvivaetsya-otrasl-avtodomov-v-rossii/>.

4. Research Nester. – URL: <https://www.researchnester.com/ru/reports/caravans-market/6045>.

5. Караванинг в России: почему путешествия с автодомом набирают популярность. – URL: <https://trends.rbc.ru/trends/social/64c8ceaf9a79474dd257eee8>.

6. Рынок кемпингов и караванинга в 2022 году — по типам (кемпинги и стоянки для автофургонов (RV) парки и кемпинги, лагеря отдыха и развлечений), а также по регионам, возможности и стратегии — глобальный прогноз до 2030 года. – URL: <https://www.thebusinessresearchcompany.com/report/camping-and-caravanning-market>.

7. Ведущие поставщики и доля рынка в индустрии кемпингов и автоприцепов. Тенденции роста и ключевые факторы влияния на рынке кемпингов и автоприцепов. – URL: <https://www.futuremarketinsights.com/reports/camping-and-caravanning-market-share-analysis>.

8. Размер рынка кемпингов и автодомов, доля и анализ тенденций по типам, типам автодомов (прицепные автодома, дома на колёсах), возрастным группам, регионам и сегментам, прогнозы на 2023–2030 годы. – URL: <https://www.researchandmarkets.com/reports/5767852/camping-caravanning-market-size-share-and-trends>.

9. Размер мирового рынка аренды автодомов по типу автодома (стандартные автодома, роскошные автодома), по типу клиента (одиночные путешественники, пары), по цели аренды (путешествия для отдыха, приключенческий туризм). – URL: <https://www.verifiedmarketreports.com/product/campervan-rental-market/>.

10. Развитие караванинга как инновационного вида туризма на территории России. – URL: <https://web.s nauka.ru/issues/2022/05/98153>.

## References

1. Caravanning as a new type of tourism in Russia. – URL: <https://camper-ural.ru/company/articles/karavaning-kak-novyj-vid-turizma-v-rossii>

2. Analysis of the size and share of the camping and caravanning market - growth trends and forecasts (2024-2029). – URL: <https://www.mordorintelligence.com/ru/industry-reports/camping-and-caravanning-market>

3. Traveling on the couch. How is the motorhome industry developing in Russia. – URL: <https://sber.pro/publication/puteshestvie-na-divane-kak-razvivaetsya-otrasl-avtodomov-v-rossii/>.

4. Research Nester. – URL: <https://www.researchnester.com/ru/reports/caravans-market/6045>.

5. Caravanning in Russia: why traveling with a motorhome is gaining popularity. – URL: <https://trends.rbc.ru/trends/social/64c8ceaf9a79474dd257eee8>.

6. Camping and caravanning market in 2022 — by type (campsites and RV parks and campgrounds, recreation and entertainment camps), as well as by region, opportunities and strategies — global forecast to 2030. – URL: <https://www.thebusinessresearchcompany.com/report/camping-and-caravanning-market>.

7. Leading suppliers and market share in the Camping and Trailer industry Growth Trends and Key Influencing Factors in the camping and Trailer market. – URL: <https://www.futuremarketinsights.com/reports/camping-and-caravanning-market-share-analysis>.

8. The size of the camping and motorhome market, share and trend analysis by type, types of motorhomes (trailed motorhomes, motorhomes), age groups, regions and segments, forecasts for 2023-2030. – URL: <https://www.researchandmarkets.com/reports/5767852/camping-caravanning-market-size-share-and-trends>.

9. The size of the global motorhome rental market by type of motorhome (standard motorhomes, luxury motorhomes), by type of customer (single travelers, couples), by rental purpose (leisure travel, adventure tourism). – URL: <https://www.verifiedmarketreports.com/product/campervan-rental-market/>.

10. Development of caravanning as an innovative type of tourism in Russia. – URL: <https://web.s nauka.ru/issues/2022/05/98153>.

DOI: 10.58168/TBiEc2025\_397-403

УДК 620.97

**ЭКОНОМИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ И ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ ЗНАЧИМОСТЬ  
ПРОИЗВОДСТВА БИОДИЗЕЛЬНОГО ТОПЛИВА**  
**BUSINESS CASE AND ENVIRONMENTAL RELEVANCE OF BIODIESEL  
PRODUCTION**

**Татаренко И.Р.**, федеральное государственное казенное военное образовательное учреждение высшего образования «Военный учебно-научный центр Военно-воздушных сил «Военно-воздушная академия имени профессора Н.Е.Жуковского и Ю.А.Гагарина» (г. Воронеж) Министерства обороны Российской Федерации, Воронеж, Россия.

**Сердюкова Н.А.**, к.т.н., доцент Федеральное государственное казенное военное образовательное учреждение высшего образования «Военный учебно-научный центр Военно-воздушных сил «Военно-воздушная академия имени профессора Н.Е.Жуковского и Ю.А.Гагарина» (г. Воронеж) Министерства обороны Российской Федерации, Воронеж, Россия.

**Tatarenko I.R.**, Federal State Official Military Educational Institution of Higher Education «Military Educational and Scientific Centre of the Air Force N.E. Zhukovsky and Y.A. Gagarin Air Force Academy» (Voronezh) the Ministry of Defence of the Russian Federation, Voronezh, Russia.

**Serdyukova N.A.**, candidate of Technical Sciences, Associate Professor Federal State Official Military Educational Institution of Higher Education «Military Educational and Scientific Centre of the Air Force N.E. Zhukovsky and Y.A. Gagarin Air Force Academy» (Voronezh) the Ministry of Defence of the Russian Federation, Voronezh, Russia.

**Аннотация:** данная работа посвящена исследованию потенциала биодизельного топлива как устойчивой альтернативы традиционным видам энергии в условиях углубляющегося экологического кризиса и роста цен на ископаемое топливо. Автор обосновывает необходимость перехода к возобновляемым источникам энергии, раскрывая как экологические, так и социально-экономические преимущества биотоплива. На основе конкретных расчётов представлены капитальные вложения, текущие издержки, уровень доходности и срок окупаемости проекта по производству биодизеля. Работа содержит ссылки на международный и отечественный опыт, что подчеркивает её прикладной характер.

**Abstract:** this paper explores the potential of biodiesel as a sustainable alternative to conventional energy in the face of a deepening environmental crisis and rising fossil fuel prices. The author justifies the need to switch to renewable energy sources, revealing both the environmental and socio-economic advantages of biofuels. On the basis of specific calculations, capital investments, current costs, the level of profitability and the payback period of the bio-diesel project are presented. The work contains references to international and domestic experience, which emphasizes its applied nature.

**Ключевые слова:** биотопливо, экономическая эффективность, себестоимость, капитальные вложения, окупаемость.

**Keywords:** biofuels, economic efficiency, cost, capital investment, payback.

Актуальность разработки альтернативных видов топлива, включая источники на базе возобновляемого сырья, продиктована совокупностью значимых факторов. К ним относятся: неуклонный рост стоимости нефти, приближающееся истощение действующих месторождений, ухудшение состояния окружающей среды, а также нарастающие последствия изменения климата, вызванные усилением парникового эффекта.

Сегодня выбросы CO<sub>2</sub> рассматриваются как одна из ключевых экологических угроз, поскольку именно они являются доминирующим фактором, способствующим глобальному потеплению. Так, уровень концентрации диоксида углерода в атмосфере продолжает расти: если в 1960-х годах он составлял порядка 315 ppm (частей на миллион), то к 2024 году этот показатель достиг рекордных 426 ppm. Такое изменение провоцирует ускоренное таяние полярных льдов, подъем уровня Мирового океана, а также учащение экстремальных природных явлений, включая лесные пожары, засухи и ураганы [1].

Основные источники эмиссии углерода – это использование ископаемого топлива, интенсивное промышленное производство и масштабная вырубка лесов, приводящая к снижению естественной способности биосферы поглощать CO<sub>2</sub>. Согласно последним исследованиям, около 66% всех глобальных выбросов приходится на десять стран. В числе крупнейших эмитентов парниковых газов находится и Россия, наряду с Китаем, США и Индией. Эти газы, включая углекислый газ и метан, удерживают тепловое излучение, возвращая его обратно к поверхности Земли и способствуя тем самым перегреву атмосферы.



Рисунок 1 – Доля стран в мировом объёме выбросов CO<sub>2</sub> (%)

В 2019 году Европейская комиссия представила масштабную стратегическую инициативу под названием «Европейский зелёный курс», направленную на глубокую трансформацию глобальной экономической модели. Этот план предусматривает переход к устойчивому развитию, снижению антропогенной нагрузки на природу и постепенному отказу от углеродной зависимости. В рамках обозначенной программы перед Россией также

поставлена амбициозная долгосрочная задача – достижение углеродной нейтральности и минимизация выбросов парниковых газов до нуля к 2050 году.

Одним из перспективных направлений в этом контексте является использование биодизельного топлива. Это вид возобновляемого энергоносителя, который отличается экологической чистотой и изготавливается на основе растительных масел или животных жиров. Популярность биодизеля неуклонно растёт, поскольку он позволяет одновременно снижать уровень выбросов CO<sub>2</sub> в атмосферу и уменьшать зависимость от традиционных углеводородных ресурсов. Преимущества использования биотоплива:

1. Экологические преимущества: применение биотоплива снижает выбросы парниковых газов, что положительно влияет на состояние окружающей среды.
2. Экономические преимущества: развитие производства биотоплива способствует созданию новых рабочих мест и стимулирует рост экономики.
3. Социальные преимущества: переход на биотопливо позволяет сократить зависимость от импорта нефти и газа, укрепляя энергетическую безопасность страны.

#### Недостатки использования биотоплива

1. Ограниченные ресурсы: производство биотоплива зависит от доступности органического сырья, что может вызывать конкуренцию за сельскохозяйственные земли.
2. Высокие издержки: производство и транспортировка биотоплива требуют значительных затрат энергии, воды и финансовых ресурсов.
3. Конкуренция с продовольственным производством: выращивание сырья для биотоплива первого поколения может уменьшать площади для выращивания продуктов питания и способствовать росту цен на продовольствие.

Биотопливо обладает большим потенциалом в контексте перехода на низкоуглеродные энергетические системы. Однако для его эффективного применения необходимо учитывать все преимущества и недостатки, развивать технологии и обеспечивать экологическую безопасность.

Во многих странах успешно внедрения производство биотоплива, например в Россия "Татэнерго" запустила линию по производству пеллет из лесной биомассы в Татарстане; в США активно развивает биотопливную отрасль через программу RFS (Renewable Fuel Standard), а крупнейшая компания "Poet" имеет заводы в 27 штатах; в Германии развиты мощности по производству биогаза, биодизеля и биоэтанола; в Швеции около 30% топлива в стране приходится на биотопливо, активно внедряются проекты по биогазу и биоэтанолу [2, 3].

Эти примеры показывают, что биотопливо становится важной частью энергетической стратегии многих стран. Поэтому производство биодизельного топлива является перспективным направлением, обусловленным ростом спроса на альтернативные источники энергии и стремлением сократить выбросы парниковых газов. Чаще всего биодизельное топливо получают в результате химической реакции трансэтерификации растительных масел или животных жиров с метанолом в присутствии катализатора.

Производство биодизельного топлива при грамотной организации – высокорентабельный проект с быстрой окупаемостью, особенно на фоне увеличения спроса на экологически чистые виды топлива [4].

Для обеспечения экономической целесообразности организации производства биотоплива необходимо учесть капитальные вложения, текущие издержки, предполагаемые доходы и, что не маловажно, срок окупаемости.

Капитальные вложения включают затраты на строительство производственного цеха, закупку технологического оборудования (реакторов, фильтров, насосов, резервуаров), проведение монтажных и пусконаладочных работ, а также приобретение вспомогательных транспортных средств [3] (табл. 1). Общая сумма капитальных затрат обозначается как:

$$K = K_{\text{стр}} + K_{\text{об}} + K_m + K_p \quad (1)$$

где  $K_{\text{стр}}$  – затраты на строительство цехов;

$K_{\text{об}}$  – затраты на приобретение оборудования и комплектующих;

$K_m$  – затраты на монтаж и настройку оборудования;

$K_p$  – прочие затраты (сырье, электроэнергия, зарплата и прочее).

Таблица 1 – Капитальные вложения на производство биотоплива

Статья расходов	Сумма (мил. руб.)
Строительство цехов (здание, коммуникации)	30
Оборудование (реакторы, насосы, системы фильтрации, резервуары)	40
Проектные и пусконаладочные работы	10
Прочие расходы	7

Переменные издержки на производство одной тонны биодизельного топлива включают стоимость сырья, энергоресурсов, заработную плату производственного персонала и прочие расходы (табл. 2).

Таблица 2 – Переменные затраты на производство 1 т биотоплива

Статья расходов	Сумма (руб.)
Масло (80%)	80 000
Метанол и катализатор	6 000
Электроэнергия	5 000
Зарплата	4 000

Формула расчёта себестоимости одной тонны выглядит следующим образом:

$$C = C_m + C_{\text{мк}} + C_3 + C_2 \quad (2)$$

где  $C_m$  – стоимость сырья (масла);

$C_{\text{мк}}$  – стоимость метанола и катализатора;

$C_3$  – стоимость энергетических затрат (электричество, вода, тепло);

$C_3$  – заработка плата и прочие расходы

Доходы от реализации биодизеля рассчитываются по формуле:

$$D = P \cdot V \quad (3)$$

где  $P$  – цена продаж одной тонны биотоплива;

$V$  – объем реализации биотоплива в год.

По данным аналитиков ChemAnalyst, к концу 22 ноября 2024 года цена биодизеля UCO CFR Хьюстон (США) оценивалась в 1545 долларов США за тонну [5]. В России средняя цена за тонну биодизельного топлива 150 000 руб., что соответствует среднемировой цене.

Анализ экономической эффективности предприятий по производству биодизельного топлива с использованием щелочного катализа и рафинированного соевого масла с тремя различными масштабами производства (8, 30, 100 килотонн в год), что более высокая производительность приводит к более привлекательной окупаемостью после уплаты налогов, более низкой безубыточной ценой биодизеля и более высокой чистой годовой прибылью [6, 7].

Прибыль от производства одной тонны биодизельного топлива определяется как разница между ценой и себестоимостью его производства:

$$\Pi_t = P - C \quad (4)$$

Годовая прибыль рассчитывается по формуле:

$$\Pi_r = \Pi_t \cdot V \quad (5)$$

Срок окупаемости проекта по производству биотоплива можно определить по формуле:

$$T_{\text{окуп}} = K / \Pi_r \quad (6)$$

Подставив имеющиеся расчётные данные в экономическую модель проекта, можно определить ориентировочный срок окупаемости, который составляет порядка шести месяцев.

### Заключение.

Таким образом, проект по производству биотоплива является экономически целесообразным: он требует сравнительно небольших вложений, быстро окупается и может приносить стабильную прибыль при условии устойчивых цен на сырьё и готовую продукцию. Дополнительным источником дохода служит глицерин — побочный продукт, востребованный в фармацевтике и косметике.

В то же время важно учитывать возможные риски: рост цен на сырьё, усиление конкуренции, изменения нормативной базы и технические сбои.

Биотопливо остаётся одним из наиболее перспективных энергетических решений будущего. Его широкое внедрение требует комплексного подхода — технологического развития, оценки рентабельности и экологической безопасности. При грамотной реализации оно может сыграть ключевую роль в переходе к устойчивой энергетике.

## Список литературы

1. Мировой рынок биодизеля в 2024 году // Oilworld.ru: [сайт]. – 2024 – 18 июля. – URL: <https://www.oilworld.ru/analytics/worldmarket/331740> (дата обращения: 20.04.2025).
2. Биотопливо возобновляемой энергетики. – URL: <https://www.renwex.ru/ru/ii/biotoplivo/> (дата обращения 20.04.2025 г.).
3. Кучкина А. Ю., Сущик Н. Н. Источники сырья, методы и перспективы получения биодизельного топлива // Журнал СФУ. Биология. 2014. №1. – С. 14-42.
4. Шекихачев Ю. А., Батыров В. И. Экономическое обоснование внутрихозяйственного производства и применение биотоплива на основе рапсового масла // Известия Кабардино-Балкарского государственного аграрного университета им. В. М. Кокова. 2021. №1 (31). – С. 104-107.
5. Oilworld. – URL: <https://www.oilworld.ru/news/oleochemistry/354802> (дата обращения 20.04.2025 г.).
6. Паша, М.К., Дай, Л., Лю, Д. и др. Обзор проектирования процессов, моделирования и оценки экологичности производства биодизельного топлива. Biotechnol Biofuels 14, 129 (2021). – URL: <https://doi.org/10.1186/s13068-021-01977-z>.
7. Дер Ю Й, Ши Дж.Л., Чанг Сай, Хуан Ш., Пай Сай, Юй ЙХ, Чанг Ч. Анализ экономических затрат на производство биодизельного топлива: пример на примере соевого масла. Энергетические виды топлива. 2008;22:182–9. Journal of Agricultural and Applied Economics: page 1 of 16 2017 The Author(s). (<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>), which permits unrestricted re-use, distribution, and reproduction in any medium, provided the Management. 2016. Volume 56. P. 151-157.

## References

1. Мировой рынок биодизеля в 2024 году // Oilworld.ru: [сайт]. – 2024 – 18 июля. – URL: <https://www.oilworld.ru/analytics/worldmarket/331740> (дата обращения: 20.04.2025).
2. Biofuels for renewable energy. – URL: <https://www.renwex.ru/ru/ii/biotoplivo/> (дата обращения 20.04.2025 г.).
3. Kuchkina A. Yu., Sushchik N. N. Sources of raw materials, methods and prospects for obtaining biodiesel//SFU Journal. Biology. 2014. №1. – pp. 14–42.
4. Shekikhachev Yu. A., Batyrov V. I. Economic justification of on-farm production and the use of biofuels based on rapeseed oil//Izvestia of the Kabardino-Balkarian State Agrarian University named after V. M. Kokov. 2021. №1 (31). – pp. 104–107.
5. Oilworld. – URL: <https://www.oilworld.ru/news/oleochemistry/354802> (date of circulation 20.05.2025 г.).
6. Pasha, MK, Dai, L, Liu, D, et al. Review of process design, modeling and evaluation of environmental friendliness of biodiesel production. Biotechnol Biofuels 14, 129 (2021). – URL: <https://doi.org/10.1186/s13068-021-01977-z>.

7. Der Yu Y, Shi JL, Chang Sai, Huang SH, Pai Sai, Yu YH, Chang C. Analysis of the economic costs of biodiesel production: an example of soybean oil. Energy fuels. 2008;22:182–9. Journal of Agricultural and Applied Economics: page 1 of 16 2017 The Author(s). (<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>), which permits unrestricted re-use, distribution, and reproduction in any medium, provided the Management. 2016. Volume 56. pp. 151-157.

DOI: 10.58168/TBiEc2025\_404-408

УДК 33

## РАЗВИТИЕ ЦИРКУЛЯРНОЙ БИОЭКОНОМИКИ С УЧЕТОМ ЦЕННОСТИ ЭКОСИСТЕМНЫХ УСЛУГ

### THE ROLE OF THE CIRCULAR ECONOMY IN REDUCING THE RISKS OF ENVIRONMENTAL DAMAGE

**Терешина М.В.** д.э.н., профессор ФГБОУ **Tereshina M.V.**, doctor of Economics, ВО Кубанский государственный университет, Professor Kuban State University, Krasnodar, Краснодар, Россия.

**Яковлева Е.А.**, д.э.н., профессор ФГБОУ **Yakovleva E.A.**, doctor of Economics, ВО «Воронежский государственный лесотехнический университет имени Г.Ф. Морозова», Voronezh State University of Forestry and Technologies named after G.F. Morozov, Voronezh, Russia.

**Аннотация:** развитие циркулярной биоэкономики ориентировано на эффективное и устойчивое использование биологических ресурсов с минимальным воздействием на природу. Для устойчивого управления природными ресурсами необходимо вырабатывать методы комплексной оценки экосистемных услуг, включая их экономические и социальные компоненты, а также меры по сохранению и восстановлению природных систем, учитывая их многофункциональность. Целевым ориентиром выступает обеспечение устойчивого и рационального использования биоресурсов с наименьшим воздействием на окружающую среду, создание замкнутых циклов производства и потребления, минимизация отходов и максимизация повторного использования биопродуктов. Данная целевая направленность предопределяет решение задач разработки и внедрения технологий циркулярного использования биологических ресурсов, оценки и вовлечение экосистемных услуг в экономическое планирование и управление ресурсами, информирование общественности о важности экосистемных услуг и принципах циркулярной биоэкономики.

**Abstract:** the development of circular bioeconomics is focused on the efficient and sustainable use of biological resources with minimal impact on nature. For the sustainable management of natural resources, it is necessary to develop methods for the integrated assessment of ecosystem services, including their economic and social components, as well as measures for the conservation and restoration of natural systems, taking into account their versatility. The goal is to ensure the sustainable and rational use of biological resources with the least impact on the environment, create closed cycles of production and consumption, minimize waste and maximize the reuse of biological products. The target orientation determines the solution of the tasks of developing and implementing technologies for the circular use of biological resources, assessing and involving ecosystem services in economic planning and resource management, informing the public about the importance of ecosystem services and the principles of circular bioeconomics.

**Ключевые слова:** циркулярная биоэкономика, экосистемные услуги

**Keywords:** circular bioeconomics, ecosystem services

Актуальными проблемами современности выступают глобальное изменение климата, связанное с нарастающей концентрацией углекислого газа и деформацией существующей экосистемы. В этой связи повышается значимость экосистемы для адаптации окружающей среды к возрастающей антропогенной нагрузке и создания регулирующих климатоориентированных механизмов принятия экономических решений. Использование биологических ресурсов по каскадному принципу приводит к усилению связывания углерода, замещению энергии и увеличению добавленной стоимости, полученной от использования единицы природных ресурсов. Экосистемные услуги составляют основу циркулярной биоэкономики, которая выступает моделью устойчивого развития, обеспечивающей рациональное использование биологических ресурсов и процессов в сфере производства и потребления. Экосистемные услуги можно подразделить, во-первых, на услуги, связанные с ресурсным обеспечением производства и жизнедеятельности человека, а именно, услуги лесных, почвенных, водных экосистем, позволяющие использовать в циркулярной биоэкономике вовлеченные ресурсы рационально и с минимизацией отходов. Во-вторых, услуги экосистем, регулирующие состояние окружающей среды, включая углерододепонирующие возможности лесов, водо-болотных и растительных угодьев, почвенного гумуса. В-третьих, услуги социально-культурной направленности, предоставляемые в рекреационных целях, способствующие поддержанию здоровья людей и повышению уровня общественного благополучия.

В циркулярной биоэкономике именно через активацию этих услуг достигается устойчивое использование биоресурсов, минимизация ущерба природе и поддержание баланса между экономическим развитием и решением климатических проблем. В качестве применения регулирующих экосистемных услуг можно привести лесные экосистемы и биопродукты. К регулирующим услугам леса относятся поддержание климата и почвенной среды, что способствует устойчивому сырьевому обеспечению. Например, производство «умной» упаковки из древесины и древесных волокон заменяет пластик, снижая уровень загрязнения и нагрузку на окружающую среду. Такой биопродукт обладает биоразлагаемостью, меньшим углеродным следом и способствует развитию циркулярной экономики. Применительно к сельскому хозяйству почвенные экосистемы регулируют процессы эрозии, поддерживают температуру и плодородие, что стабилизирует рост растений и сохраняет биоразнообразие. Использование услуг почвенных экосистем позволяет эффективно контролировать эрозионные процессы, снижать потребность в химических удобрениях и обеспечивать оптимальные условия для обитающих организмов, что повышает устойчивость аgroэкосистем. Водные экосистемы обеспечивают естественную фильтрацию и очистку сточных вод, снижая затраты на искусственные методы очистки и уменьшая загрязнение водных ресурсов. Кроме того, они могут использоваться для

производства биоэнергии (например, биогаза из водных растений и водорослей), что способствует развитию возобновляемых источников энергии и снижению выбросов парниковых газов. Эти примеры демонстрируют экономическую и экологическую ценность регулирующих экосистемных услуг, позволяющих снижать издержки в промышленности и сельском хозяйстве, а также способствующих устойчивому развитию и сохранению природных ресурсов.

В качестве проблем характерных для экосистемных услуг можно назвать, во-первых, деградацию экосистем из-за антропогенного воздействия, в первую очередь вырубка лесов и урбанизация. Эти процессы приводят к снижению биологического разнообразия и ухудшению качества среды, что уменьшает способность экосистем предоставлять жизненно важные услуги в виде воды, воздуха, регулирования климата, почвенного плодородия. Во-вторых, отсутствие экономической оценки экосистемных услуг. Многие важные услуги природы не имеют адекватной экономической оценки, что снижает их значимость при принятии решений об использовании земли и природопользовании. Без денежного выражения ценности экосистемных услуг они часто воспринимаются как «бесплатные» и могут быть уничтожены ради краткосрочной выгоды. В-третьих, сложности измерения стоимости несырьевых функций экосистем. Особую трудность представляет оценка нематериальных функций, например, эколого-социальных функций лесов – рекреационной, культурной, духовной ценности. Отсутствие универсальных методик и сложности в сборе данных затрудняют интеграцию этих аспектов в экономическое планирование.

Экономическая оценка регулирующих экосистемных услуг (например, климат-регуляция, водообеспечение, поддержание плодородия почв) необходима для обоснования их значимости и интеграции в экономические решения. Основные методические подходы включают:

- метод затратприменяется для оценки стоимости предотвращения потерь или восстановления услуг. Например, расходы на очистку воды, эквивалентные фильтрации экосистемой. Этот метод прост в применении, но часто недооценивает истинную ценность экосистемных функций;

- метод замещения используется для оценки экономических затрат на замену экосистемных услуг антропогенными или техническими способами (например, затраты на строительство водоочистных сооружений вместо естественного фильтрования), позволяет приблизительно оценить стоимость регулирования, но не учитывает уникальность природных процессов;

- метод платежей за сохранение применим для оценки стоимости услуг на основе готовности общества или отдельных стейкхолдеров платить за сохранение или поддержание услуги. Отражает прямую ценность, однако требует надежных данных о предпочтениях и платежеспособности;

- рыночные методы используются, если регулирующая услуга косвенно влияет на товар с рыночной ценой (например, влияние климата на урожай), позволяют оценить экономические потери или выгоды, связанные с изменением услуги;

- методы оценки на основе предпочтений выявляют стоимость нематериальных выгод путем опросов общественности о готовности платить за сохранение услуги или готовности принять компенсацию за ее утрату, позволяют учитывать немонетарные аспекты, но подвержены субъективности.

Методы экономической оценки регулирующих экосистемных услуг различаются по точности, требуемым данным и применимости. Для комплексной оценки часто используется комбинация подходов, учитывающая прямые и косвенные эффекты, а также социальные предпочтения.

По результатам исследования сформулируем ключевые направления развития циркулярной биоэкономики с учетом ценности экосистемных услуг:

- оценка экосистемных услуг – системный анализ и количественная оценка таких услуг, как регуляция климата, плодородие почв, опыление, очистка воды, что позволяет учитывать их значение в принятии решений и разработке биоэкономических моделей;

- инновационные био- и экологичные технологии – развитие биотехнологий, методов повторного использования и переработки биомассы, которые способствуют сохранению природных функций и минимизации отходов;

- управление ресурсами на основе циркулярных принципов – создание замкнутых циклов производства и потребления, где отходы одного процесса становятся сырьем для другого, снижая нагрузку на экосистемы;

- интеграция политики и экономики – внедрение механизмов учета экосистемных услуг в экономическое планирование, стимулирование «зеленых» инвестиций и устойчивого предпринимательства;

- образование и повышение осведомленности – информирование общества и профессионалов о важности экосистемных услуг и принципов циркулярной биоэкономики для устойчивого развития.

Таким образом, развитие циркулярной биоэкономики с учетом ценности экосистемных услуг обеспечивает баланс между экономическим ростом и сохранением природного капитала, сохранение биологического разнообразия и устойчивости экосистем, сокращение экологического следа промышленного и аграрного производства, повышение экономической устойчивости за счет рационального использования ресурсов.

Статья подготовлена при финансовой поддержке РНФ и КНФ в рамках конкурса 2024 «Проведение фундаментальных научных исследований и поисковых научных исследований отдельными научными группами (региональный конкурс), 24-18-20049 «Региональная система экономики замкнутого цикла: институциональные модели и технологии развития (на примере Краснодарского края)».

### **Список литературы**

1. Терешина М.В. Экономика замкнутого цикла в сельскохозяйственном производстве: потенциал реализации в новых институциональных условиях / М.В.Терешина, С.Г.Тяглов, Е.В. Атамась// Регионология. –2024. –Т. 32, –№ 4. – С. 635–652.
2. Бобылев, С. Н. Циркулярная экономика и ее индикаторы для России / С. Н. Бобылев, С. В. Соловьева // Мир новой экономики. – 2020. – Т. 14, № 2. – С. 63-72. – DOI 10.26794/2220-6469-2020-14-2-63-72.
3. Лойко А.И. Циркулярная экономика и экосистемная методология / А.И. Лойко // Россия: тенденции и перспективы развития. 2023. №18-1. – С.641-643.
4. Потравный, И. М. Ликвидация объектов накопленного экологического ущерба в прибрежной арктической зоне на основе методов ESG-финансирования / И. М. Потравный, А. В. Новиков, К. Й. ЧавезФеррейра // Экология и промышленность России. – 2022. – Т. 26, № 10. – С. 60-65. – DOI 10.18412/1816-0395-2022-10-60-65.

### **References**

1. Tereshina M.V. Kreislaufwirtschaft in der landwirtschaftlichen Produktion: Umsetzungspotenzial unter neuen institutionellen Bedingungen / M.V. Tereshina, S.G. Tyaglov, E.V. Atamas // Regionologie. -2024. -Bd. 32, -Nr. 4. - S. 635–652.
2. Bobylev, S.N. Kreislaufwirtschaft und ihre Indikatoren für Russland / S.N. Bobylev, S.V. Solovieva // Die Welt der neuen Wirtschaft. - 2020. - Bd. 14, Nr. 2. - S. 63–72. - DOI 10.26794/2220-6469-2020-14-2-63-72.
3. Loiko A.I. Kreislaufwirtschaft und Ökosystemmethodik / A.I. Loiko // Russland: Entwicklungstrends und -perspektiven. 2023. Nr. 18-1. – S. 641–643.
4. Potravny, I. M. Liquidation von Objekten mit angesammelten Umweltschäden in der arktischen Küstenzone basierend auf ESG-Finanzierungsmethoden / I. M. Potravny, A. V. Novikov, K. Y. ChavezFerreira // Ökologie und Industrie Russlands. – 2022. – Band 26, Nr. 10. – S. 60–65. – DOI 10.18412/1816-0395-2022-10-60-65.

DOI: 10.58168/TBiEc2025\_409-413

УДК 674-419.3

## АНАЛИЗ СПОСОБОВ МОДИФИКАЦИИ ФАНЕРЫ ANALYSIS OF METHODS OF MODIFICATION OF PLYWOOD

**Томенко Д.К.**, магистр, ФГБОУ ВО Воронежский государственный лесотехнический университет им. Г.Ф. Морозова», Воронеж, Россия.

**Аннотация:** в данной статье будут описаны способы модификации фанеры, разработанные в нашей стране. Будет произведен анализ данных способов, определена их эффективность, и рентабельность. Также будет рассмотрена возможность интеграция этих методов в уже существующие производственные цепочки и общее направление исследований.

**Abstract:** this article will describe the methods of plywood modification developed in our country. An analysis of these methods, their efficiency and profitability will be made. The possibility of integrating these methods into existing production chains and the general direction of research will also be considered.

**Ключевые слова:** фанера, модификация, улучшения, прочностные показатели, формальдегид, эффективность.

**Keywords:** plywood, modification, improvements, strength indicators, formaldehyde, efficiency

В современном мире фанера является неотъемлемым и популярным материалом. Она используется в строительстве домов, во внутренней отделке и в мебельной промышленности. Такой широкий спектр использования связан с тем, что при создании фанеры в нее можно заложить определенные свойства в зависимости от сферы ее применения. Немаловажным фактором, который сделал фанеру такой востребованной в наше время являются ее свойства такие как: высокая прочность, стабильность формы, легкость обработки, гибкость, теплоизоляция, звукоизоляция, экологичность.

В данный момент ведутся исследования для повышения характеристик фанеры, основными из которых являются: прочность, экологичность, биостойкость, горючесть, влагопроницаемость, теплопроводность. Основная цель данных исследований установить баланс между затратами на производство модифицированной продукции и ее итоговой ценой. Далее в статье будут рассмотрены некоторые способы модификации от отечественных авторов, а также их применимость в производстве.

Первым вариантом модификации является фанера на основе модифицированного фенолформальдегидного связующего [1], предложенный Костромским государственным университетом. Данный метод основан на добавлении перекиси водорода в фенолформальдегидное связующее. Добавление данного компонента, по заявлениюм авторов, снижает время отверждения связующего на 43,6%. В работе использовалась 1,0% перекись водорода. Также при добавлении данного модификатора были зафиксированы улучшения в прочностных характеристиках фанеры на сдвиг на 4,4% и прочность фанеры на изгиб на 4,8%. Данный метод вполне может использоваться в нашей промышленности так, как перекись водорода не является дорогим и дефицитным компонентом, что не повлечет значительного удорожания конечной продукции. Однако данный способ модификации является не единственным в этой области. Ещё один вариант был представлен в журнале «Лесотехнический журнал» [2]. Авторы в данной работе рассматривали способы сокращения времени отверждения ФФС путем добавления модификаторов таких как: перекись водорода, сульфат цинка хлорид магния. В ходе исследований было установлено оптимальное процентное содержание добавок, а именно 1-1,5%. В случае превышения данного показателя фиксировалось существенное ухудшение растекаемости связующего. Данный вариант модификации фанеры также вполне может использоваться в промышленности, так как не несет значительных изменений в уже существующие процессы производства.

Вторым вариантом модификации является модификация карбамидоформальдегидных kleев натуральными наполнителями [3], предложенный в серии конференций «Наука о Земле и окружающей среде». Данный метод основан на добавлении в карбамидоформальдегидную смолу лигносульфата, шунгитами, черного сланца и алюмосиликатов. Добавление данных модификаторов положительно сказалось на физико-химических показателях полученных образцов, увеличив прочность на 10-12%, а также снизило содержание свободного формальдегида на 15%. Данный метод не особо применим в отечественной промышленности так как требует значительных затрат на производство, добычу и доставку данных модификаторов. Однако данный способ модификации является не единственным в этой области. Ещё один вариант был представлен в журнале «Лесной вестник» [4]. Авторы в данной работе рассматривали возможность модификации карбамидоформальдегидных олигомеров путем внедрения в их структуру углеродных нанотрубок. В ходе исследований было зафиксировано, что внедрение данных компонентов положительно сказалось на прочности клеевого соединения при испытаниях на скальвание и растяжение. Данный вариант модификации является вполне рентабельным, так как материал которые используют авторы применяется во многих сферах, является перспективным и инновационным.

Третьим вариантом модификации является влияние факторов технологического процесса производства на показатели фанеры на модифицированном фенолформальдегидном связующем [5], предложенным в Костромским государственным университетом. Способ модификации заключается в том, что в смолу добавляется

диметиглиоксим, а также регулируются факторы технологического процесса. В ходе проведения эксперимента авторы зафиксировали увеличение прочности на сдвиг на 25%, увеличение прочности на статическом изгибе на 30% и разбухание по толщине на 10%. Данный метод вполне может быть применим в нынешнем производстве, так как сам метод не несет значительных изменений в технологическом процессе, а модификатор, который используется в данном способе доступен на рынке и не является дефицитным. Однако данный способ модификации является не единственным в этой области. Ещё один вариант был представлен в журнале «Лесотехническом журнале» [6]. В данной работе рассматривалось влияние различных факторов на смачиваемость поверхности шпона. Это исследование позволило собрать дополнительную информацию о физико-химических свойствах поверхностей шпона. Данное исследование является важным витком в данной области исследования так-как в будущем это сможет улучшить технологию подготовки поверхности.

Четвёртым вариантом модификации является обоснование выбора режима склеивания фанеры из лиственных пород древесины [7], предложенный Воронежским государственным лесотехническим университетом. Данный способ затрагивает этап формирования пакета, а именно, смещение среднего слоя на 450 мм. Также авторами затрагивались режимы прессования, производилась их корректировка под данный способ. Этот метод по заверениям авторов повышает прочность при скальвании на 46% и 44% для березовой и буковой фанеры соответственно, и на 17% для осиновой. Данный метод, является наиболее простым и экономичным, так как изменения, которые несет данный метод в технологический процесс незначительны. Однако данный способ модификации является не единственным в этой области. Ещё один вариант был представлен в журнале «Лесной вестник» [8]. В данной работе авторы рассматривали прочностные свойства фанеры с внутренним заполнением на основе отходов от форматной обрезки. В ходе исследований авторы сделали фанеру с внутренними слоями из реек, которые получаются из отходов при форматной обрезке. Данные образцы при испытаниях имели пониженную прочность, однако при испытаниях на изгиб вдоль волокон показания были выше, чем у стандартных изделий. Данный метод вполне может применяться в отечественном производстве так, как в качестве сырья используются отходы производства, которые в избытке накапливаются при форматной обрезке.

Рассмотрев различные способы модификации фанеры, можно сделать вывод, что в основном все исследования направлены на повышение прочностных показателей с минимальными изменениями в уже существующих процессах производства фанеры.

## **Список литературы**

1. Фанера и теплоизоляционные плиты на основе модифицированного фенолформальдегидного связующего. – URL: <https://www.researchgate.net/>

[publication/367787811\\_Plywood\\_and\\_Thermal\\_Insulation\\_Blocks\\_Based\\_on\\_the\\_Modified\\_Phenol\\_Formaldehyde\\_Binder](https://www.researchgate.net/publication/367787811_Plywood_and_Thermal_Insulation_Blocks_Based_on_the_Modified_Phenol_Formaldehyde_Binder) (Дата обращения 17.04.2025).

2. Влияние модификаторов на время отверждения фенолформальдегидного связующего для прессования фанеры при низкотемпературном режиме. – URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/vliyanie-modifikatorov-na-vremya-otverzhdeniya-fenoloformaldegidnogo-svyazuyuscheho-dlya-pressovaniya-fanery-pri-nizkotemperaturnom> (Дата обращения 01.04.2025).

3. Модификация карбамидоформальдегидных клеев натуральными наполнителями для производства фанеры. – URL: [https://www.researchgate.net/publication/335993613\\_Modification\\_of\\_urea\\_and\\_phenol-formaldehyde\\_adhesives\\_by\\_natural\\_fillers\\_for\\_the\\_production\\_of\\_plywood](https://www.researchgate.net/publication/335993613_Modification_of_urea_and_phenol-formaldehyde_adhesives_by_natural_fillers_for_the_production_of_plywood) (Дата обращения 22.04.2025).

4. Модификация карбамидоформальдегидных олигомеров углеродными нанотрубками. – URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/modifikatsiya-karbamidoformaldegidnyh-oligomerov-uglerodnymi-nanotrubkami> (Дата обращения 05.05.2025).

5. Влияние факторов технологического процесса производства на показатели фанеры на модифицированном фенолформальдегидном связующем. – URL: [https://www.researchgate.net/publication/350596828\\_THE\\_INFLUENCE\\_OF\\_PRODUCTION\\_PROCESS\\_FACTORS\\_ON\\_THE\\_INDICATORS\\_OF\\_PLYWOOD\\_ON\\_MODIFIED\\_PHENOL-FORMALDEHYDE\\_BINDER](https://www.researchgate.net/publication/350596828_THE_INFLUENCE_OF_PRODUCTION_PROCESS_FACTORS_ON_THE_INDICATORS_OF_PLYWOOD_ON_MODIFIED_PHENOL-FORMALDEHYDE_BINDER). (Дата обращения 03.05.2025).

6. Исследование смачиваемости поверхности шпона и других композиционных материалов. – URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/issledovanie-smachivaemosti-poverhnosti-shpona-i-drugih-kompozitsionnyh-materialov> (Дата обращения 17.04.2025).

7. Обоснование выбора режима склеивания фанеры из лиственных пород древесины. – URL: [https://www.researchgate.net/publication/386229609\\_Justification\\_of\\_the\\_choice\\_of\\_gluing\\_mode\\_for\\_plywood\\_from\\_hardwoods](https://www.researchgate.net/publication/386229609_Justification_of_the_choice_of_gluing_mode_for_plywood_from_hardwoods) (Дата обращения 10.05.2025).

8. Исследование прочностных свойств фанеры с внутренним заполнением на основе отходов от форматной обрезки. – URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/issledovanie-prochnostnyh-svoystv-fanery-s-vnutrennim-zapolneniem-na-osnove-othodov-ot-formatnoy-obrezki> (Дата обращения 27.04.2025).

## References

1. Plywood and Thermal Insulation Boards Based on the Modified Phenol-Formaldehyde Binder. – URL: [https://www.researchgate.net/publication/367787811\\_Plywood\\_and\\_Thermal\\_Insulation\\_Blocks\\_Based\\_on\\_the\\_Modified\\_Phenol\\_Formaldehyde\\_Binder](https://www.researchgate.net/publication/367787811_Plywood_and_Thermal_Insulation_Blocks_Based_on_the_Modified_Phenol_Formaldehyde_Binder) (Accessed 17.04.2025).

2. The influence of modifiers on the curing time of phenol-formaldehyde binder for pressing plywood at low temperatures. – URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/vliyanie-modifikatorov-na>

vremya-otverzhdeniya-fenoloformaldegidnogo-svyazuyuscheego-dlya-pressovaniya-fanery-prinikotemperaturnom (Accessed 01.04.2025).

3. Modification of Urea-Formaldehyde Adhesives by Natural Fillers for the Production of Plywood Available at. – URL : [https://www.researchgate.net/publication/335993613\\_Modification\\_of\\_urea\\_and\\_phenol-formaldehyde\\_adhesives\\_by\\_natural\\_fillers\\_for\\_the\\_production\\_of\\_plywood](https://www.researchgate.net/publication/335993613_Modification_of_urea_and_phenol-formaldehyde_adhesives_by_natural_fillers_for_the_production_of_plywood) (Accessed 22.04.2025).

4. Modification of urea-formaldehyde oligomers with carbon nanotubes. – URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/modifikatsiya-karbamidoformaldeidnyh-oligomerov-uglerodnymi-nanotrubkami> (Accessed 05.05.2025).

5. The Influence of Manufacturing Process Factors on the Performance of Plywood with Modified Phenol-Formaldehyde Binder Available at. – URL: [https://www.researchgate.net/publication/350596828\\_THE\\_INFLUENCE\\_OF\\_PRODUCTION\\_PROCESS\\_FACTORS\\_ON\\_THE\\_INDICATORS\\_OF\\_PLYWOOD\\_ON\\_MODIFIED\\_PHENOL-FORMALDEHYDE\\_BINDER](https://www.researchgate.net/publication/350596828_THE_INFLUENCE_OF_PRODUCTION_PROCESS_FACTORS_ON_THE_INDICATORS_OF_PLYWOOD_ON_MODIFIED_PHENOL-FORMALDEHYDE_BINDER). (Accessed 03.05.2025).

6. Study of wettability of veneer surface and other composite materials. – URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/issledovanie-smachivaemosti-poverhnosti-shpona-i-drugih-kompozitsionnyh-materialov> (Accessed 17.04.2025).

7. Justification of the Choice of Gluing Mode for Plywood from Hardwoods. – URL: [https://www.researchgate.net/publication/386229609\\_Justification\\_of\\_the\\_choice\\_of\\_gluing\\_mode\\_for\\_plywood\\_from\\_hardwoods](https://www.researchgate.net/publication/386229609_Justification_of_the_choice_of_gluing_mode_for_plywood_from_hardwoods) (Accessed 10.05.2025).

8. A study of the strength properties of plywood with internal filling based on waste from format cutting. – URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/issledovanie-prochnostnyh-svoystv-fanery-s-vnutrennim-zapolneniem-na-osnove-othodov-ot-formatnoy-obrezki> (Accessed 27.04.2025)

DOI: 10.58168/TBiEc2025\_414-418

УДК 674

**СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИХ СВОЙСТВ  
КОМПОЗИЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ НА ОСНОВЕ ОТХОДОВ АПК  
COMPARATIVE ANALYSIS OF PHYSICAL AND MECHANICAL PROPERTIES  
OF COMPOSITE MATERIALS BASED ON AGRO-INDUSTRIAL WASTE**

**Фахрутдинов Р.Р.**, к.т.н., ассистент  
Казанский национальный исследовательский технологический университет, Казань, Россия.  
**Zakharova E.A.**, магистрант Казанский национальный исследовательский технологический университет, Казань, Россия.  
**Сафин Р.Г.**, д.т.н., профессор Казанский национальный исследовательский технологический университет, Казань, Россия.

**Fakhrutdinov R.R.**, Ph.D., assistant Kazan National Research Technological University, Kazan, Russia.  
**Zakharova E.A.**, graduate student Kazan National Research Technological University, Kazan, Russia.  
**Safin R.G.**, doctor of Engineering, Professor Kazan National Research Technological University, Kazan, Russia.

**Аннотация:** в статье рассматривается процесс разработки композиционного материала из агропромышленных отходов, изучаются их физико-механические характеристики в зависимости от концентрации и типа растительного наполнителя. Определена оптимальная концентрация для изготовления композиционных материалов на основе растительного наполнителя. Наилучшие результаты показывают композиционные плиты на основе лузги подсолнечника и шелухи гречихи. Композиционный материал на основе соломы демонстрирует минимальные показатели по всем физико-механическим характеристикам, что требует либо их модификации, либо использования других видов связующего для возможности применения в качестве внешнего слоя.

**Abstract:** the article considers the process of developing a composite material from agro-industrial waste, studies their physical and mechanical characteristics depending on the concentration and type of plant filler. The optimal concentration for the production of composite materials based on plant filler is determined. The best results are shown by composite boards based on sunflower husk and buckwheat husk. Composite material based on straw demonstrates minimal indicators for all physical and mechanical characteristics, which requires either their modification or the use of other types of binder for the possibility of using as an outer layer.

**Ключевые слова:** агропромышленные отходы, растительный наполнитель, трехслойный композиционный материал, луга подсолнечника, шелуха гречихи, солома.

**Keywords:** key words: agro-industrial waste, plant filler, three-layer composite material, sunflower husk, buckwheat husk, straw.

На сегодняшний день в современном мире в области сельского хозяйства стоит проблема, растущего количества отходов. Нерациональное использование и управление агропромышленными отходами приводит к экологическим проблемам, так как их утилизация наносит непоправимый вред окружающей среде. Поэтому стремление к минимизации потерь и создание безотходных технологий в агропромышленной деятельности всегда было актуальным направлением. Одним из путей улучшения экологической ситуации является переработка растительных отходов, не имеющих пищевого и кормового значения, а именно внедрение новых технологий и использование агропромышленных отходов в качестве наполнителя для композиционных материалов. С данной точки зрения перспективным и экономически выгодным сырьем для получения конструкционного материала является лузга подсолнечника, шелуха гречихи и солома.

В процессе переработки растительного сырья, используемого в данной работе, образуется значительное количество отходов на определенном производстве, которое зачастую не находит рационального применения и подлежат утилизации. В частности, объемы отходов лузги подсолнечника превышают 400 тыс. тонн, шелухи – 62,7 тыс. тонн, а соломы – варьируются от 70 до 100 тыс. тонн [1 – 3].

В данной работе в качестве наполнителя были использованы лузга подсолнечника, шелуха гречихи и солома, а в качестве связующего компонента – лигнин.

Изготовление композиционного материала из лузги подсолнечника, шелухи гречихи и соломы осуществляется в несколько этапов: высушивание в сушильном шкафу при температуре 110 °С в течении 35 мин до остаточного влагосодержания 10 %; измельчение до порошкообразного состояния с помощью роторно-ножевого измельчителя; перемешивание наполнителя со связующим в течении 15 минут.

Затем смесь подвергалась горячему прессованию в специальной пресс-форме, выложенной термостойкой пленкой. Процесс проводился при температуре 175 °С и давлении 0,84 МПа в течение 10 минут. После прессования материал охлаждался до комнатной температуры (21 ±°C) в течение 2 часов. В результате были получены композитные материалы в виде плит диаметром 320 мм и толщиной 11 мм.

Для определения физико-механических свойств композиционного материала применялись общепринятые методы исследования: определение прочности на растяжение, согласно ГОСТ Р 56785 – 2015; определение прочности на изгиб, согласно ГОСТР 56805 – 2015; определение прочности на сжатие, согласно ГОСТ Р 57864 – 2017 [4 – 6]

Рисунок 1 показывает, как концентрация растительных отходов, используемых в качестве наполнителя, влияет на прочность композиционного материала при растяжении.

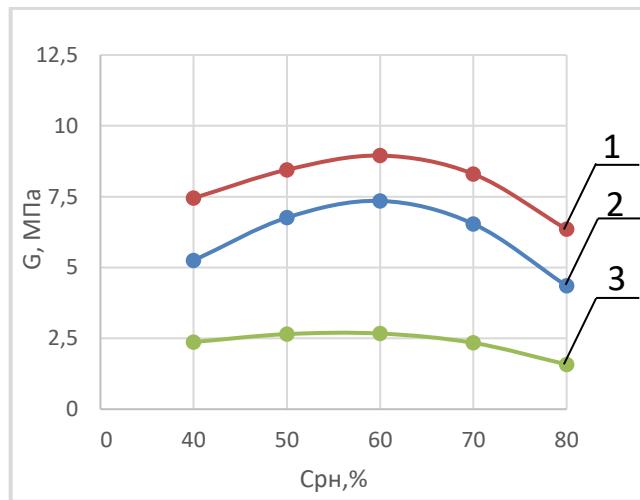


Рисунок 1 – Влияние концентрации растительного наполнителя на предел прочности при растяжении: 1 – лузга подсолнечника; 2 – шелуха гречихи; 3 – солома

Результаты испытаний на растяжение показали существенную разницу в механических характеристиках исследуемых материалов. Образцы с лузгой подсолнечника превосходят композиты с шелухой гречихи по прочностным показателям на 33,3 %, что объясняется более плотной структурой подсолнечной лузги. Также по зависимости видно, что композит на основе соломы на 50 % ниже по прочностным характеристикам по сравнению с образцами шелухи, что существенно ограничивает возможности их применения в несущих конструкциях без дополнительной модификации состава.

Результаты исследований прочности на сжатие поверхностного слоя представлены на рисунке 2.

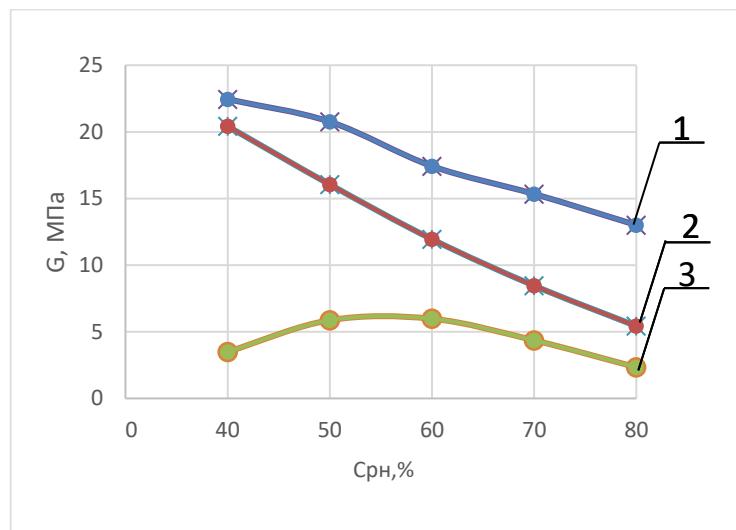


Рисунок 2 – Влияние концентрации растительных отходов на предел прочности при сжатии: 1 – лузга подсолнечника; 2 – шелуха гречихи; 3 – солома

На основании проведенных испытаний установлено, что максимальные значения прочности композиционных материалов достигаются при концентрации наполнителя не менее 60 %. Показатели прочности образца с соломой существенно уступают показателям образца с шелухой гречихи.

На рисунке 3 показаны экспериментальные данные, отражающие влияние концентрации агропромышленных отходов на предел прочности при изгибе.

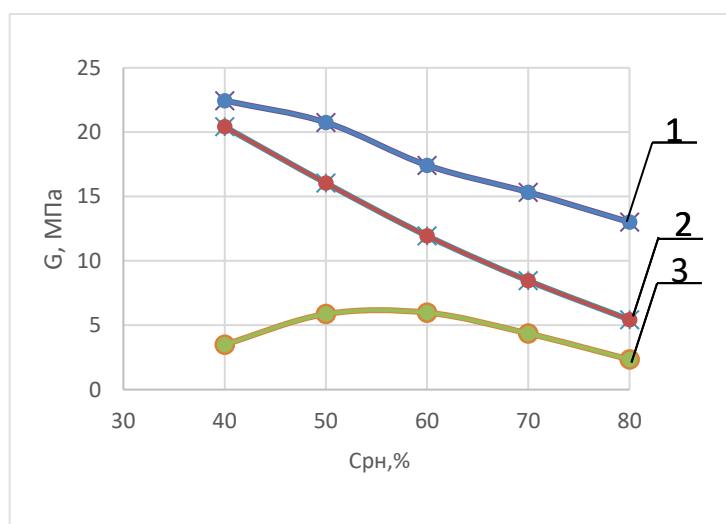


Рисунок 3 – Влияние концентрации растительных наполнителей на предел прочности при изгибе: 1 – лузга подсолнечника; 2 – шелуха гречихи; 3 – солома

Анализ данных, представленных на рисунке 3, выявил обратную зависимость между содержанием наполнителя и прочностными характеристиками для всех образцов. Наибольшую устойчивость к нагрузкам на изгиб продемонстрировал образец на основе лузги подсолнечника. Наилучшие показатели прочности композитного материала достигаются при концентрации растительных отходов в диапазоне 40 – 50 %.

Проведенные исследования показали, что образцы на основе лузги подсолнечника и шелухи гречихи обладают высокими физико-механическими показателями и могут эффективно внедряться в строительную отрасль, как экономически выгодный продукт. Образец на основе соломы продемонстрировал наименьшие показатели, что свидетельствует о оптимизации технологии и применении другого связующего для соответствия необходимым требованиям.

### Список литературы

1. Полисахариды из отходов производства гречихи / Л. А. Земнухова, С. В. Томшич, Е. Д. Шкорина, А. Г. Клыков // Журнал прикладной химии. – 2004. – Т 77. – № 7. – С. 1192.

2. Биоразлагаемые композиционные материалы на основе поликапролактона с наполнением соломой зерновых культур // Е. Н. Подденежный [и др.] Вестн. Гомел, гос. техн. ун-та им. П.О. Сухого. – 2024. – № 2 (97). – С. 27 – 33.
3. Справочник по органическим удобрениям // Васильев В.А.; Филиппова И.В. – М.: Россельхозиздат. – 1988. – С. 256.
4. ГОСТ Р 56785–2015. Композиты полимерные. Метод испытания на растяжение плоских образцов.
5. ГОСТ Р 5680–2015. Композиты полимерные. Методы определения механических характеристик при изгибе.
6. ГОСТ Р 57864 – 2017. Композиты полимерные. Метод определения предела прочности и модуля упругости при растяжении в направлении толщины образца.

### **References**

1. Polysaccharides from buckwheat production waste // L. A. Zemnukhova, S. V. Tomshich, E. D. Shkorina, A. G. Klykov // Журнал прикладной химии. – 2004. - Т. 77. - No. 7. - P. 1192.
2. Biodegradable composite materials based on polycaprolactone filled with cereal straw // E. N. Poddenezhny [et al.] Vestn. Gomel, state. tech. University named after P. O. Sukhoi. - 2024. - No. 2 (97). - P. 27 - 33.
3. Handbook of organic fertilizers // Vasiliev V. A.; Filippova I. V. - M .: Rosselkhozizdat. – 1988. – P. 256.
4. GOST R 56785–2015. Polymer composites. Tensile testing method for flat specimens.
5. GOST R 5680–2015. Polymer composites. Methods for determining mechanical properties under bending.
6. GOST R 57864 – 2017. Polymer composites. Method for determining the ultimate strength and elastic modulus under tension in the direction of specimen thickness.

DOI: 10.58168/TBiEc2025\_419-424

УДК 674

## КОМПЛЕКСНАЯ ПЕРЕРАБОТКА КОРЫ БЕРЁЗЫ

### UMFASSENDE VERARBEITUNG VON BIRKENRINDE

**Фахрутдинова Л.Р.**, ассистент, инженер,  
Казанский национальный  
исследовательский технологический  
университет, Казань, Россия.

**Сафин Р.Г.**, д.т.н., профессор Казанский национальный исследовательский технологический университет, Казань, Россия.

**Зиатдина Д.Ф.**, профессор, д.т.н.,  
Казанский национальный  
исследовательский технологический  
университет, Казань, Россия.

**Fakhrutdinova L.R.**, assistant, Engineer, Kazan National Research Technological University, Kazan, Russia.

**Safin R.G.**, doctor of Engineering, Professor Kazan National Research Technological University, Kazan, Russia.

**Ziatdinova D.F.**, professor, Doctor of Technical Sciences, Kazan National Research Technological University, Kazan, Russia.

**Аннотация:** в статье рассматривается технология комплексной переработки берёзовой коры с целью получения ценного биологически активного вещества - бетулина. Описывается установка для переработки, включающая рубительную машину, сушильную камеру, дробилку, сепаратор и экстрактор. Представлена схема технологического процесса, позволяющая получить бетулин высокой степени чистоты и наполнитель для производства древесно-полимерных композитов. Исследуются свойства бетулина, его применение в медицине, пищевой промышленности и косметологии. Показаны противовоспалительные, антиоксидантные и заживляющие свойства вещества.

**Abstract:** the article discusses the technology of complex processing of birch bark to obtain valuable biologically active substance - betulin. The processing unit is described, including a chipping machine, drying chamber, crusher, separator and extractor. The technological process scheme is presented, allowing to obtain high purity betulin and filler for the production of wood-polymer composites. The properties of betulin, its application in medicine, food industry and cosmetology are explored. Anti-inflammatory, antioxidant and healing properties of the substance are shown.

**Ключевые слова:** бетулин, переработка коры берёзы, экстракция.

**Keywords:** betulin, birch bark processing, extraction.

На территории РФ скапливается большое количество отходов берёзы после окорки, которые сжигаются или гниют, образуя токсичные испарения, в то время как в коре берёзы содержится ценное биологически активное вещество (БАВ) – бетулин. Он является БАВ с широким спектром применения.

Структурно бетулин относится к пентациклическим тритерпенам лупанового типа. Его кристаллы, плавящиеся при 256–257°C, демонстрируют высокую стабильность и растворимость в органических растворителях, таких как этанол и хлороформ, что упрощает процессы экстракции и модификации.

Рынок бетулина переживает бум: к 2026 году ожидается рост до \$24 млрд благодаря спросу на натуральные нутрицевтики и «чистую» косметику. Перспективы бетулина связаны с разработкой производных (например, иминов), усиливающих его антиоксидантные и противоопухолевые свойства, а также с оптимизацией методов экстракции, снижающих себестоимость.

Бетулин отлично помогает с воспалениями и заживлением ран. Его действие усиливается, если сочетать с антисептиками, особенно когда нужно бороться с определёнными микробами. Из-за своих уникальных свойств бетулин становится всё более популярным в медицине и косметологии. Его можно использовать как отдельно, так и в разных лекарственных формах, что открывает много возможностей для применения.

Помимо противовоспалительных свойств бетулин обладает антиоксидантными. Он применяется в пищевой промышленности как натуральный антиоксидант для увеличения срока годности мясных, молочных и хлебопекарных изделий, не влияя при этом вкусовые качества.

Бетулин нашел своё применение в косметической сфере. Биологически активная добавка, получаемая из берёсты берёзы в качестве дополнительного компонента в крем, позволяет разглаживать мелкие морщины, оказывать увлажняющее и питательное воздействие.

На рисунке 1 представлена схема комплексной переработке коры берёзы с получением бетулина и сырья для изготовления ДПК.

Установка состоит из рубительной машины 1 с шлюзовым дозатором 2; сушильной камеры шахтного типа 3, оснащенной шиберной заслонкой 4, газодувкой 5, паровым калорифером 6, вентилем 7 для подачи влажного водяного пара; молотковой дробилки 8 с шиберной заслонкой 9 для выгрузки неизмельченных частиц и с перфорированной обечайкой 10, для удаления измельченных частиц; вибрационного сепаратора 11 с ситами - 12; буферных накопителей 13, 15; роторно-ножевой мельницы 14; смесителя 16; гравитационного осадителя - флорентины - 17, фильтрующих аппаратов 18, 19; экстрактора 20, оснащенный рубашкой 21 с охлаждаемой крышкой 22 экстрактора 20; куб-испаритель 23 с вентилем 24 подачи пара с датчиком температуры, коллектором 25, рубашкой 26 и ложным дном 27; конденсатор 28; флорентину 29 со смотровым стеклом; буферную емкость 30; вентилем 31, сепаратора 32.

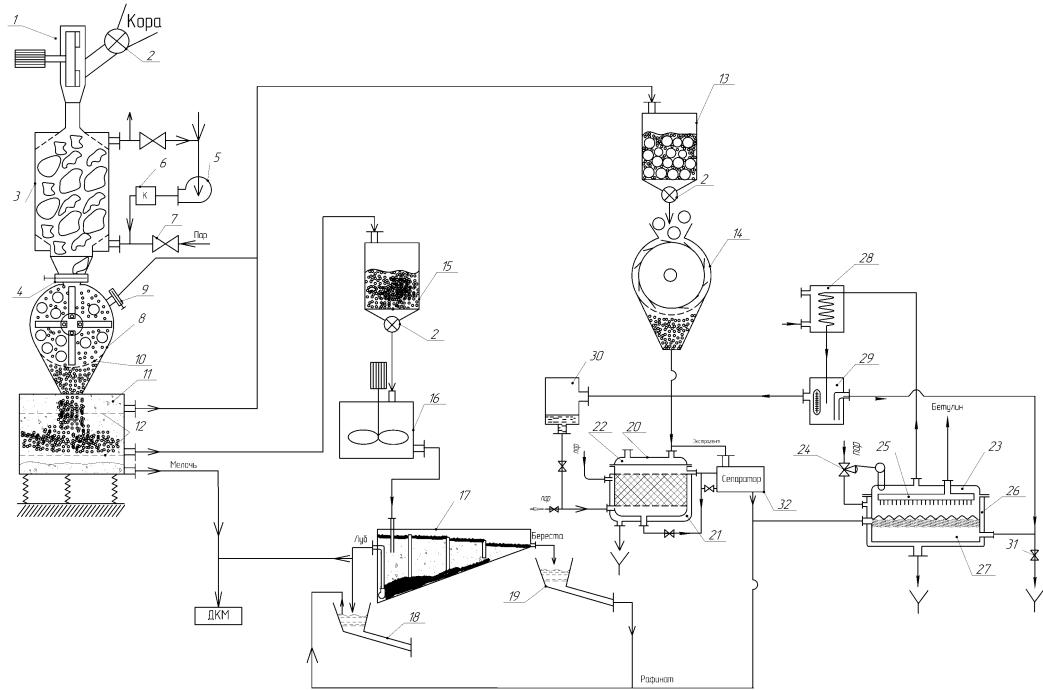


Рисунок 1 - Принципиальная схема комплексной переработки коры берёзы

Установка работает следующим образом. Кора березы проходит через рубительную машину, затем подается в сушильную камеру, где обрабатывается теплоносителем. После этого сырье измельчается в молотковой дробилке, где луб отделяется от бересты. Полученная масса проходит через вибрационный сепаратор, где разделяется на крупную, среднюю и мелкую фракции. Крупная фракция и остатки сепарации возвращаются в процесс, а средняя фракция подвергается сепарации на луб и бересту в смесителе и флорентине. Затем береста из флорентины направляется в экстрактор для извлечения бетулина. После экстракции происходит сепарация продуктов, включая бетулин, рафинат бересты и экстрагент. Луб, смешанный с рафинатом бересты, подвергается сушке и используется для производства древесно-полимерных композитных материалов. Вода, используемая в процессе, рециркулируется с помощью насоса и возвращается обратно в систему через смеситель.

Данная технология позволяет получить бетулин высокой степени чистоты, а также наполнитель для производства древесных композиционных плит.

### **Заключение.**

Разработка технологии комплексной переработки позволяет сократить выбросы CO<sub>2</sub> в атмосферу и получить ценный продукт бетулин, который востребован в России благодаря своим свойствам и ДКМ, которые являются одними из самых прочных и износостойких материалов.

## Список литературы

1. Инженерная методика расчета установки извлечения бетулина из бересты березы / А. В. Сафина, Д. Ф. Зиатдинова, Л. Р. Назипова [и др.] // Известия высших учебных заведений. Лесной журнал. – 2024. – № 1(397). – С. 195-207.
2. Мандыбура, С. С. Комплексная химическая переработка березовой коры: применение бетулина / С. С. Мандыбура // Арктические исследования: от экстенсивного освоения к комплексному развитию : Материалы III Международной молодежной научно-практической конференции, Архангельск, 26–28 апреля 2022 года. – Архангельск: Северный (Арктический) федеральный университет имени М.В. Ломоносова, 2022. – С. 481-484.
3. Обзор методов извлечения бетулина из коры березы / В. В. Губернаторов, Л. Р. Назипова, Д. А. Ахметова, А. А. Попов // Деревообрабатывающая промышленность. – 2022. – № 4. – С. 88-94.
4. Патент № 2801732 С1 Российская Федерация, МПК C07J 53/00, C07J 63/00, B01D 11/04. способ получения бетулина : № 2023102213 : заявл. 01.02.2023 : опубл. 15.08.2023 / Р. Г. Сафин, А. В. Сафина, Л. Р. Назипова [и др.] ; заявитель Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования "Казанский национальный исследовательский технологический университет".
5. Противовирусная активность ацильных производных бетулина, бетулиновой и дигидрохинопимаровой кислот / О. Б. Казакова, И. Е. Смирнова, Л. А. Балтина [и др.] // Биоорганическая химия. – 2019. – Т. 45, № 1. – С. 69-74.
6. Сайфутдинов, Д. М. Обзор современных работ в отрасли получения бетулина / Д. М. Сайфутдинов, А. Р. Хайрутдина, К. В. Валеев // ТРАДИЦИОННАЯ И ИННОВАЦИОННАЯ НАУКА: ИСТОРИЯ, СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ, ПЕРСПЕКТИВЫ : сборник статей Международной научно-практической конференции: в 5 частях, Пермь, 10 января 2018 года. Том Часть 5. – Пермь: Общество с ограниченной ответственностью "Аэтерна", 2018. – С. 18-22.
7. Сайфутдинов, Д. М. способ получения бетулина / Д. М. Сайфутдинов, Д. Р. Абдуллина, Д. Р. Гумеров // Наука и молодежь: проблемы, поиски, решения : Труды Всероссийской научной конференции студентов, аспирантов и молодых ученых, Новокузнецк, 14–16 мая 2019 года / Под общей редакцией М.В. Темлянцева. Том Выпуск 23. Часть VI. – Новокузнецк: Сибирский государственный индустриальный университет, 2019. – С. 330-334.
8. Сергеев, Д. В. Клинико-экспериментальная оценка противовоспалительных свойств бетулина / Д. В. Сергеев // Клиническая патофизиология. – 2013. – № 1-3. – С. 32-44. – EDN WWXHNR.
9. Шляхтун, А. Г. Влияние бетулина и бетулин-3,28-диацетата на скорость заживления термических ран у крыс / А. Г. Шляхтун, Е. А. Сидорович, В. О. Шатрова // Современные проблемы биохимии : сборник материалов конференции молодых ученых-

биохимиков с международным участием, посвященной 90-летию со дня рождения академика Ю.М. Островского, Гродно, 29 июня 2015 года. – Гродно: Гродненский государственный медицинский университет, 2015. – С. 125-128.

10. Mathematical description of birch bark impregnation and heating process of birch bark with toluene / A. Safina, L. Nazipova, R. Safin [et al.] // E3S Web of Conferences : XVI International Scientific and Practical Conference “State and Prospects for the Development of Agribusiness - INTERAGROMASH 2023”, Rostov-on-Don, Russia, 01–05 марта 2023 года. Vol. 413. – Rostov-on-Don, Russia: EDP Sciences, 2023. – P. 06007.

### References

1. Technische Methodik zur Berechnung der Anlage zur Extraktion von Betulin aus Birkenrinde / A. V. Safina, D. F. Ziatdinova, L. R. Nazipova [et al.] // Nachrichten von Hochschulen. Forstzeitschrift. - 2024. - Nr. 1 (397). - S. 195-207.
2. Mandybura, S. S. Komplexe chemische Verarbeitung von Birkenrinde: Die Verwendung von Betulin / S. S. Mandybura // Arktisforschung: Von der extensiven Entwicklung zur umfassenden Entwicklung: Proceedings der III. Internationalen Wissenschaftlichen und Praktischen Jugendkonferenz, Archangelsk, 26.-28. April 2022. - Archangelsk: Nördliche (Arktische) Föderale Universität benannt nach M. V. Lomonossow, 2022. - S. 481-484.
3. Übersicht über Verfahren zur Gewinnung von Betulin aus Birkenrinde / V. V. Governors, L. R. Nazipova, D. A. Akhmetova, A. A. Popov // Holzverarbeitende Industrie. – 2022. – Nr. 4. – S. 88-94.
4. Patent Nr. 2801732 C1 Russische Föderation, IPC C07J 53/00, C07J 63/00, B01D 11/04. Verfahren zur Gewinnung von Betulin: Nr. 2023102213: Anmeldung. 01.02.2023: Veröffentlich. 15.08.2023 / R. G. Safin, A. V. Safina, L. R. Nazipova [und andere]; Antragsteller: Staatliche Hochschule „Kasaner Nationale Forschungs- und Technologieuniversität“.
5. Antivirale Aktivität von Acyllderivaten von Betulin, Betulinsäure und Dihydrochinopimarsäure / O. B. Kazakova, I. E. Smirnova, L. A. Baltina [et al.] // Bioorganische Chemie. – 2019. – Bd. 45, Nr. 1. – S. 69–74.
6. Saifutdinov, D. M. Überblick über moderne Arbeiten in der Betulinproduktionsindustrie / D. M. Saifutdinov, A. R. Khairutdinova, K. V. Valeev // TRADITIONELLE und INNOVATIVE WISSENSCHAFT: GESCHICHTE, AKTUELLER STAND, PERSPEKTIVEN: Sammlung von Artikeln der Internationalen wissenschaftlichen und praktischen Konferenz: in 5 Teilen, Perm, 10. Januar 2018. Band Teil 5. – Perm: Gesellschaft mit beschränkter Haftung „Aeterna“, 2018. – S. 18–22.
7. Saifutdinov, D. M. Methode zur Gewinnung von Betulin / D. M. Saifutdinov, D. R. Abdullina, D. R. Gumerov // Wissenschaft und Jugend: Probleme, Suchen, Lösungen: Proceedings der Allrussischen wissenschaftlichen Konferenz von Studenten, Doktoranden und jungen Wissenschaftlern, Nowokusnezk, 14.-16. Mai 2019 / Unter der Leitung von M. V. Temlyantsev.

Band, Heft 23. Teil VI. – Nowokusnezk: Sibirische Staatliche Industrielle Universität, 2019. – S. 330–334.

8. Sergeev, D. V. Klinische und experimentelle Bewertung der entzündungshemmenden Eigenschaften von Betulin / D. V. Sergeev // Klinische Pathophysiologie. – 2013. – Nr. 1–3. – S. 32–44. – EDN WWXHNR.

9. Shlyakhtun, A. G. Einfluss von Betulin und Betulin-3,28-diacetat auf die Heilungsrate thermischer Wunden bei Ratten / A. G. Shlyakhtun, E. A. Sidorovich, V. O. Shatrova // Moderne Probleme der Biochemie: Materialsammlung der Konferenz junger Biochemiker mit internationaler Beteiligung, gewidmet dem 90. Geburtstag des Akademiemitglieds Yu. M. Ostrovsky, Grodno, 29. Juni 2015. – Grodno: Staatliche Medizinische Universität Grodno, 2015. – S. 125–128.

10. Mathematische Beschreibung der Imprägnierung und des Erhitzungsprozesses von Birkenrinde mit Toluol / A. Safina, L. Nazipova, R. Safin [et al.] // E3S Web of Conferences: XVI. Internationale wissenschaftliche und praktische Konferenz „Stand und Perspektiven der Entwicklung der Agrarindustrie – INTERAGROMASH 2023“, Rostow am Don, Russland, 1.–5. März 2023. Band 413. – Rostow am Don, Russland: EDP Sciences, 2023. – S. 06007.

DOI: 10.58168/TBiEc2025\_425-428

УДК 69.003:504.064

## СОВРЕМЕННАЯ ТЕНДЕНЦИЯ НИЗКОУГЛЕРОДНОГО РАЗВИТИЯ В СРЕДЕ СТРОИТЕЛЬНОЙ ИНДУСТРИИ

### CURRENT TREND OF LOW-CARBON DEVELOPMENT IN THE CONSTRUCTION INDUSTRY

**Федосов С.В.**, академик РААСН, доктор технических наук, профессор национальный исследовательский Московский государственный строительный университет, Москва, Россия.

**Федосеев В.Н.**, доктор технических наук, профессор ФГБОУ ВО «Ивановский государственный политехнический университет», Иваново, Россия.

**Титунин А.А.**, доктор технических наук, заведующий кафедрой ФГБОУ ВО «Костромской Государственный Университет», Кострома, Россия.

**Fedosov S.V.**, academician of the RAACS, doctor of technical sciences, professor national research Moscow state university of civil engineering, Moscow, Russia.

**Fedoseyev V.N.**, doctor of technical sciences, professor FGBOU VO «Ivanovo state polytechnical university», Ivanovo, Russia.

**Titunin A.A.**, doctor of technical sciences, head of department, FGBOU VO «Kostroma state university», Kostroma, Russia.

**Аннотация:** любое здание, потребляющее энергетические ресурсы (тепло, электричество и пр.) являются косвенными эмитентом<sup>70</sup> парниковых газов. Поскольку сжигание топлива для выработки энергетических ресурсов на его нужды производится в ТЭЦ, котельной и т.д.

**Abstract:** any building that consumes energy resources (heat, electricity, etc.) is an indirect emitter of greenhouse gases. Since the combustion of fuel to generate energy resources for its needs is carried out in a thermal power plant, boiler room, etc.

**Ключевые слова:** экология, углеродный след, теплоснабжение, строительство, энергоэффективность.

**Keywords:** ecology, carbon footprint, heat supply, construction, energy efficiency.

Расчёты показывают, что:

- суммарная эмиссия парниковых газов<sup>71</sup> всех зданий существующего жилого фонда, энергоэффективность которых, как правило, ниже расчетного индекса класса энергоэффективности С (нормальный) превышает установленные федеральным законом

<sup>70</sup> Эмитент - в связи с парниковыми газами, — это компания, производящая выбросы газообразных отходов или тепла. Основные эмитенты парниковых газов - энергетика, промышленное производство, животноводство и сфера обращения с отходами.

<sup>71</sup> Эмиссия парниковых газов -выброс в атмосферу парниковых газов, вызывающих изменение климата.

№ 296-ФЗ [1] целевые показатели - бенчмаркеры<sup>72</sup>, то есть установленный государственный эталон значения эмиссии CO<sub>2</sub> на единицу площади или объема здания для организаций, деятельность которых сопровождается выбросом в атмосферу парниковых газов.

- суммарное снижение эмиссии парниковых газов зданий, строений существующего жилого фонда и вновь возводимых зданий, то есть снижение их углеродного следа за счет применения мероприятий по энергосбережению, позволяет практически уменьшить нагрузку на экосистему России.

Здания, построенные во второй половине прошлого века и составляющие основную долю существующего жилого фонда, потребляющие неконтролируемую высокую тепловую и электрическую нагрузку должны стать объектами климатических проектов<sup>73</sup> - проектов, направленных на выполнение комплекса мероприятий по энергоэффективности и энергосбережению, обеспечивающих сокращение (предотвращение) выбросов парниковых газов.

С одной стороны, сегодня нормативно-правовая база для выполнения климатических проектов в России создана. Однако в соответствующих постановлениях правительства, приказах министерстве строительства и сводах, правилах для проектных организаций представлены пока только основные требования и мероприятия для проектирования строений, реконструкции капитального ремонта зданий.

В виде эксперимента сегодня уже выполняются климатические проекты зданий на уровне, соответствующем как минимум классу энергоэффективности - С (нормальный).

С другой стороны, только законодательных, административных мер недостаточно для обеспечения выполнения климатических проектов. Нужна экономическая мотивация, которая будет стимулировать реализацию этих проектов. В нашем случае эта мотивация может быть реализована через создание так называемого углеродного рынка обращения углеродных единиц (УЕ)<sup>74</sup> - как верифицированного<sup>6</sup> результата реализации климатического проекта, выраженного в количественной массе парниковых газов, эквивалентной 1 т CO<sub>2</sub> [2].

Товаром на таком углеродном рынке<sup>75</sup> должны являться углеродные единицы, количество которых у каждого рынка соответствует разнице между бенчмаркером объекта строительства или капитальным ремонтом, и реальным верифицированным углеродным следом ΔУЕ. Эта разница может быть как положительной, тогда для субъекта рынка — это товар для продажи, и отрицательный - в этом случае дефицит необходимо компенсировать покупкой недостающего количества углеродных единиц.

<sup>72</sup> Бенчмаркеры, -в связи с углеродным следом, -эталонные показатели для сопоставительного анализа углеродоёмкости. Углеродоёмкость - соотношение объёмов выбросов углекислого газа (CO<sub>2</sub>) и количества потреблённой энергии, показывает, сколько граммов (кг) CO<sub>2</sub> выделяется для производства 1 кВт·ч электроэнергии.

<sup>73</sup> регистрация климатических углеродных проектов, учет углеродных единиц и операций с ними — это все состоит в Российском реестре углеродных единиц. Правительством РФ, в таком реестре для проведения операций с углеродными единицами, назначен оператором АО «Контур».

<sup>74</sup> Углеродная единица - разница между бенчмаркером строительного объекта и реальным верифицированным углеродным следом здания (ΔУЕ).

<sup>75</sup> Рынок углеродных единиц - механизм экономического эффекта, то есть бенчмаркинг с эталоном в формате сравнительного анализа.

Постановлением Правительства РФ [3] «Об утверждении Правил установления требований энергетической эффективности для зданий, строений, сооружений и требований к правилам определения класса энергетической эффективности многоквартирных домов», государство косвенно устанавливает аналоги таких бенчмаркеров, выраженных в показателях удельного количества тепла, а также предлагает определять динамику их изменения по годам для каждого вновь возводимого многоквартирного здания[4,5], и как следствие, запретив строительство зданий ниже проектноустановленного класса энергоэффективности:

- Е (пониженный) - начиная с 1 сентября 2022 года;
- D (нормальный) - начиная с 1 марта 2024 года;
- С (повышенный) - начиная с 1 сентября 2026 года;
- В (высокий) - начиная с 1 сентября 2027 года.

В качестве ориентира для определения величины бенчмаркера по углеродному следу следует принимать показатели, соответствующие на данный отрезок времени, минимально допустимые классу энергоэффективности. Указанные классы энергоэффективности привязаны к показателям удельного значения мощности на единицу отапливаемого объёма здания (количества тепла), потребляемого многоквартирным зданием ( $\text{Вт}/\text{м}^{3,0}\text{C}$ ). Для формирования показателей углеродного рынка следует переходить от удельного потребления тепла к углеродному следу здания (УС), и, следовательно, к углеродным единицам (УЕ).

### **Список литературы**

1. Федеральный закон РФ №296-ФЗ от 02.07.2021 «Об ограничении выбросов парниковых газов».
2. ГОСТ Р 71466 - 2024. Экологические требования к объектам недвижимости. Энергосбережение и энергетическая эффективность зданий жилых и общественных. Методы оценки показателей углеродного следа.
3. Постановление Правительства РФ от 27.09.2021 №1628 «Об утверждении Правил установления требований энергетической эффективности для зданий, строений, сооружений и требований к правилам определения класса энергетической эффективности многоквартирных домов».
4. Федосов С.В., Титунин А.А., Федосеев В.Н. Практическая реализация энерго- и ресурсосберегающих технологий в деревянном домостроении // В сборнике: Актуальные проблемы развития лесного комплекса. материалы XXII Международной научно-технической конференции. Вологда, 2024. С. 227-231.
5. Федосов С.В., Федосеев В.Н., Воронов В.А. Эколого-энергосберегающий эффект воздушных теплохолодильных установок деревянного домостроения / В сборнике: Актуальные проблемы развития лесного комплекса. материалы XXII Международной научно-технической конференции. Вологда, 2024. С. 231-235.

## References

1. Federal Law of the Russian Federation No. 296-FZ dated 02.07.2021 "On Limiting Greenhouse Gas Emissions".
2. GOST R 71466 - 2024. Environmental requirements for real estate. Energy saving and energy efficiency of residential and public buildings. Methods for assessing carbon footprint indicators.
3. Resolution of the Government of the Russian Federation of 09.27.2021 No. 1628 "On approval of the Rules for establishing energy efficiency requirements for buildings, structures, structures and requirements for the rules for determining the energy efficiency class of apartment buildings".
4. Fedosov S.V., Titunin A.A., Fedoseev V.N. Practical implementation of energy- and resource-saving technologies in wooden housing construction // In the collection: Actual problems of the development of the forest complex. materials of the XXII International scientific and technical conference. Vologda, 2024. P. 227-231.
5. Fedosov S.V., Fedoseev V.N., Voronov V.A. Ecological and energy-saving effect of air heat and cooling units of wooden housing construction / In the collection: Actual problems of development of the forest complex. materials of the XXII International scientific and technical conference. Vologda, 2024. P. 231-235.

DOI: 10.58168/TBiEc2025\_429-434

УДК 630\*377.45

**ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ЛЕСНОГО МАНИПУЛЯТОРА  
С ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩИМ ГИРОПРИВОДОМ**  
**IMPROVING THE EFFICIENCY OF THE FOREST MANIPULATOR  
WITH ENERGY-SAVING GYRO DRIVE**

**Хоменко К.Г.**, соискатель, ФГБОУ ВО «Воронежский государственный лесотехнический университет имени Г.Ф. Морозова», Воронеж, Россия.

**Четверикова И.В.**, к.т.н., доцент, ФГБОУ ВО «Воронежский государственный лесотехнический университет имени Г.Ф. Морозова», Воронеж, Россия.

**Попикова А.В.**, аспирант, ФГБОУ ВО «Воронежский государственный лесотехнический университет имени Г.Ф. Морозова», Воронеж, Россия.

**Попиков П.И.**, д.т.н., профессор, ФГБОУ ВО «Воронежский государственный лесотехнический университет имени Г.Ф. Морозова», Воронеж, Россия.

**Khomenko K.G.**, applicant, Voronezh State University of Forestry and Technologies named after G.F. Morozov, Voronezh, Russia.

**Chetverikova I.V.**, candidate of Technical Sciences, Associate Professor Voronezh State University of Forestry and Technologies named after G.F. Morozov, Voronezh, Russia.

**Popikova A.V.**, postgraduate student, Voronezh State University of Forestry and Technologies named after G.F. Morozov, Voronezh, Russia.

**Popikov P.I.**, doctor of Technical Sciences, Professor Voronezh State University of Forestry and Technologies named after G.F. Morozov, Voronezh, Russia.

**Аннотация:** в работе проведен анализ литературных источников. Представлена новая конструкция энергосберегающего гидропривода механизма поворота колонны лесного гидроманипулятора. Целью представленной работы является снижение энергоемкости и динамической нагруженности лесного манипулятора путем совершенствования энергосберегающего гидропривода и разработки методики лабораторных исследований. Для проведения эксперимента изготовлен действующий лабораторный стенд с энергосберегающим гидроприводом механизма поворота колонны манипулятора, испытания подтвердили эффективность применения энергосберегающего гидропривода.

**Abstract:** the paper analyzes literary sources. A new design of an energy-saving hydraulic drive mechanism for rotating a column of a forest hydraulic manipulator is presented. The purpose of the presented work is to reduce the energy intensity and dynamic load of the forest manipulator by improving the energy-saving hydraulic drive and developing laboratory research methods. For the experiment, an operating laboratory stand with an energy-saving hydraulic drive of the manipulator column rotation mechanism was made, the tests confirmed the effectiveness of the energy-saving hydraulic drive.

**Ключевые слова:** манипулятор, механизм поворота, энергосберегающий гидропривод, кинематика, эффективность, энергосбережение, рекуперация.

**Keywords:** manipulator, rotary mechanism, energy-saving hydraulic drive, kinematics, efficiency, energy saving, recovery.

Проблема энергоэффективности технологических машин и оборудования актуальна в нашей стране и зарубежных странах. В работах [1-2] проведен анализ способов регулирования скорости штока гидроцилиндра пресса, оснащенного гидроаккумулятором для рекуперации энергии. Разработана математическая модель рабочих процессов пресса с учетом объемной жесткости, в результате решения которой в среде SimInTech, установлено влияние параметров гидропривода на величину коэффициента эффективности. В работе [3] предлагается стенд, оборудованный энергосберегающим гидроприводом, датчиками давления рабочей жидкости типа ПД-100 и тензолабораторией ZETLAB ZET 058. В результате лабораторных исследований выявлено, что энергосберегающий гидропривод позволяет на 65-70% снизить энергоемкость рабочего процесса, а также в 1,2-1,3 раза уменьшить всплески давления в переходных режимах. В работе [4] представлена новая компоновочная схема форвардера с колесной формулой 6х6 с приводом колес от отдельных гидромоторов с возможностью рекуперации энергии при поворотах во время движения по пересеченной местности лесных объектах. В результате исследований динамики энергосберегающего гидропривода [5] бесчокерного трелевочного установлено, что энергия рекуперации составила 1,7 ... 2,1 кВт.

Целью работы является снижение энергоемкости и динамической нагруженности лесного манипулятора путем совершенствования энергосберегающего гидропривода и разработки методики лабораторных исследований.

На рисунке 1 изображена гидрокинематическая схема предлагаемого механизма поворота колонны манипулятора с энергосберегающим гидроприводом. Во время циклов разгона и торможения гидроманипулятора, из-за действия сил инерции в цилиндрах 10 и 11, формируется увеличенное давление рабочей жидкости. Если это давление превосходит давление предварительной накачки гидроаккумулятора 18, часть жидкости направляется через обратные клапаны 15 или 16 по гидромагистрали 17 в гидроаккумулятор 18 для его подзарядки. Когда гидроаккумулятор 18 полностью заряжен, разгрузочный механизм 27 выключает насос 24, переводя его в состояние работы вхолостую, что способствует снижению потребления энергии.

В лабораторных условиях применяется серийный манипулятор модели ЛВ-210-01 Майкопского машиностроительного завода. Он установлен на сварной раме, выполненной из швеллеров. Гидравлический манипулятор был соединен с насосной станцией, оснащенной насосом НШ-32.

Для контроля давления рабочей жидкости в трубопроводы интегрирован датчик давления ZET 315. Этот датчик преобразует давление жидкости в электрический сигнал,

который затем может быть обработан и отображен на контрольно-измерительной аппаратуре. Выбор датчика ZET 315 обусловлен его высокой точностью, надежностью и устойчивостью к воздействию агрессивных сред.

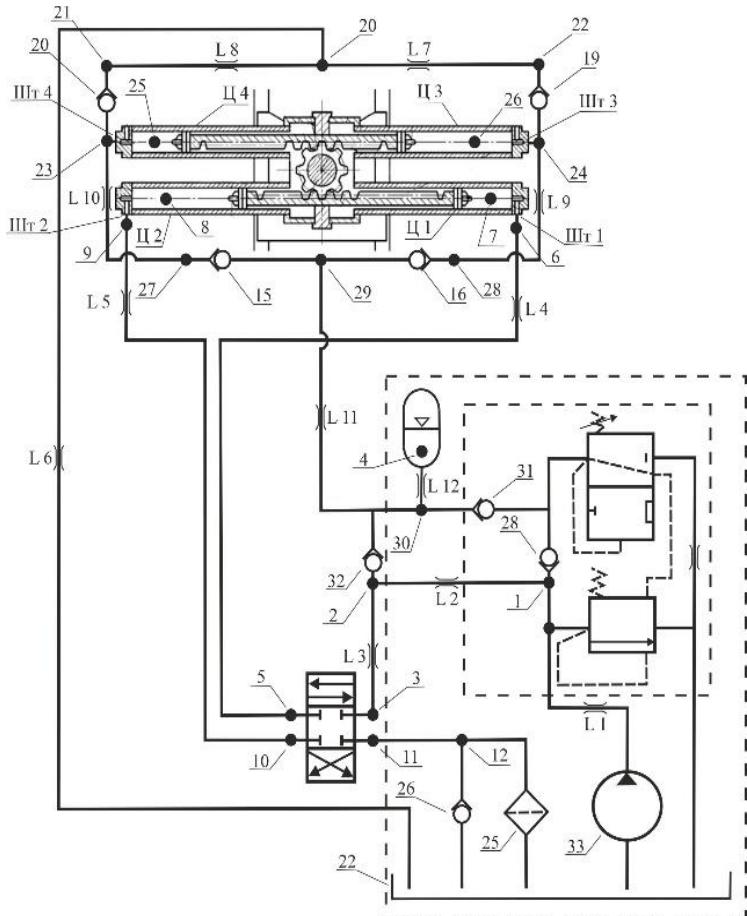


Рисунок 1 – Гидрокинематическая схема энергосберегающего гидропривода механизма поворота колонны гидроманипулятора

В ходе лабораторной калибровки датчика давления применялась насосная установка и измерительная система ZET 058. Давление в насосной системе ступенчато менялось на 0,5 МПа, при этом сигнал, поступающий с датчика, фиксировался с помощью компьютера. ZET 058 осуществлял преобразование аналогового сигнала с датчика в цифровую форму и выводил информацию на компьютер в виде графика и таблицы данных. Тарировка позволила установить точное соответствие между давлением в системе и показаниями датчика. Полученные данные были использованы для калибровки контрольно-измерительной аппаратуры и обеспечения точности измерений.

Для изучения поведения гидропривода выполнялся анализ поршневых камер гидроцилиндров. При этом учитывалось как наличие, так и отсутствие гидропневмоаккумулятора в гидравлической системе манипулятора ЛВ-210-01 (рисунок 2).

В ходе экспериментальных исследований осуществлялись измерения динамических (давление рабочей жидкости) и кинематических (угловой скорости поворота колонны) характеристик при вращении колонны манипулятора. Замерялось торможение поворотной колонны при ее повороте на  $180^\circ$  с дискретностью в  $60^\circ$  относительно начального положения.

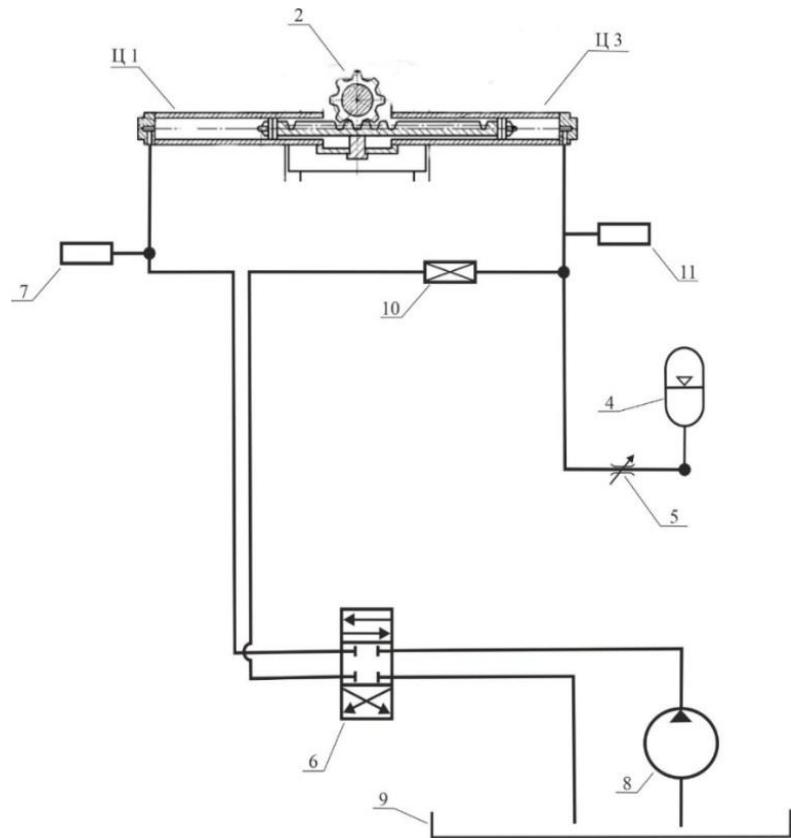


Рисунок 2 – Гидрокинематическая схема лабораторного стенда, включающего гидроманипулятор модели ЛВ-210-01

Порядок проведения лабораторного эксперимента: включение гидораспределителя 6 на подачу рабочей жидкости в гидроцилиндр 1 при открытом кране 10 и закрытом дросселе 5, поворот колонны 2 против часовой стрелки на углы поворота ( $60^\circ; 120^\circ$ ); после каждого поворота распределитель ставится в нейтральное положение, одновременно закрывается кран 10 и открывается дроссель 5. Колонна по инерции в режиме торможения продолжает поворот против часовой стрелки и накапливает энергию в гидроаккумуляторе 4. При полной остановке колонны закрывается дроссель 5. Остановка колебаний груза 10 секунд; открытие дросселя 5, включение распределителя 6 на слив рабочей жидкости из гидроцилиндра 1 в гидробак 9 и замер угла поворота колонны от гидроаккумулятора 4.

Проведение исследования работы механизма поворота гидроманипулятора предлагается выполнить по методике полнофакторного эксперимента при следующих

параметрах: масса груза: 50кг; 100 кг; 150 кг; вылет стрелы: 1,6 м; 2,7 м; 3.8 м; максимальный угол поворота колонны 180°; номинальное давление в гидросистеме 20 МПа; номинальный расход рабочей жидкости 26 л/мин; используемый гидрораспределитель Badestnost 5–408; предварительная зарядка гидроаккумулятора 5 МПа. Измерение давлений в гидроцилиндрах Ц1 и Ц3 проводится при пошаговом повороте колонны на угол 30°. Гидроцилиндр 3 выполняет функцию гидроцилиндра рекуперации.

Предварительные лабораторные испытания подтвердили эффективность применения энергосберегающего гидропривода на лесном манипуляторе по критериям снижения энергоемкости и динамической нагруженности.

### **Список литературы**

1. Вялов, С.А., Рыбак, А.Т., Цыбрид, И.К., Пелипенко, А.Ю. Трехскоростной гидромеханический привод возвратно-поступательного движения с рекуперацией энергии // Сборка в машиностроении, приборостроении. 2021; 9: 397-401.
2. Pelipenko A., Rybak A., Sarkisian D., Saakian S., Zhyravlyova A. Stand for Life Tests of Plunger Hydraulic Cylinders // Lecture Notes in Networks and Systems. 2022; 246: 198–206.
3. Попиков, П.И. Стенд для испытаний грузоподъемных механизмов лесных манипуляторов с рекуперацией энергии/ П.И. Попиков, А.В. Конюхов, С.К. Попиков, А.В. Попикова // В сборнике: Энергоэффективность и энергосбережение в современном производстве и обществе. Материалы международной научно-практической конференции. Воронеж, 2022. с. 105-110.
4. Федченко, В.Б., Хакимов, Э.Ф. Анализ компоновки перспективного Гибридного форвардера с мотор-Колесами к.т.н. Доцент Студент-магистр ФГБОУ ВО «Сибирский государственный университет науки и технологий им. М. Ф. Решетнева // Сборник статей XLV Международной научно-практической конференции. – Пенза: МЦНС «Наука и Просвещение». – 2020. – 256 с.
5. Четверикова, И.В., Зимарин, С.В., Бурдыкин, А.В. К вопросу совершенствования гидропривода бесчокерного трелевочного захвата // Повышение эффективности лесного комплекса. Материалы седьмой Всероссийской национальной научно-практической конференции с международным участием. Петрозаводск, 2021: 197-199.

### **References**

1. Vyalov S.A., Rybak A.T., Tsybri I.K., Pelipenko A.Yu. Three-speed hydromechanical reciprocating drive with energy recovery // Assembly in mechanical engineering, instrument engineering. 2021; 9: 397-401.
2. Pelipenko A., Rybak A., Sarkisian D., Saakian S., Zhyravlyova A. Stand for Life Tests of Plunger Hydraulic Cylinders // Lecture Notes in Networks and Systems. 2022; 246: 198-206.

3. Popikov P.I. Test bench for lifting mechanisms of forest hydraulic manipulators with energy recovery/ P.I. Popikov, A.V. Konyukhov, S.K. Popikov, A.V. Popikova//In the collection: energy efficiency and energy conservation in modern production and society. materials of the international scientific and practical conference. Voronezh, 2022. pp. 105-110.

4. Layout analysis of a promising Hybrid forwarder with motor Wheels Fedchenko V.B. Candidate of Technical Sciences Associate Professor Khakimov E.F. Master's student of the Siberian State University of Science and Technology named after M. F. Reshetnev // Collection of articles XLV International Scientific and Practical Conference

5. Chetverikova I.V., Zimarin S.V., Burdykin A.V. On the issue of improving the hydraulic drive of a shockless skidding gripper // Improving the efficiency of the forest complex. Proceedings of the seventh All-Russian National Scientific and Practical Conference with international participation. Petrozavodsk, 2021: 197-199.

DOI: 10.58168/TBiEc2025\_435-440

УДК 674

## ПРОИЗВОДСТВО КОМПОЗИЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ ИЗ ДРЕВЕСНЫХ ОТХОДОВ МЕТОДОМ ГОРЯЧЕГО ПРЕССОВАНИЯ

### PRODUCTION OF COMPOSITE MATERIALS FROM WOOD WASTE BY HOT PRESSING

**Черных А.С.**, к.т.н., доцент ФГБОУ ВО «Воронежский государственный лесотехнический университет имени Г.Ф. Морозова», Воронеж, Россия.

**Рублев И.Ю.**, аспирант ФГБОУ ВО «Воронежский государственный лесотехнический университет имени Г.Ф. Морозова», Воронеж, Россия.

**Chernykh A.S.**, candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Voronezh State University of Forestry and Technologies named after G.F. Morozov, Voronezh, Russia.

**Rublev I.Y.**, postgraduate, Voronezh State University of Forestry and Technologies named after G.F. Morozov, Voronezh, Russia.

**Аннотация:** в работе рассмотрен метод производства композиционных материалов из древесных отходов путем горячего прессования. Был проведен анализ процесса горячего прессования, его параметров и применяемого оборудования.

**Abstract:** the article considers a method for the production of composite materials from wood waste by hot pressing. The analysis of the hot-pressing process, its parameters and the equipment used was carried out.

**Ключевые слова:** древесные отходы, технология, композиционный материал, горячий пресс, переработка, кора березы.

**Keywords:** wood waste, technology, composite material, hot press, recycling, birch bark.

Современная лесная и деревообрабатывающая отрасли ежегодно генерируют значительные объемы древесных отходов – опилки, щепу, кору, стружку и другие материалы. По оценкам, до 30-50% исходного сырья превращается в отходы, которые зачастую не находят эффективного применения и либо сжигаются, либо складируются, что приводит к экологическим проблемам и экономическим потерям. Недостаточная переработка древесных отходов снижает общую эффективность использования лесных ресурсов и создает угрозу загрязнения окружающей среды.

В связи с этим актуальной задачей является разработка технологий, позволяющих эффективно использовать древесные отходы для производства новых материалов с высокими эксплуатационными характеристиками. Одним из перспективных направлений является производство композиционных материалов на основе древесных отходов методом горячего прессования. Метод горячего прессования древесины – технология, при которой

древесные материалы (волокна, частицы, шпон) скрепляются под воздействием высокой температуры и давления с помощью kleящих веществ.

Этот метод широко используется для производства древесно-стружечных плит (ДСП), фанеры, и других древесных композиционных материалов. Горячее прессование позволяет объединить древесные частицы, используя клей и воздействие тепла и давления, в единый материал с повышенной плотностью и прочностью [1].

Рассмотрим этапы технологии горячего прессования.

Подготовка материала – это ключевой этап процесса горячего прессования, который напрямую влияет на качество готового изделия. На данном этапе обеспечиваются оптимальные параметры заготовки, такие как влажность, ровность поверхности и адгезия клея. Для горячего прессования используются разнообразные материалы, включая:

- Древесину (массив, шпон);
- Композиты (ДСП, МДФ, фанера);
- Полимерные материалы (термопласты, термореакты).
- Ключевые параметры выбора материала:

Толщина материала должна соответствовать техническим возможностям пресса. Оптимальная плотность для древесины – от 500 до 800 кг/м<sup>3</sup>. На поверхности материала должны отсутствовать крупные дефекты, трещины и смоляные карманы.

Влажность материала играет решающую роль в процессе горячего прессования. Высокая влажность может привести к дефектам, таким как коробление или разрыв волокон. Для древесины допустимая влажность составляет 6...12%.

Процесс сушки:

- Использование камерной сушки при температуре 50–70°C.
- Контроль влажности влагомером перед подачей материала на пресс.

Следующий этап – резка заготовки, обработка поверхности и нанесение клеевого состава. Для равномерного распределения давления в процессе прессования материал должен иметь точные геометрические размеры. Заготовка подгоняется под размеры пресс-формы. Для повышения адгезии клея заготовка подвергается шлифовке. Это устраняет неровности и улучшает сцепление клеевого состава с поверхностью материала.

Этапы шлифовки:

- Грубая шлифовка абразивами зернистостью Р60...Р80.
- Тонкая шлифовка абразивами Р120...Р180 для создания гладкой поверхности.

Затем на поверхность материала равномерно наносится клей, который активируется при нагреве. Методы нанесения клея: ручной (валиком или кистью) для мелких партий, автоматизированный (распылители, kleенаносящие машины) для серийного производства.

Существуют различные типы клея:

- Поливинилацетатный (PVA) — для древесных материалов.
- Карбамидные смолы — для фанеры и ламинированных плит.
- Полиуретановый — для влагостойких изделий.

Этап нагрева и подготовки пресса является критическим для успешного выполнения процесса горячего прессования. На этом этапе создаются условия для равномерного распределения температуры по всей площади заготовки и активации клеевых составов.

Прежде чем приступить к нагреву, необходимо задать рабочую температуру пресса. Оптимальная температура варьируется в зависимости от используемого материала и клея:

- Древесина: 120...140°C для поливинилацетатного клея.
- Фанера и ламинированные панели: 150...180°C для карбамидных смол.
- Полимеры: 180...200°C для термопластов.

После прогрева необходимо задать начальное давление, которое будет приложено к заготовке.

При прессовании смесь помещается в пресс и подвергается воздействию высокой температуры и давления, что активирует клей и скрепляет материалы. После прессования плита охлаждается, обрезается и шлифуется для достижения желаемой толщины и качества поверхности.

Теперь рассмотрим устройство оборудования для горячего прессования композиционных материалов из древесных отходов. Для такого метода производства применяется гидравлический горячий пресс.

Гидравлическая система является основой гидравлического горячего пресса, обеспечивая необходимое давление и управляющее усилие для точной и эффективной работы. Эта система состоит из нескольких ключевых компонентов, каждый из которых играет важную роль в поддержании функциональности машины. Гидравлический насос: Сердце гидравлической системы, насос создает давление жидкости, необходимое для работы всей системы. Он преобразует механическую энергию в гидравлическую, обеспечивая стабильный поток жидкости под давлением. Гидравлический цилиндр: Выполняя роль исполнительного механизма, гидроцилиндр преобразует давление жидкости, поступающей от насоса, в механическую силу. Это усилие используется для точного перемещения компонентов пресса, таких как верхняя и нижняя плиты. Гидравлический трубопровод: Трубопроводы - это жилы системы, транспортирующие жидкость под давлением от насоса к цилиндрам и другим компонентам. Они должны быть прочными и герметичными, чтобы поддерживать целостность системы. Гидравлический клапан: Клапаны в системе управляют направлением, давлением и расходом гидравлической жидкости. Они обеспечивают правильное распределение жидкости по различным частям системы, обеспечивая плавное и контролируемое движение [2].

Система нагрева в гидравлическом горячем прессе - важнейший компонент, отвечающий за поддержание необходимой температуры нагрева. Эта система состоит из нескольких ключевых элементов, каждый из которых играет важную роль в обеспечении эффективного и точного теплового контроля.

Электрический нагреватель: Электронагреватель является основным источником тепла, преобразуя электрическую энергию в тепловую. Он стратегически расположен так,

чтобы обеспечить равномерное распределение тепла по всей нагревательной плите. Нагревательная плита – это важнейший интерфейс, передающий генерируемое тепло обрабатываемому материалу. Обычно она изготавливается из высококачественных теплопроводящих материалов для обеспечения быстрой и равномерной передачи тепла. Нагревательный трубопровод обеспечивает циркуляцию теплоносителя, например, масла или воды, для поддержания постоянной температуры во всей системе. Эта сеть труб обеспечивает равномерное распределение тепла, предотвращая появление горячих точек и обеспечивая оптимальные условия обработки. Интеграция этих компонентов позволяет системе отопления создавать необходимую тепловую среду для различных процессов, от склеивания электронных компонентов до формовки металлических изделий. Точный контроль температуры необходим для достижения высококачественных результатов при производстве различных изделий [2].

Также в гидравлическом прессе присутствует система контроля давления – критически важная подсистема, предназначенная для поддержания и регулировки уровня давления в машине. Эта система обеспечивает постоянство и точность давления в процессе прессования, что необходимо для получения высококачественной конечной продукции. Она состоит из датчика давления, клапана давления и манометра. Помимо контроля давление также присутствует контроль температуры.

Ключевые параметры, влияющие на качество и производительность процесса горячего прессования:

- Температура прессования – обычно в диапазоне 140...220 °С, влияет на скорость спекания и свойства материала.
- Давление прессования – от 1 до 5 МПа, обеспечивает плотность и прочность изделия.
- Время прессования – зависит от толщины и состава материала, варьируется от нескольких секунд до нескольких минут.
- Влажность исходного сырья – оптимально 6...12%, влияет на адгезию и предотвращает образование дефектов.
- Скорость нагрева и охлаждения – важна для предотвращения внутренних напряжений и деформаций.

Правильный подбор и настройка этих параметров позволяют получать композиционные материалы с заданными характеристиками.

Производство композиционных материалов из древесных отходов методом горячего прессования представляет собой эффективное решение проблемы утилизации отходов лесной промышленности. Данный метод позволяет создавать материалы с улучшенными эксплуатационными характеристиками, снижая нагрузку на окружающую среду и повышая экономическую эффективность производства [3].

Особый интерес представляет использование коры березы в качестве сырья для горячего прессования. На сегодняшний день производство композиционных материалов из

коры березы данным методом практически не исследовано, что открывает перспективы для научных разработок и внедрения инновационных технологий. Кора березы обладает уникальными химическими и физическими свойствами, которые могут положительно влиять на качество конечного продукта. [4, 5].

Таким образом, актуальность исследования производства композиционных материалов из коры березы методом горячего прессования высока и требует дальнейшего изучения с целью разработки новых материалов и технологий, способствующих рациональному использованию древесных ресурсов и развитию экологически чистого производства.

### **Список литературы**

1. Файзулин И.З., Мусин И.Н., Вольфсон С.И. Производство древесно-полимерных композиционных материалов экструзионным методом// Вестник Казанского технологического университета. 2014. № 21. С. 81-84.
2. Скурыдин Ю.Г., Скурыдина Е.М. Влияние параметров горячего прессования на физико-механические характеристики композиционных материалов// Хвойные бореальной зоны.2019. №6. С.465-470.
3. Баяндин, М. А. Производство древесных плит: учебное пособие// Красноярск: СибГАУ, 2016. - 78 с.
4. Патент на изобретение RU 2739888 C1, 29.12.2020. Черных А.С., Сысоев А.С. Способ получения композиционного материала из коры березы. – URL : <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=44699454>.
5. Черных А.С., Рублев И.Ю. Проблемы переработки древесных отходов в виде коры березы. В сборнике: Энергоресурсосберегающие и экологически безопасные технологии лесопромышленного комплекса : Материалы Международной научной конференции ученых и студентов. Воронеж, 2024. С. 208-212. – URL : <https://elibrary.ru/item.asp?id=79715496>.

### **References**

1. Fayzullin I.Z., Musin I.N., Wolfson S.I. Production of wood-polymer composite materials by extrusion method// Bulletin of Kazan Technological University. 2014. No. 21. pp. 81-84.
2. Skurydin Yu.G., Skurydina E.M. The influence of hot-pressing parameters on the physico-mechanical characteristics of composite materials// Conifers of the boreal zone.2019. No. 6. pp.465-470.
3. Bayandin, M. A. Production of wood boards: a textbook// Krasnoyarsk: Sibgtu, 2016. - 78 p.
4. Patent for the invention RU 2739888 C1, 12/29/2020. Chernykh A.S., Sysoev A.S. Method of obtaining composite material from birch bark. – URL : <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=44699454>.

5. Chernykh A.S., Rublev I.Y. Problems of processing wood waste in the form of birch bark. In the collection: Energy-saving and environmentally friendly technologies of the timber industry : Proceedings of the International Scientific Conference of Scientists and Students. Voronezh, 2024. pp. 208-212. – URL : <https://elibrary.ru/item.asp?id=79715496>.

DOI: 10.58168/TBiEc2025\_441-447

УДК 674

## ЭКСТРУЗИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ПРОИЗВОДСТВА КОМПОЗИЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ ИЗ ДРЕВЕСНЫХ ОТХОДОВ

### EXTRUSION TECHNOLOGIES FOR THE PRODUCTION OF COMPOSITE MATERIALS FROM WOOD WASTE

**Черных А.С.**, кандидат технических наук, доцент ФГБОУ ВО «Воронежский государственный лесотехнический университет имени Г.Ф. Морозова», Россия, Воронеж. Chernykh A.S., candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Voronezh State University of Forestry and Technologies named after G.F. Morozov», Voronezh, Russia.

**Рублев И.Ю.**, аспирант ФГБОУ ВО «Воронежский государственный лесотехнический университет имени Г.Ф. Морозова», Россия, Воронеж. Rublev I.Y., postgraduate, Voronezh State University of Forestry and Technologies named after G.F. Morozov, Voronezh, Russia.

**Аннотация:** В работе рассмотрен перспективный метод переработки древесных отходов-экструзия. Был проведен анализ процесса экструзии, его параметров и применяемого оборудования. Также было рассмотрено устройство экструдера и его разновидности.

**Abstract:** The article considers a method of processing wood waste-extrusion. An analysis of the extrusion process, its parameters and the equipment used was carried out. The extruder device and its varieties were also considered.

**Ключевые слова:** древесные отходы, технология, композиционный материал, экструзия, переработка.

**Keywords:** wood waste, technology, composite material, extrusion, recycling.

В современном мире проблемы промышленного использования древесных отходов становятся все более острыми. Ежегодно образуется огромное количество отходов лесоперерабатывающей промышленности. По данным различных исследований, до 50% древесины может уходить в отходы, которые часто не подлежат переработке. Это не только приводит к потере ценного сырья, но и негативно сказывается на экологии, увеличивая количество углеродных выбросов. В связи с этим возникает потребность в создании действенных методов преобразования древесных отходов в высококлассные композитные материалы, пригодные для применения в различных сферах.

Одним из наиболее перспективных методов переработки древесных отходов является производство древесно-полимерных композитов методом экструзии. Экструзия – это метод

переработки древесных отходов, при котором расплавленный или пластичный композиционный материал, состоящий из полимерной матрицы, древесного наполнителя и комплекса добавок выдавливается через формующее отверстие для получения готовых изделий. Экструзивный метод позволяет производить детали со сложной формой погонажного типа, с толщиной стенок до 2-3 мм, что положительно отличает его от других методов, например, горячего прессования плитных материалов или их прокатывания.

Многофункциональные древесно-полимерные композиты изготавливают на специализированных экструзионных линиях (рис.1).

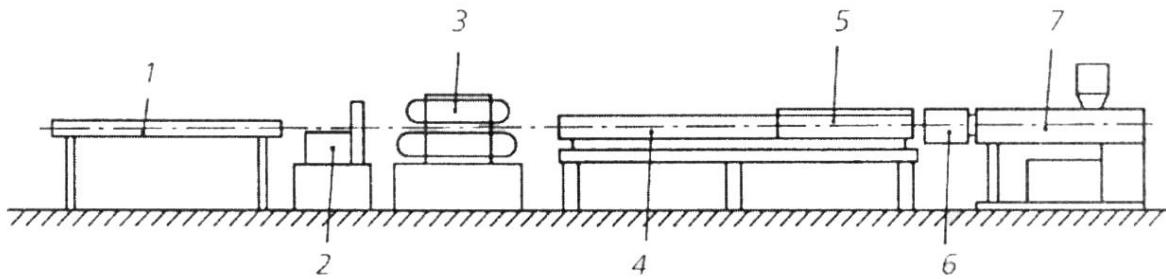


Рисунок 1 – Принципиальная схема производственной линии для производства древесно-полимерных композитов методом экструзии: 1 - приемное устройство готовой продукции; 2 - режущее устройство; 3 - протягивающее устройство; 4 - охладитель, 5 – калибратор; 6 - экструзионная головка (фильтра); 7 - экструдер.

Экструдер является основным элементом экструзивной линии и представляет собой шнековое устройство, предназначенное для производства профильных изделий из полимерных композитов посредством процесса экструзионного формования (экструзии) [1].

Экструдеры для древесно-полимерных композитов выпускаются в одношнековом или двух-шнековом исполнении. Одношнековые экструдеры (рис. 2) чаще применяются для переработки гранулированных материалов из композитов, то есть при двух-стадийном производстве, а двух-шнековые – для переработки первичной смеси композитов. Экструдер является основным оборудованием в экструзионной линии.

Рассмотрим классификацию оборудования для экструзии и проанализируем его основные параметры.

Для любого типа экструдера характерны следующие основные компоненты:

- материальный цилиндр (корпус машины);
- рабочий элемент машины (шнек, поршень, диск);
- загрузочный узел;
- двигатель переменного тока с регулировкой;
- системы нагрева и охлаждения;
- формующая головка;
- регулирующие и контрольно-измерительные устройства.

Корпус оснащен несколькими продольными каналами, которые препятствуют вращению древесно-полимерного материала при движении шнека. Это улучшает качество

гомогенизации расплава внутри корпусной части. Для дополнительного эффекта шнеки снабжаются зубьями, шлицами и кулачками.

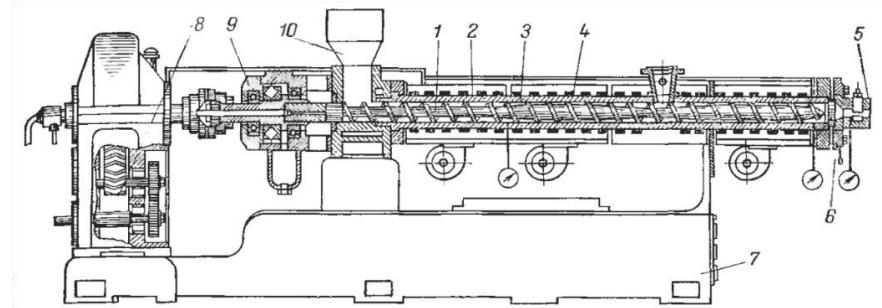


Рисунок 2 – Одношнековый экструдер: 1 – шнек; 2 – корпус; 3 – гильза материального цилиндра; 4 – нагревательные элементы; 5 – экструзионная головка с профилирующим инструментом; 6 – адаптер; 7 – станина; 8, 9 – редуктор и блок упорных подшипников; 10 – бункер

В современных экструдерах применяются шнеки с относительной длиной  $L/D=15\dots35$ . Диаметр шнеков регламентируется ГОСТ 14773-80 и может составлять 20; 32; 45; 63; 90; 125; 160; 200; 250; 320; 450; 630 мм. Для производства древесно-композиционных материалов применяют одношнековые экструдеры с диаметром шнека D равным 45…90 мм, длина – 20…30 D.

При создании высоконаполненных композиций многофункциональных древесно-полимерных материалов с содержанием древесной фракции 70% и более необходимо учитывать условия текучести расплава композита. На реологические свойства расплава древесно-полимерного композита существенное влияние оказывают температура, давление, скорость вращения шнека, процентное содержание древесной составляющей и ее фракционный состав. При этом получаемый композит по эксплуатационным показателям не должен уступать традиционным МДФ, ДВП и ДСП.

Важно отметить, что производство многофункциональных древесно-полимерных композитов может быть одно или двух-стадийным. При двух-стадийном производстве, на первом этапе производится компаундирование компонентов, при котором связующее, древесная составляющая и специальные добавки объединяются, что обеспечивает равномерное распределение всех элементов в композите. В результате получаются малые гранулы, которые далее поступают на второй этап для производства необходимого изделия.

Компаундирование – это метод литья под давлением, при котором производятся гранулы многофункционального древесно-полимерного композита. Технологический процесс компаундирования состоит из сушки древесного наполнителя, измельчения древесного наполнителя до состояния муки, смешивания с полимерными гранулами и специальными добавками в миксере, экструзии и гранулирования. После чего гранулы охлаждаются и складируются в специальном контейнере [3].

Таким образом, основными достоинствами данной технологии являются улучшение реологических свойств композита при его дальнейшей переработке, полное удаление влаги и как следствие повышение эксплуатационных характеристик древесно-полимерных композиционных материалов.

При одностадийной переработке или прямой экструзии технологическая линия оснащается специальным экструдером с зоной предварительной пластикации. Здесь полимерное связующее плавится и далее поступает в основной рабочий цилиндр экструдера. Древесная составляющая вместе с добавками вводится в основной цилиндр экструдера через специальный экструзионный дозатор. Фильеры, калибраторы должны обеспечивать производство профилей на достаточно высоких скоростях.

Основные параметры экструдера включают в себя характеристики шнека, такие как диаметр и длина, а также параметры процесса, такие как температура, скорость и давление. Оптимизация этих параметров критически важна для получения качественных и стабильных изделий. Диаметр шнека, его длина, а также соотношение длины к диаметру влияют на качество экструзии и определяют производительность экструдера.

Температура экструзии: температура внутри экструдера — это один из самых важных параметров. Неправильная температура может негативно сказаться на вязкости материала и на качестве экструзии. Слишком высокая скорость экструзии может привести к деформации или к появлению пузырьков воздуха. С другой стороны, слишком медленная экструзия может сказаться на производительности. Давление в экструдере напрямую связано со скоростью экструзии и с качеством готового изделия. Проверка температуры и скорости охлаждения влияет на структуру и свойства экструдированного материала. Грамотное охлаждение помогает предотвратить деформацию и гарантирует создание нужной формы изделия.

При производстве профильных изделий из древесно-полимерных композитов на экструдер устанавливается специальная технологическая оснастка. Она состоит из экструзионной головки с формующим инструментом с профилем конкретного изделия и калибрующего устройства, придающего изделию конечные размеры и форму.

От степени точности и адекватности реологического и теплотехнического расчета экструдера и его технологической оснастки (скорость экструзии, вязкоэластичные деформации, коэффициенты разбухания, сбалансированность отдельных потоков и др.) зависит стабильность поперечного сечения профиля изделия, его механические свойства, а также качество поверхности.

Форма заготовки, которая вышла из экструзионной головки близка к форме конечного изделия, но отличается от него размерами. При производстве изделий из древесно-полимерных композитов при формировании профиля необходимо учитывать разбухание экструдата, вытяжку расплава, термическую усадку, склонность к образованию остаточных напряжений, неравномерность охлаждения и другие эффекты присущие данным композитам.

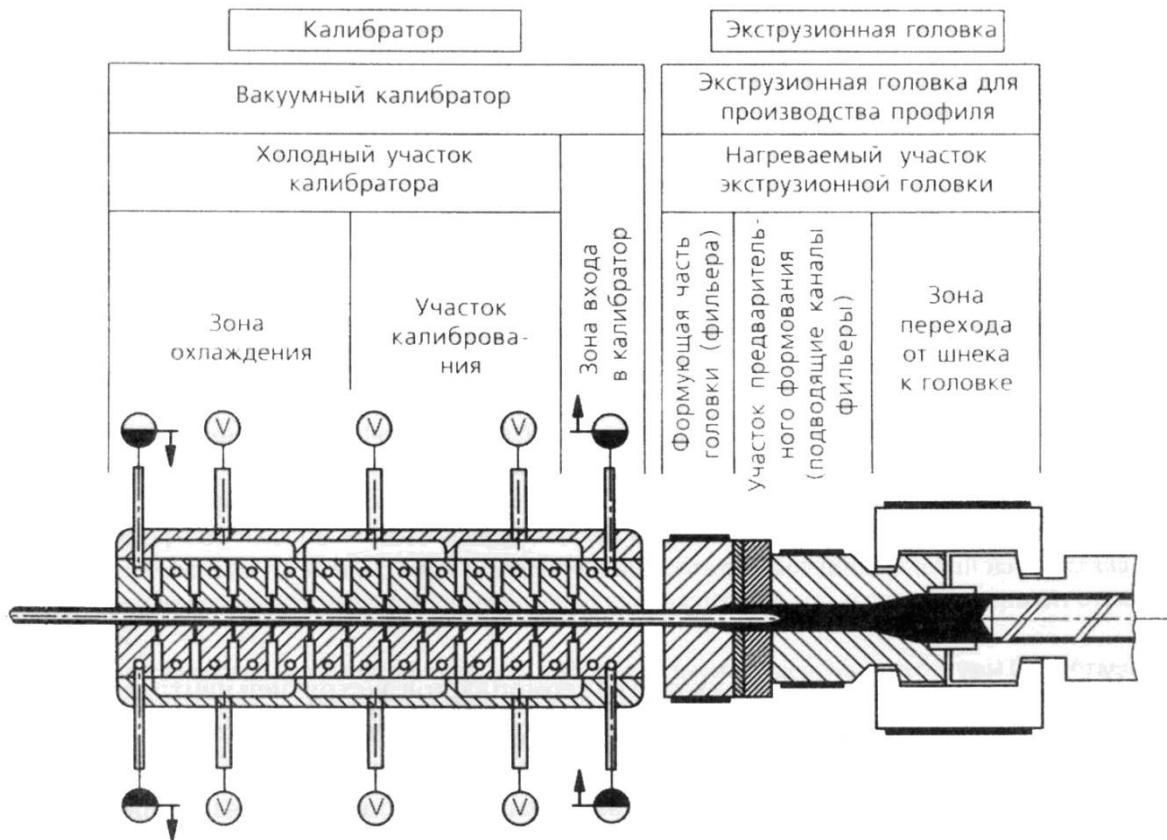


Рисунок - 3 Функциональные участки экструзионной головки и калибратора

При калибровке изделия коэффициент трения по металлу при установленной температуре и скорости экструзии должен быть минимальным. Материалы с такими свойствами крайне сложно подобрать, поэтому более эффективным является создание искусственных условий для проявления этих качеств. Например, для снижения коэффициента трения применяют воздушное или водяное охлаждение изделия перед входом в калибратор или композит дополняют различными антифрикционными добавками [4].

Экструзионная головка и калибратор являются сложными и дорогостоящими частями экструзионной линии, что связано со сложностями расчета, проектирования и изготовления этих инструментов. Программное обеспечение для полного цикла проектирования экструзионных головок и калибраторов отличается высокой стоимостью, порой превышающей стоимость изготовления самой технологической оснастки. Однако, какими бы не были точными расчеты без доводки экструзионной головки ее работа будет неэффективна. Доработка производится после первых пробных запусков с получением определенных результатов работы «первичной» головки. При дальнейшей доводке технологической оснастки необходимо стабилизировать скорость расплава композита по всему геометрическому сечению профиля и по всем ее каналам. Для производства оснастки используется парк новейших металлообрабатывающих станков и центров: программируемые обрабатывающие центры и станки с ЧПУ.

Таким образом, экструзионные технологии представляют собой перспективный метод производства композиционных материалов из древесных отходов, позволяющий получать экологически чистые и технически высокоэффективные материалы. Важным направлением является использование коры березы - отхода, который до сих пор практически не применялся в подобных технологиях. Такой материал обладает уникальными свойствами и может стать новым сырьем для производства композитов [5].

Исследование и внедрение методов экструзии для переработки коры березы актуально и перспективно, поскольку это позволит расширить ассортимент экологически чистых материалов, снизить экологическую нагрузку и повысить эффективность использования древесных ресурсов. В дальнейшем необходимо проводить дополнительные исследования по оптимизации технологических режимов и разработке специализированного оборудования для работы с данным сырьем.

### **Список литературы**

1. Герасимов М. К., Игнатьева Г. И., Вольфсон С.И. Методы формования изделий из древесно - полимерных композиций // Вестник Казанского технологического университета. 2012. № 20. С. 106-107
2. Файзуллин И.З., Мусин И.Н., Вольфсон С.И. Производство древесно-полимерных композиционных материалов экструзионным методом // Вестник Казанского технологического университета. 2014. № 21. С. 81-84.
3. Экструдеры. – URL : <https://proplast.ru/articles/ekstruderyi/>.
4. Clemons C. Elastomer modified polypropylene/polyethylene blends as matrices for wood flour-plastic composites/ C. Clemons // Composites: Part A. - 2010. - Vol. 41. - P. 1559-1569.
5. Черных А. С. Рублев И. Ю. Проблемы переработки древесных отходов в виде коры березы // Энергоресурсосберегающие и экологически безопасные технологии лесопромышленного комплекса : Материалы Международной научной конференции ученых и студентов, Воронеж, 26 сентября 2024 года. – Воронеж: Воронежский государственный лесотехнический университет им. Г.Ф. Морозова, 2024. – С. 208-212. DOI: 10.58168/E-SEFTI2024\_208-212

### **References**

1. Gerasimov M. K., Ignatieve G. I., Wolfson S.I. Methods of molding products from wood-polymer compositions // Bulletin of Kazan Technological University. 2012. No. 20. pp. 106-107/
2. Fayzullin I.Z., Musin I.N., Wolfson S.I. Production of wood-polymer composite materials by extrusion method// Bulletin of Kazan Technological University. 2014. No. 21. pp. 81-84.
3. Ekstruderyi. – URL: <https://proplast.ru/articles/ekstruderyi/>.

4. Clemons S. Modified elastomers of polypropylene-polyethylene mixtures as matrices for wood flour and polymer composites/ S. Clemons//Composites: Part A. - 2010. - Volume 41. - pp. 1559-1569.

5. Chernykh A. S., Rublev I. Y. Problems of processing wood waste in the form of birch bark // Energy-saving and environmentally safe technologies of the timber industry: Proceedings of the International Scientific Conference of Scientists and Students, Voronezh, September 26, 2024. Voronezh: Voronezh State Forestry Engineering University named after G.F. Morozov, 2024. pp. 208-212. DOI: 10.58168/E-SEFTFI2024\_208-212.

DOI: 10.58168/TBiEc2025\_448-453

УДК 674.81

**ЦИКЛИЧНАЯ ПЕРЕРАБОТКА ОТХОДОВ ДРЕВЕСИНЫ В ПРОИЗВОДСТВЕ  
БИОКОМПОЗИЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ**

**CYCLIC RECYCLING OF WOOD WASTE IN THE PRODUCTION OF BIOCOMPOSITE  
MATERIALS**

**Черных А.С.**, к.т.н., доцент ФГБОУ «Воронежский государственный лесотехнический университет имени Г.Ф. Морозова», Воронеж, Россия.

**Опара М.В.**, к.т.н., доцент ФГБОУ «Воронежский государственный лесотехнический университет имени Г.Ф. Морозова», Воронеж, Россия.

**Врагов С.А.**, преподаватель ФГБОУ ВО «Воронежский государственный лесотехнический университет имени Г.Ф. Морозова», Воронеж, Россия.

**Рублев И.Ю.**, аспирант ФГБОУ ВО «Воронежский государственный лесотехнический университет имени Г.Ф. Морозова», Воронеж, Россия.

**Chernykh A.S.**, candidate of Technical Sciences, associate professor of the Voronezh State University of Forestry and Technologies named after G.F. Morozov, Voronezh, Russia.

**Opara M.V.**, candidate of Technical Sciences, associate professor Voronezh State University of Forestry and Technologies named after G.F. Morozov, Voronezh, Russia.

**Vragov S.A.**, lecturer at Voronezh State University of Forestry and Technologies named after G.F. Morozov, Voronezh, Russia.

**Rublev I.U.**, postgraduate student, Voronezh State University of Forestry and Technologies named after G.F. Morozov, Voronezh, Russia.

**Аннотация:** в статье рассматриваются современные подходы к цикличной переработке древесных отходов в производстве биокомпозиционных материалов. Представлены основные технологические решения, экономические и экологические преимущества внедрения замкнутых производственных циклов, а также направления для развития Лесопромышленного комплекса в Российской Федерации. Особое внимание уделяется вопросам внедрения инноваций, совершенствования нормативной базы и повышения осведомленности участников рынка. Даётся оценка внедрения цикличной экономики для устойчивого развития в деревообрабатывающей и лесозаготовительной промышленности.

**Abstract:** the article discusses modern approaches to the cyclic recycling of wood waste for the production of biocomposite materials. The main technological solutions, as well as the economic and environmental advantages of implementing closed production cycles, are presented. Directions for the development of the sector in Russia are also outlined. Special attention is paid to the introduction of innovations, improvement of the regulatory framework, and raising market

participants' awareness. The relevance of transitioning to a circular economy for the sustainable development of the forest industry is emphasized.

**Ключевые слова:** древесные отходы, биокомпозиты, переработка, цикличная экономика, технологии, устойчивое развитие

**Keywords:** wood waste, biocomposites, recycling, circular economy, technologies, sustainable development

В настоящее время вопросы бережного отношения к лесным ресурсам занимают одно из ключевых мест в Лесопромышленном комплексе РФ. Насколько нам известно, древесина является востребованным природным материалом и находит широкое применение в различных сферах производства, начиная с производства бумаги, упаковочного материала и заканчивая производством мебели и строительных элементов.

Анализируя литературные источники, можно отметить, что ежегодно, в процессе изготовления различных видов продукции образуется около 120 млн.м<sup>3</sup> древесных отходов, на долю их вторичного использования приходится только 20%. [1,2] Поскольку, спрос на изделия из древесины возрастает, а природные ресурсы необходимо сохранять, то появляется потребность в производстве аналогичных материалов из растительного сырья, которые способны заменить традиционные аналоги из пластика и металла. К таким материалам можно отнести биокомпозиционные материалы, полученные на основе древесных отходов, которые имеют привлекательные характеристики, так как они обладают достаточно высокой прочностью, легкостью, устойчивы к биологическому разрушению и в природных условиях разлагаются гораздо быстрее своих синтетических аналогов.

В качестве решения данного вопроса, можно предложить производство биокомпозиционных материалов на основе отходов образующихся на производственных площадках предприятий, которые не нашли своего дальнейшего применения, но требуют дополнительной утилизации, что включает в себя не только денежные затраты, но касается вопросов, связанных с экологией.

При изучении циклических схем переработки древесного сырья, появляется много процессов, которые требуют детальной проработки, а именно, несформированность раздельного сбора и логистики, недостаточно развитая инфраструктура переработки, отсутствие единой системы стандартов качества вторичного сырья, а также низкая информированность потенциальных потребителей о свойствах и преимуществах данного вида материалов. Кроме того, экономическая целесообразность внедрения новых схем зачастую вызывает сомнение у производителей, которые не готовы брать на себя дополнительные издержки без гарантии возврата вложенных инвестиций.

В последнее время, в научной среде идет бурное обсуждение новых подходов к сбору и переработке остатков древесины для получения биокомпозиционных материалов. Появляется интерес к тем технологиям, которые позволяют минимизировать затраты энергии, снизить выбросы вредных веществ, повысить качество и конкурентоспособность

продукции. Актуальность темы усиливается на фоне ужесточения международных экологических требований и необходимости внедрения принципов замкнутой экономики. [3,4]

На сегодняшний день существует множество видов древесных отходов, таких как щепа, стружка, кора, обрезки, опилки, которые образуются в условиях лесозаготовительной и деревообрабатывающей промышленности, а также, подвергшиеся преждевременному разрушению в условиях эксплуатации. Каждый вид отходов требует индивидуального подхода к сбору, хранению и дальнейшей переработке. Одной из главных проблем, является разрозненность мест образования отходов. На крупных деревообрабатывающих предприятиях есть возможность организации централизованных систем сбора остатков, но, к сожалению, в малом и среднем бизнесе зачастую отсутствуют необходимое оборудование и использование финансовых затрат. Что касается логистики, то здесь тоже возникает ряд вопросов. Насколько нам известно, древесные остатки имеют низкую насыпную плотность, занимают значительный объём при транспортировке и хранении, что делает их вывоз экономически нецелесообразным. При отсутствии специализированных пунктов приёма и переработки, эти предприятия предпочитают утилизировать отходы на месте, путем сжигания, что наносит непоправимый вред окружающей среде, так как при сжигании, в атмосферу выделяются вредные вещества.

Поэтому решением данного вопроса является организация участков по производству биокомпозиционных материалов в условиях деревообрабатывающих предприятий. В свою очередь здесь появляется необходимость оценки качества и состава древесных отходов, которые имеют важное значение в изготовлении данных материалов, поскольку промышленные отходы бывают загрязнены химикатами (антисептиками, kleями и смолами), а также могут содержать примеси коры, гниль, мусор. Для создания конкурентоспособной продукции важно обеспечить однородность сырья и соответствие фракционного состава основным физико-механическим параметрам.

Одним из способов переработки древесных отходов является получение биокомпозитов методом прессования, экструзии и термомеханической модификации. Каждый из методов требует предварительной сортировки сырья, для горячего прессования подходят мелкофракционные опилки и стружка, для метода экструзии применяют фракционные частицы заданного размера, что касается химической модификации древесины, то здесь применяют древесину, которая не содержит сторонних включений.

Технология горячего прессования подразумевает смешивание измельчённых древесных частиц с различными связующими компонентами (природными или синтетическими). Полученная смесь формуется в панели или другие виды изделия с последующей термической обработкой. Этот подход позволяет использовать до  $\frac{3}{4}$  отходов по их объёму, при этом эксплуатационные характеристики конечного материала (прочность, влагостойкость, устойчивость к биоповреждениям) могут соперничать с аналогичными параметрами традиционных плит OSB и MDF. Комбинированные экструзионные методы

позволяют получать изделия сложной формы: профили, рейки, настилы. Здесь древесные частицы смешиваются с различными полимерами (полиэтиленом или полипропиленом).

Химическая модификация отходов включает процесс предварительной обработки (ферментативное расщепления целлюлозы), что позволяет повышать адгезию между древесными частицами и полимерной матрицей. Для таких технологий требуются современные лаборатории и квалифицированные специалисты, а их внедрение возможно на крупных предприятиях. Однако этот подход обеспечивает более высокую прочность получаемых материалов и увеличивает срок эксплуатации изделий до 30 лет.

Одним из самых перспективных вариантов рециклинга древесных отходов являются биоразлагаемые композиты, в которых в качестве связующего используются полимеры растительного происхождения, такие как крахмал, молочная кислота, белки. Эксперименты, проведенные учеными показывают, что такие материалы сохраняют основные физико-механические свойства в течение всего срока службы изделия, после чего практически полностью разлагаются, не оказывая негативного влияния на окружающую среду.

Положительный опыт зарубежных стран, особенно Германии и Финляндии, показывает, что эффективная система сбора и переработки отходов возможна только при активном участии государства. В этих странах действует система экологического налога, регулируется торговля вторичным сырьем, развиваются кластеры малых и средних предприятий, объединённых в единую сеть утилизации. Значительную роль играет взаимодействие исследовательских институтов с промышленностью, что позволяет внедрять новейшие разработки и обеспечивать высокое качество продукции. [5]

Что касается нашей страны, то здесь решать проблемы можно несколькими способами. В первую очередь необходима поддержка малого бизнеса, т.е. предоставление субсидий на оборудование по сортировке и переработке, обучение персонала, информационное сопровождение. При решении логистических задач, необходимо создание региональных центров по приёму отходов, развитие кооперации между малыми предприятиями, для коллективной транспортировки и обработки сырья. Разработка и утверждение стандартов вторичного древесного сырья позволит упростить процесс передачи и приёмки, а также повысить доверие к качеству биокомпозиционного материала среди конечных потребителей. Также необходимо также внедрять механизмы экономического стимулирования, такие как налоговые льготы для предприятий, перерабатывающих вторичное сырьё или финансовые преференции при участии в государственных закупках.

Важным элементом циклической системы переработки отходов становится повышение грамотности и информированности всех участников цепочки от производителей до конечных потребителей. Необходимо запускать образовательные программы, популяризирующие преимущества биокомпозитов. Практика многих европейских стран показывает, что вовлечение населения в раздельный сбор мусора и отходов приводит к осознанному потреблению продукции и способствуют накоплению качественного вторичного сырья и росту спроса на изделия нового поколения.

Особое внимание уделяется разработке новых технологий, способных сделать процесс переработки менее затратным и более экологичным. Среди перспективных решений выделяются методы биоконсолидации, то есть связывания древесных частиц путём жизнедеятельности особых штаммов микроорганизмов, что позволяет отказаться от синтетических клеев.

Большое внимание уделяется органолептическим свойствам новых материалов. Современные биокомпозиты являются прочными, износостойкими, имеют привлекательную текстуру, а также легко поддаются окрашиванию, их можно обработать с помощью распила и шлифовки. В результате организации такого вида производства можно получить аналог дорогих сортов дерева, за меньшую стоимость и с высокими показателями долговечности.

Для устойчивого развития отрасли необходимо не только внедрение новых технических решений, но и постоянная интеграция системы контроля качества, отслеживания происхождения сырья и его сертификации. Примером может служить хартификация продукции, которая гарантирует потребителю экологическую безопасность биокомпозита, подтверждённую независимым экологическим аудитом. Это особенно важно для выхода продукции на внешние рынки, где требования к биоразлагаемым и экологичным материалам гораздо выше.

Таким образом, с учётом современных тенденций, решения проблем ресурсосбережения и экологии, роста спроса на биокомпозиционную продукцию и необходимости рационального использования природных ресурсов, цикличная переработка отходов древесины в производстве биокомпозиционных материалов становится безальтернативной стратегией развития Лесопромышленного комплекса РФ. Это путь ведёт не только к снижению нагрузки на окружающую среду, но также создает новые рабочие места, развивает технологический потенциал и формирует экспортное предложение на глобальном рынке биокомпозиционных материалов.

### **Список литературы**

1. Указ Президента РФ "О стратегии научно-технологического развития Российской Федерации": от 01.12.2016 № 642 // СПС "КонсультантПлюс". – URL: [http://www.consultant.ru/document/cons\\_doc\\_LAW\\_207967/491d0aad1a57443c712cfdf119c49c7d5291eab8/](http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_207967/491d0aad1a57443c712cfdf119c49c7d5291eab8/).
2. Филичкина М.В. Отходы древесно-подготовительного цикла производства газетной бумаги, как сырье для изготовления древесно-композиционных материалов / М.В. Филичкина, В.С. Копарев, С.Б. Васильев // Деревянное малоэтажное домостроение: экономика, архитектура и ресурсосберегающие технологии: сборник статей научно-практической конференции, 23-27 июня 2014 г. / Петрозаводский государственный университет. – Петрозаводск: Изд-во Петропресс, 2015 – Ч.2. – С.66-81.

3. Stael, G.C. Carbon-13 high resolution solid state NMR study of natural fibres obtained from sugar cane without treatment and their composites with EVA/ G.C Stael, J.R.M D'Almeida, S.M.C de Menezes, M.I.B Tavares //J. Polymer Test-ing. – 1998. – Vol. 17. – N. 3. – P. 147-152.

4. Formation of mechanisms for creating innovative national polygons / Tretyakova L.A., Azarova N.A., Opara M.V., Lavrikova N.I., Tsvyrko A.A. В сборнике: IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. 3, Mining, Production, Transmission, Processing and Environmental Protection. Cep. "III International Scientific and Practical Conference "Actual Problems of the Energy Complex: Mining, Production, Transmission, Processing and Environmental Protection"" 2021. C. 012066.

5. Poskrobko, S. Biofuels. Part II. Thermogravimetric research of dry de-composition / S. 9 Poskrobko, D. Krol // J. Therm. Anal. Calorim. – 2012. – V. 109. № 2. – P. 629-638.

## References

1. Decree of the President of the Russian Federation "On the strategy of scientific and technological development of the Russian Federation": dated December 1, 2016 No. 642 // SPS "ConsultantPlus". – URL: [http://www.consultant.ru/document/cons\\_doc\\_LAW\\_207967/491d0aad1a57443c712cfdf119c49c7d5291eab8/](http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_207967/491d0aad1a57443c712cfdf119c49c7d5291eab8/).
2. Filichkina M.V. Waste from the wood preparatory cycle of newsprint production as a raw material for the production of wood-composite materials / M.V. Filichkina, V.S. Koparev, S.B. Vasiliev // Wooden low-rise building construction: economics, architecture and resource-saving technologies: collection of articles of the scientific and practical conference, June 23-27, 2014 / Petrozavodsk State University. – Petrozavodsk: Petropress Publishing House, 2015 – Part 2. – P.66-81.
3. Stael, G.C. Carbon-13 high resolution solid state NMR study of natural fibers obtained from sugar cane without treatment and their composites with EVA/ G.C Stael, J.R.M D'Almeida, S.M.C de Menezes, M.I.B Tavares //J. Polymer Testing. – 1998. – Vol. 17. – N. 3. – P. 147-152.
4. Formation of mechanisms for creating innovative national polygons Tretyakova L.A., Azarova N.A., Opara M.V., Lavrikova N.I., Tsvyrko A.A. In: IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. 3, Mining, Production, Transmission, Processing and Environmental Protection. Ser. "III International Scientific and Practical Conference "Actual Problems of the Energy Complex: Mining, Production, Transmission, Processing and Environmental Protection"" 2021. P. 012066.
5. Poskrobko, S. Biofuels. Part II. Thermogravimetric research of dry de-composition / S. 9 Poskrobko, D. Krol // J. Therm. Anal. Calorim. – 2012. – V. 109. No. 2. – P. 629-638.

DOI: 10.58168/TBiEc2025\_454-459

УДК 630\*232

**ОТБОР И ОЦЕНКА ЛУЧШИХ ПО ДЕПОНИРОВАНИЮ УГЛЕРОДА  
ЭКОТИПОВ СОСНЫ ОБЫКНОВЕННОЙ В ГЕОГРАФИЧЕСКИХ ЛЕСНЫХ  
КУЛЬТУРАХ НА ПОЛИГОНЕ «СТУПИНСКОЕ ПОЛЕ» ВОРОНЕЖСКОЙ ОБЛАСТИ**  
**SELECTION AND EVALUATION OF THE BEST ECOTYPES OF SCOTS PINE FOR  
CARBON DEPOSITION IN GEOGRAPHICAL FOREST CROPS AT THE STUPINSKOYE  
FIELD LANDFILL IN THE VORONEZH REGION**

**Чернышов М.П.**, к.с-х.н., профессор ФГБОУ ВО «Воронежский государственный лесотехнический университет имени Г.Ф. Морозова», Воронеж, Россия.

**Михайлова М.И.**, к.с-х.н., ФГБОУ ВО «Воронежский государственный лесотехнический университет имени Г.Ф. Морозова», Воронеж, Россия.

**Chernyshov M.P.**, doctor of Agricultural Sciences, Professor, Voronezh State University of Forestry and Technologies named after G.F. Morozov, Voronezh, Russia.

**Mikhailova M.I.**, associate Professor of the Department of Agricultural Sciences, Voronezh State University of Forestry and Technologies named after G.F. Morozov, Voronezh, Russia.

**Аннотация:** географические лесные культуры сосны обыкновенной на полигоне «Ступинское поле», включающие 245 экотипов из разных регионов бывшего СССР, достигли 65-летнего биологического возраста, когда можно делать предварительные выводы об их способности депонировать углерод. Изученные в 2018-2020 гг. лесостепные и степные экотипы характеризуются разной сохранностью, напряженностью роста, санитарным состоянием и продуктивностью. Впервые была предпринята попытка оценить и сравнить между собой разные экотипы в свежих лесорастительных условиях (B<sub>2</sub>) Центральной лесостепи по углерододепонирующей способности. Установлено, что лучшими по депонированию углерода являются следующие экотипы: Уразовский из Белгородской области, Балашовский и Колодезский экотипы из Липецкой области.

**Abstract:** geographical forest crops of Scots pine at the Stupinskoye Field landfill, including 245 ecotypes from different regions of the former USSR, have reached the biological age of 65 years, when preliminary conclusions can be drawn about their ability to deposit carbon. Studied in 2018-2020. Forest-steppe and steppe ecotypes are characterized by different preservation, intensity of growth, sanitary condition and productivity. For the first time, an attempt was made to evaluate and compare different ecotypes in the fresh forest growing conditions (B<sub>2</sub>) of the Central Forest steppe in terms of carbon deposition capacity. It has been established that the following ecotypes are the best in carbon deposition: Urazovsky from the Belgorod region, Balashovsky and Kolodezsky ecotypes from the Lipetsk region.

**Ключевые слова:** географические лесные культуры, сосна обыкновенная, степные и лесостепные экотипы, депонирование углерода.

**Keywords:** geographical forest crops, Scots pine, steppe and forest-steppe ecotypes, carbon deposition.

Изучение количественных и качественных характеристик фитомассы лесных насаждений разного происхождения, возраста, состава, строения, полноты, санитарного состояния и производительности является важной составной частью научных исследований биологической продуктивности лесов Российской Федерации [1, 2, 3]. Комплексная оценка биологической продуктивности (или углерододепонирующей способности) лесов вышла сегодня на международный уровень научных исследований. Сформировалось два основных направления в изучении продуктивности лесов: биогеоценотическое и ресурсоведческое [1]. Обозначилась возрастающая потребность в получении экспериментальных данных пробных площадей, необходимых для расчета углеродного баланса и углерододепонирующего потенциала лесов. Поэтому и в связи с глобальным потеплением климата вопросы определения объема и динамики поглощения с возрастом парниковых газов различными лесными насаждениями стали особенно актуальными. Применительно к географическим лесным культурам сосны эти вопросы ранее не изучались [4, 5, 6].

Исходя из этого одной из целей проводимых комплексных исследований в географических лесных культурах сосны обыкновенной на полигоне «Ступинское поле» стало изучение углерододепонирующей способности разных по административно-территориальному и типологическому происхождению её экотипов. Оценка углеродного пула в лесных экосистемах представляет собой дифференцированную оценку фитомассы древостоев и её составных структурных элементов (наземная, подземная, подлеска, подроста, почвы и др.). Методологической основой изучения углерододепонирующей способности экотипов сосны служили «Методические указания по количественному определению объема поглощения парниковых газов», утвержденные Минприроды России [7].

Ранее было доказано, что интегральным показателем, отражающим текущее природное состояние лесных экосистем, является их биологическая продуктивность, определяемая методами традиционной лесной таксации [1].

Для оценки запасов углерода в надземной биомассе древостоя закладывали пробные площади в каждом географическом экотипе по единой методике [5, 6]. Выявленный на пробных площадях запас сырорастущей древесины на 1 га переводился в весовые углеродные единицы по утвержденной Минприроды методике [7] при помощи конверсионных коэффициентов.

При пересчете запаса древесины растущих деревьев ( $\text{м}^3/\text{га}$ ) в запас депонированного углерода (тонн/га) в таблице 1 использовали конверсионный коэффициент для приспевающих сосновых насаждений равный 0,329.

Рейтинг изучаемых экотипов сосны определялся по запасу депонированного углерода, накопленного только в растущей части древостоев. Из-за высокого природоохранного статуса (региональный памятник природы) усохшие деревья после их гибели сразу удалялись и в сплошной перечет не входили. Фитомасса живого напочвенного покрова из-за мозаичности расположения и его незначительности не учитывалась. Кроме того, в связи с однородностью типов условий местопроизрастания сконцентрированных на полигоне экотипов не учитывалась и фитомасса почвенного покрова (супесчаные почвы).

Полученные результаты, дифференцированные по изученным древостоям двух групп географических экотипов, приведены в таблице 1.

Таблица 1 – Рейтинг перспективности экотипов сосны обыкновенной в географических лесных культурах по углерододепонирующей способности

№ ПП, год зак- ладки	Наименование экотипов	Сохрани- мость деревьев, %	Запас:		Рейтинг экотипа, балл
			древе- сины на корню, м <sup>3</sup> /га	депониро- ванного углерода, тонн/га	
1	2	3	4	5	6
Группа лесостепных экотипов					
1-18	Хреновской Воронежской обл.	3,54	342	120,38	III,4
2-18	Бычковский Воронежской обл.	8,77	399	140,45	IV,0
3-20	Борский Воронежской обл. (контр.)	8,46	349	122,85	III,5
4-18	Колодезский Липецкой обл.	9,69	487	171,42	IV,9
5-20	Балашовский Липецкой обл.	7,85	522	183,74	V,2
6-18	Шаталовский Белгородской обл.	8,62	371	130,59	III,7
7-20	Уразовский Белгородской обл.	8,77	583	205,22	V,9
8-18	Платоновский Тамбовской обл.	3,65	266	93,63	II,7
9-18	Б. Сталинский Курской обл.	10,15	462	162,62	IV,6
10-18	Краснослободский Брянской обл.	8,15	391	137,63	III,9
11-19	Каширский Московской обл.	8,46	310	109,12	III,1
12-19	Монастырский Пензенской обл.	6,15	409	143,97	IV,1
13-19	Хатынецкий Орловской обл.	5,54	353	124,26	III,6
14-19	Б. Сталинский Орловской обл.	5,08	471	165,79	IV,7
15-20	Мурманский Рязанской обл.	7,06	339	119,33	III,4
16-20	Совиевский Черкасской обл.	4,46	414	145,73	IV,1
17-20	Зеньковский Полтавской обл.	4,15	253	89,06	II,5
18-20	Грузский Сумской обл.	8,31	378	133,06	III,8
Средние для экотипов		7,05			

Окончание таблицы 1

1	2	3	4	5	6
Группа степных экотипов					
19-20	Петровский Саратовской обл.	4,3	236	83,07	II,4
20-20	Дьяковский Саратовской обл.	6,3	223	78,50	II,2
21-20	Рахинский Волгоградской обл.	2,5	79	27,81	0,8
22-20	Арчединский Волгоградской обл.	5,8	297	104,54	III,0
23-20	Песчаный Луганской обл.	5,7	491	172,83	IV,9
24-20	Н-Айдаровский Луганской обл.	3,8	322	113,34	III,2
25-20	Кировский Днепропетровской обл.	5,1	231	81,31	II,3
26-20	Михайловский Днепропетровской обл.	7,5	481	169,31	IV,8
27-19	Новомосковский Днепропетровской обл.	3,8	211	74,27	II,1
28-20	Цурюпинский Херсонской обл.	4,0	290	102,08	II,9
29-20	Александровский Донецкой обл.	3,7	309	108,77	III,1
30-20	Жукинский Киевской обл.	3,8	245	86,24	II,5
31-20	Мезмайский Краснодарского края	5,5	368	129,54	III,7
32-18	Гуфта-Гихатурский, Южно-Осетинской АО	4,9	212	74,62	II,1
Средние для экотипов		4,78			

Из таблицы 1 видно, что минимальным запасом депонированного углерода в запасе древостоеев характеризуется Рахинский экотип из Волгоградской области (27,81 тонн/га), а максимальным – Уразовский экотип из Белгородской области (205,22 тонн/га).

Для достоверности и объективности сравнения изучаемых экотипов по их углерододепонирующей способности была установлена градация шкалы запасов депонированного углерода, включающая 5 классов с шагом между классами, равным 35 тонн/га. Разделив величину накопленного запаса депонированного углерода на установленный шаг, получили условный номер каждого географического экотипа в их совокупном рейтинге в баллах. При этом в группу перспективных экотипов относились экотипы, вошедшие только в V и IV классы, в группу среднеперспективные включались – экотипы III класса, а в группу неперспективные – II и I классов.

В результате такого математико-статистического подхода (чем больше балл, тем перспективнее по углерододепонирующей способности экотип) установлено, что наиболее перспективными среди группы лесостепных экотипов являются: Уразовский экотип из Белгородской области (V,9 балла), Балашовский и Колодезский экотипы из Липецкой области (V,2 и IV,9 баллов). Среди группы степных экотипов наиболее перспективными являются Песчаный экотип из Луганской области (IV,9 балла) и Михайловский экотип из Днепропетровской области (IV,8 балла).

По разработанной нами ранее классификации комплексной ценности экотипов по их перспективности для будущего лесосоставления [5], учитывающей 12 оценочных признаков, упомянутые выше Уразовский и Балашовский географические экотипы также относились к группе высокоперспективных. Таким образом, оказалось, что географические экотипы сосны обыкновенной, перемещенные из регионов, относящихся к лесостепной лесорастительной зоне в северную часть Воронежской области, также входящую в состав лесостепной лесорастительной зон Европейской части РФ, сохранили свою, по-видимому, генетически обусловленную природную наследственную способность к достаточно высокому углерододепонирующему потенциалу. Данный научный факт свидетельствует о высокой достоверности и объективности, разработанной нами ранее классификации географических экотипов сосны [5].

И наоборот, географические экотипы сосны из степной зоны, перемещенные в условия лесостепной лесорастительной зоны, показали себя по углерододепонирующему эффекту как менее перспективные и как малопригодные для будущего лесовосстановления в ней.

### **Выводы**

Согласно полученным данным на 32-х пробных площадях лучшими по углерододепонирующей способности оказались следующие экотипы:

- из группы лесостепных – Уразовский экотип из Белгородской области и Балашовский экотип из Липецкой области;
- из группы степных – Песчаный экотип из Луганской области и Михайловский экотип из Днепропетровской области.

Учитывая выявленные специфические особенности депонирования углерода разными географическими экотипами сосны обыкновенной в разработанную ранее их классификацию [5] на основе изменчивости 12 основных качественных и количественных лесоводственно-хозяйственных признаков, оказалось, что к ним нужно добавить еще один классификационный признак, а именно: их углерододепонирующую способность.

### **Список литературы**

1. Усольцев, В.А. Биологическая продуктивность лесов Урала в условиях техногенного загрязнения / В.А Усольцев, Е.Л. Воробейчик, И.Е. Бергман. - Екатеринбург: УГЛТУ, 2012. - 366 с.
2. Биологическая продуктивность лесов Поволжья / Под ред. С.Э. Вомперского. - М.: Наука, 2001. - 156 с.
3. Рубцов, В.И. Биологическая продуктивность сосны в лесостепной зоне / В.И. Рубцов, А.И. Новосельцева, В.К. Попов, В.В. Рубцов. - М.: Наука, 1976. - 226 с.
4. Мелехов, И.С. Качество древесины сосны в культурах / И.С. Мелехов, Н.А. Бабич, С.А. Корчагов. – Архангельск: Изд-во АГТУ, 2003. - 110 с.

5. Чернышов М.П. Географические лесные культуры сосны обыкновенной в Центральном Черноземье : монография / М.П. Чернышов, М.И. Михайлова ; М-во науки и высшего образования РФ, ФБГОУ ВО «ВГЛТУ». – Воронеж, 2023. -180 с.

6. Chernyshov, M.P. Trends in radial growth of Scott pine trees in geographical crops / M.P. Chernyshov, M.I. Mikhailova // BIO Web of Conferences 93 01007 (2024). – URL: <https://doi.org/10.1051/bioconf/20249301007>.

7. Распоряжение Минприроды России «Об утверждении методических указаний по количественному определению объема поглощения парниковых газов» от 30.06.2017 г. № 20-р (в ред. от 20.01.2021 г.).

### References

1. Usoltsev, V.A. Biological productivity of forests of the Urals in conditions of anthropogenic pollution. / V.A. Usoltsev, E.L. Vorobeychik, I.E. Bergman/. - Yekaterinburg: UGLU, 2012. - 366 p.
2. Biological productivity of forests of the Volga region / Edited by S.E. Vompersky, Moscow: Nauka Publ., 2001. - 156 p.
3. Rubtsov, V.I. Biological productivity of pine in the forest-steppe zone. / V.I. Rubtsov, A.I. Novoseltseva, V.K. Popov, V.V. Rubtsov/. - M.: Nauka, 1976. - 226 p.
4. Melekhov, I.S. The quality of pine wood in crops. / I.S. Melekhov, N.A. Babich, S.A. Korchagov. – Arkhangelsk: Publishing House of AGTU, 2003. - 110 p.
5. Chernyshov, M.P. Geographical forest cultures of the common pine in the Central Chernozem region : a monograph / M.P. Chernyshov, M.I. Mikhailova ; Ministry of Science and Higher Education of the Russian Federation, VGLTU Federal State Educational Institution. – Voronezh, 2023. - 180 p.
6. Chernyshov, M.P. Trends in radial growth of Scott pine trees in geographical crops. / M.P. Chernyshov, M.I. Mikhailova // BIO Web of Conferences 93 01007 (2024). – URL: <https://doi.org/10.1051/bioconf/20249301007>.
7. Order No. 20-r of the Ministry of Natural Resources of the Russian Federation "On Approval of Methodological Guidelines for the Quantitative Determination of Greenhouse Gas Absorption" dated 30.06.2017 (as amended dated 01/20/2021).

DOI: 10.58168/TBiEc2025\_460-466

УДК 674.038

## ПРИМЕНЕНИЕ ТЕХНОЛОГИИ ДВУХЭТАПНОГО СКЛЕИВАНИЯ ВЛАЖНОГО ШПОНА В УСЛОВИЯХ НАО «СВЕЗА КОСТРОМА»

APPLICATION OF TWO-STAGE GLUING TECHNOLOGY OF WET VENEER IN THE  
CONDITIONS OF COMPANY «SVEZA KOSTROMA»

**Чумак К.А.**, инженер-технолог НАО «Свеза Кострома», Кострома, Россия.

**Яблоков А.А.**, руководитель службы технологий и качества НАО «Свеза Кострома», Кострома, Россия.

**Титунин А.А.**, советник РААСН, д.т.н., заведующий кафедрой лесозаготовительных и деревоперерабатывающих производств ФГБОУ ВО «Костромской государственный университет», Кострома, Россия.

**Chumak K.A.**, Process Engineer, NAO «Sveza Kostroma», Kostroma, Russia.

**Yablokov A.A.**, Head of Technology and Quality Service, NAO «Sveza Kostroma», Kostroma, Russia.

**Titunin A.A.**, Advisor of RAASN, Doctor of Technical Sciences, Head of the Department of Forestry and Wood Processing Industries, Kostroma State University, Kostroma, Russia.

**Аннотация:** в статье представлены результаты исследований по производству березовой фанеры на предприятии НАО «Свеза Кострома». Показано, что при традиционной технологии после сушки 3–7 % шпона имеют влажность более 6 %. Для того, чтобы избежать образования «пузырей», влажный шпон досушивается, что приводит к росту производственных расходов и увеличению выбросов парниковых газов. Предложена технология двухэтапного склеивания влажного шпона, базирующаяся на известных закономерностях повышения удельной теплоемкости и теплопроводности древесины при увеличении ее влажности и температуры. Доказано, что применение предлагаемой технологии при производстве березовой фанеры толщиной 18 мм позволяет ежегодно экономить примерно 4000 кВт·ч энергии и снижать выбросы парниковых газов на 2,8 т.

**Abstract:** the article presents the results of research on the production of birch plywood at the enterprise of Company “Sveza Kostroma”. It is shown that with the traditional technology, after drying, 3-7 % of the veneer has a moisture content of more than 6 %. In order to avoid the formation of "bubbles", the wet veneer is dried, which leads to an increase in production costs and an increase in greenhouse gas emissions. The technology of two-stage gluing of wet veneer is proposed, based on the known patterns of increasing the specific heat capacity and thermal conductivity of wood with increasing humidity and temperature. It has been proven that the use of the proposed technology in the production of birch plywood with a thickness of 18 mm can save approximately 4,000 kWh of energy annually and reduce greenhouse gas emissions by 2.8 tons.

**Ключевые слова:** низкоуглеродные технологии, снижение выбросов парниковых газов, фанера, двухэтапное склеивание, влажный шпон

**Keywords:** low carbon technologies, greenhouse gas emission reduction, plywood, two-stage gluing, wet veneer

Одним из экологически чистых и единственным видом сырья, регенерируемым на поверхности Земли, является древесина. Поэтому не случайно на современном этапе развития промышленного производства специалисты все больше используют в качестве основного материала древесину. Это относится и к сфере строительства зданий и сооружений. На изготовление деревянных конструкций требуется от 4 до 126 раз меньше энергозатрат, чем на изготовление аналогичных стальных и железобетонных конструкций. Расширение объемов строительства из древесины и древесных материалов в строительстве существенно снижает энергопотребление на их производство, сокращая выбросы вредных веществ в атмосферу. Древесина в конструкциях сохраняет в себе углерод на протяжении всего срока эксплуатации зданий и сооружений, что обеспечивает уменьшение выбросов углерода в атмосферу и снижение его негативного влияния на климат. Здания из древесины и древесных материалов обеспечивают комфортность пребывания в них людей. Проведение экологичных и энергосберегающих мероприятий на любом этапе производства продукции из древесины несомненно вносит дополнительный вклад в минимизацию негативного воздействия на окружающую среду и сокращение углеродного следа, обеспечивая углеродную нейтральность – баланс между выбросами "парниковых газов" и их поглощение, как залог здоровой жизни сегодняшнего и следующих поколений. Данное направление теоретических и прикладных разработок в полной мере соответствует достижению национальных целей, таких как комфортная и безопасная среда для жизни, экологическое благополучие, устойчивая и динамичная экономика, технологическое лидерство, определенных Указом Президента Российской Федерации В.В. Путина от 07.05.2024 г. № 309 «О национальных целях развития Российской Федерации на период до 20230 года и на перспективу до 20236 года».

НАО «Свеза Кострома» – один из семи комбинатов компании, ежегодно производит примерно 120 тыс  $\text{m}^3$  березовой фанеры марки ФК формата 1525×1525 мм. Как известно, для производства 1 $\text{m}^3$  фанеры требуется от 80 до 130 кВт·ч энергии, большая часть которой расходуется на сушку шпона и в процессе его горячего склеивания. При этом в силу ряда причин не удается полностью избежать появления «пузырей», что в конечном итоге приводит к образованию брака и отрицательно сказывается на экономических показателях работы предприятия. Рассматривая в комплексе актуальную задачу снижения выбросов парниковых газов при производстве продукции из древесины, группа компаний «Свеза» присоединилась к климатическому меморандуму «Вместе к низкоуглеродному будущему», разработанному в «Северстали» и направленному на поддержку усилий по предотвращению климатических изменений. Один из принципов меморандума – внедрение низкоуглеродных технологий. В этом направлении на предприятии совместно с кафедрой лесозаготовительных и деревоперерабатывающих производств Костромского

государственного университета ведется работа по снижению энергозатрат и разработке режимов производства фанеры с использованием влажного шпона. Под влажным в данном случае понимается шпон влажностью  $W=11\text{--}12\%$  [1].

Влажность березового шпона, как и его плотность, отличается большим разбросом значений в пределах даже тех полноформатных листов, которые получены из одного чурaka. Если же встречаются участки с ложным ядром, то этот разброс значений по влажности становится еще больше [2]. Известно, что избыток влаги в древесине негативно сказывается на прочности kleевого соединения. Это обусловлено тем, что повышенная влажность снижает вязкость kleевого раствора и увеличивает время его желатинизации, а также уменьшает количество реакционноспособных групп в древесине [3].

На производстве kleеной фанеры до 7% шпона имеет повышенную влажность, что приводит к образованию дефектов в виде "пузырей". Для предотвращения брака такой шпон отбраковывается и подвергается дополнительной сушке или выравниванию влажности за счет перекладывания его с сухим шпоном, что увеличивает в конечном итоге затраты на производство фанеры.

Проблема склеивания влажного шпона изучается довольно давно. Российскими и зарубежными учеными разработаны различные способы низкотемпературного склеивания хвойного шпона [4], модификации kleя для повышения его вязкости и предотвращения чрезмерного впитывания в древесину [5–8]. Однако, эти методы ориентированы на способ пакетного склеивания, который характеризуется длительным процессом прогрева листов шпона до температуры, необходимой для отверждения kleя, следовательно – повышенными энергозатратами. Поэтому задача совершенствования технологии склеивания шпона повышенной влажности с целью снижения внутрипроизводственных издержек и сокращению выбросов парниковых газов является актуальной.

В основу способа двухэтапного склеивания влажного шпона положены известные зависимости удельной теплоемкости и теплопроводности древесины от температуры и влажности [9]. При склеивании пакета, в котором внутри располагаются листы шпона с влажностью примерно  $W=6\%$ , а снаружи – с влажностью  $W=11\text{--}12\%$  вероятность образования «пузырей» значительно ниже, чем если бы шпон повышенной влажности располагался внутри пакета. Исходя из этого, на первом этапе производства фанеры склеивается «полуфабрикат», в средних слоях которого используется сухой шпон, а наружные слои или «рубашка» из шпона влажностью  $W=11\text{--}12\%$  [1]. На втором этапе данный полуфабрикат доклеивается сухим шпоном с учетом требуемой толщины готовой продукции.

В ходе исследований при производстве фанеры марки ФК толщиной 18 мм было рассчитано время прогрева пакета для склеивания 13 листов шпона толщиной 1,5 мм влажностью  $W \leq 6,6\%$  (первый вариант – традиционная технология) и для склеивания шпона в два этапа, когда сначала склеивается пакет из пяти слоев с наружными листами, влажность которых составляет  $W=11\text{--}12\%$ , а затем на втором этапе пакет доклеивается с двух сторон

4 листами сухого шпона (второй вариант). Схемы склеивания листов шпона для первого и второго вариантов показаны на рис.1.

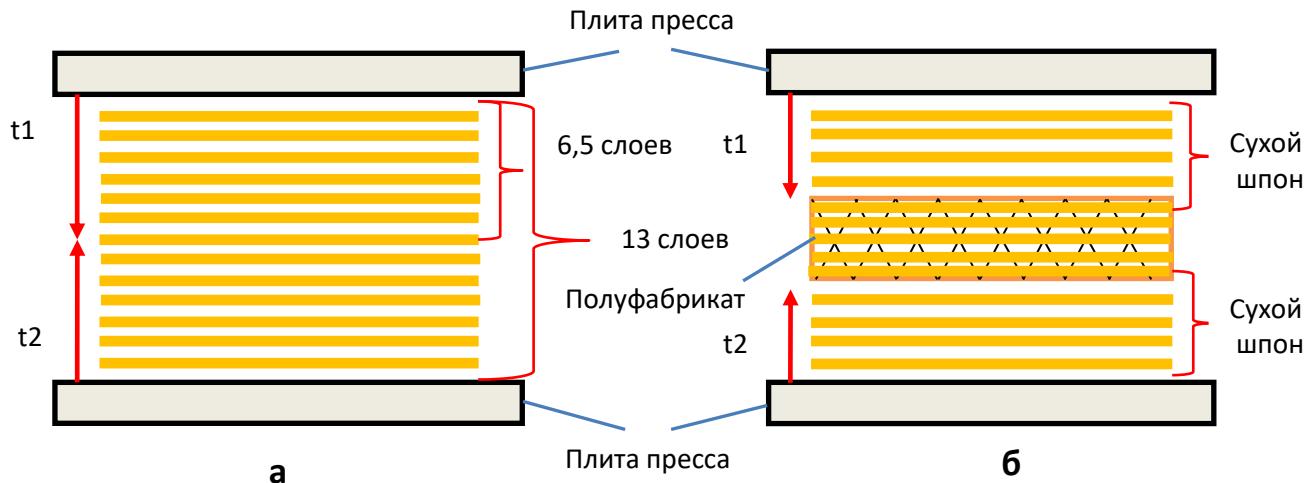
При расчете времени прогрева использовались известные зависимости  $\phi$ . (1) и  $\phi$ . (2) для определения количества тепла  $Q$ , которое необходимо передать через пакет к kleевому слою, Дж:

$$Q = \lambda F \frac{\Delta t}{\Delta x} T_b , \quad (1)$$

где  $\lambda$  – коэффициент теплопроводности березы, Вт/м·К;  $F$  - площадь сечения склеиваемого пакета, перпендикулярного тепловому потоку, м<sup>2</sup>;  $T_b$  – продолжительность выдержки пакетов в прессе, с;  $\Delta t$  – разность конечной и начальной температуры пакета, К;  $\Delta x$  – расстояние между начальной и конечной точками нагрева, м:

$$Q = Cm\Delta t, \quad (2)$$

где  $C$  - удельная теплоемкость древесины березы, Дж/кг·К;  $m$  - масса прогреваемых листов шпона, кг.



а – первый вариант (традиционная технология); б – второй вариант (технология двухэтапного склеивания)

Рисунок 1 – Схемы склеивания листов шпона

Выразив из ф. (1) время прогрева пакета и проведя необходимые преобразования, было получено выражения для определения времени прогрева шпона:

$$T_b = \frac{Cm\Delta x}{\lambda F} . \quad (3)$$

Результаты расчетов времени прогрева шпона с учетом его влажности и других параметров представлены в табл. 1. Размеры листов шпона 1600×1600×1,5 мм. В расчетах времени цикла прессования продолжительность снижения давления на склеиваемый материал после пьезотермической обработки в прессе  $\tau_{ch}$  и продолжительность вспомогательных операций (загрузка и выгрузка пресса, смыкание и размыкание плит)  $\tau_{vsp}$  были приняты с учетом средних значений работы прессов на предприятии:  $\tau_{ch} = 1,1$  мин;  $\tau_{vsp} = 3$  мин.

Как видно из таблицы, при двухэтапном склеивании шпона при производстве фанеры толщиной 18 мм общее время цикла склеивания сокращается на 0,3 мин. Если принять, что предприятие переходит на предложенную технологию двухэтапного склеивания, то суммарная экономия времени на прессование составит примерно 67 часов. Эта экономия времени соответствует снижению расхода энергии на досушивание влажного шпона и его прессование около 4000 кВт·ч энергии, что эквивалентно снижению выбросов CO<sub>2</sub> в объеме 2,8 т /год [10].

Таблица 1 – Исходные данные и результаты расчета времени прогрева шпона по вариантам склеивания

Наименование показателя	Значения показателей		
	Традиционная технология	Двухэтапное склеивание	
		Первый этап (внутренний слой/наружный слой)	Второй этап
Влажность шпона, %	6,6	6,6 / 12	6,6
Плотность, кг/м <sup>3</sup>	565	565 / 567	565
Коэффициент теплопроводности, Вт/м·К	0,16	0,16 / 0,22	0,16
Удельная теплоемкость, Дж/кг·К	2000	2000 / 2250	2000
Время прогрева, мин	11,2	1,4	5,4
Время цикла, мин	15,3	5,5	9,5
Полное время, мин	15,3		15,0

Полученные расчетным путем данные о времени прогрева пакета шпона были апробированы в лабораторных, а затем и в производственных условиях. Проведенные испытания образцов фанеры на скальвание по клеевому слою и при определении прочности при изгибе подтвердили возможность применения технологии двухэтапного склеивания влажного шпона с целью снижения производственных расходов и сокращению выбросов парниковых газов.

### Список литературы

- Чумак К. А., Титунин А. А. Технологические аспекты двухэтапного способа получения фанеры с использованием влажного шпона// Вестник Поволжского государственного технологического университета. Серия: Материалы. Конструкции. Технологии. 2024. № 3 (31). С. 69–79. – URL: <https://doi.org/10.25686/2542-114X.2024.3.69>.

2. Амосова И. Б., Феклистов П. А. Распределение влаги по сечению ствола в древесине березы повислой / И. Б. Амосова, П. А. Феклистов // Лесной вестник. – 2010. – № 3. – С. 97–101.
3. Чубинский А. Н. Моделирование процессов склеивания древесных материалов / А. Н. Чубинский, В. В. Сергеевичев. – СПб.: Издательский дом Герда, 2007. – 176 с.
4. Залипаев А. А. Технология низкотемпературного склеивания хвойного шпона : автореф. дис. ...канд. техн. наук : 05.21.05 / Залипаев Александр Анатольевич ; СПбГУКИ. – Санкт-Петербург, 2014. – 18 с.
5. Плотников Н. П. Обоснование выбора модифицирующих веществ для склеивания шпона повышенной влажности / Н. П. Плотников, С. Н. Трошкин // Системы. Методы. Технологии. – 2017. – №1. – С. 107-113.
6. Ortynska G. Bonding of birch veneer with high moisture content using phenol-formaldehyde resin modified by soy protein / Ortynska G., Bekhta P., Lyutyy P., Sedliačik , J. // Acta Facultatis Xylologiae. – 2018. – № 60(1). – С. 85–91.
7. Bekhta P. Properties of Modified Phenol-Formaldehyde Adhesive for Plywood Panels Manufactured from High Moisture Content Veneer / Bekhta P., Ortynska G., Sedliacik J. // Drvna Industrija – 2014. - № 65(4). – С. 293 – 301.
8. Севастьянов К. Ф. Интенсификация процесса склеивания фанеры / К. Ф. Севастьянов. – Москва: Лесная промышленность, 1976. – 144 с.
9. Боровиков А. М. Справочник по древесине : справочник / А. М. Боровиков, Б. Н. Уголев. – М. : Лесная пром-сть, 1989. – 296 с.
10. Гайнуллина Л.Р., Фасыхов А.Р., Тимербаев Н.Ф., Ибрагимова В.Р. Углеродный след энергетического сектора // Вестник Российского университета дружбы народов. Серия: Экология и безопасность жизнедеятельности. 2024. Т. 32. № 4. С. 365–384. <http://doi.org/10.22363/2313-2310-2024-32-4-365-384>.

## References

1. Chumak K. A., Titunin A. A. Technological aspects of the two-stage plywood production method with wet veneer. *Vestnik of Volga State University of Technology. Series: Materials. Constructions. Technologies.* 2024;(3):69–79. (In Russian). – URL: <https://doi.org/10.25686/2542-114X.2024.3.69>.
2. Amosova I.B., Feklistov P.A. Moisture distribution over trunk cross section in birch wood / I.B. Amosova, P.A. Feklistov // *Lesnoy Vestnik*. – 2010. – № 3. – Pp. 97–101. (In Russian).
3. Chubinsky A. N. Modeling processes of gluing wood materials / A. N. Chubinsky, V. V. Sergeevichev. - SPb: Gerda Publishing House, 2007. –176 p. (In Russian).
4. Zalipaev A. A. Technology of low-temperature bonding of coniferous veneer : Ph. ...Candidate of Technical Sciences : 05.21.05 / Zalipaev Alexander Anatolievich ; SPbGUKI. – St. Petersburg, 2014. – 18 p. (In Russian).

5. Plotnikov N. P. Substantiation of choice of modifying agents for gluing of veneer with increased humidity / N. P. Plotnikov, S. N. Troshkin // *Systems. Methods. Technologies.* - 2017. – №1. – Pp. 107–113. (In Russian).
6. Ortynska G. Bonding of birch veneer with high moisture content using phenol-formaldehyde resin modified by soy protein / Ortynska G., Bekhta P., Lyutyy P., Sedliačik , J. // *Acta Facultatis Xylologiae.* – 2018. – № 60(1). – Pp. 85–91.
7. Bekhta P. Properties of Modified Phenol-Formaldehyde Adhesive for Plywood Panels Manufactured from High Moisture Content Veneer / Bekhta P., Ortynska G., Sedliacik J. // *Drvna Industrija* – 2014. - № 65(4). – Pp. 293 – 301.
8. Sevastyanov K.F. Intensification of the process of gluing plywood / K.F. Sevastyanov. - Moscow: Forest Industry, 1976. – 144 p. (In Russian).
9. Borovikov A.M. Handbook on wood : a reference book / A.M. Borovikov, B.N. Ugolev. - Moscow : *Lesnaya Promyshlennost*, 1989. – 296 p. (In Russian).
10. Gainullina LR, Fasykhov AR, Timerbaev NF, Ibragimova VR. Carbon footprint of the energy sector. RUDN Journal of Ecology and Life Safety. 2024;32(4):365–384. (In Russ.) <http://doi.org/10.22363/2313-2310-2024-32-4-365-384>.

DOI: 10.58168/TBiEc2025\_467-476

УДК 330, 332

**АНАЛИЗ ПОДХОДОВ К ОБЕСПЕЧЕНИЮ НИЗКОУГЛЕРОДНОГО РАЗВИТИЯ  
ЭКОНОМИКИ НА ПРИМЕРЕ САДОВОДСТВА КАБАРДИНО-БАЛКАРСКОЙ  
РЕСПУБЛИКИ**

ANALYSIS OF APPROACHES TO LOW-CARBON ECONOMIC DEVELOPMENT ON  
THE EXAMPLE OF HORTICULTURE IN THE KABARDINO-BALKAR REPUBLIC

**Шогенцукова З.Х.**, к.э.н., доцент, ФГБОУ ВО «Кабардино-Балкарский государственный университет им. Х.М. Бербекова» (КБГУ), г. Нальчик, Россия.

**Потравный И.М.**, д.э.н., профессор, профессор базовой кафедры «Управление проектами и программами Капитал Групп», Российский экономический университет им. Г.В. Плеханова, г. Москва, Россия.

**Shogentsukova Z.H.**, candidate of Economic Sciences, Associate Professor, Kabardino-Balkarian State University named after Kh.M. Berbekov (KBSU), Nalchik, Russia.

**Potravny I.M.**, Doctor of Economics, Professor, Professor of the Basic Department of Project and Program Management of Capital Group, Plekhanov Russian University of Economics, Moscow, Russia.

**Аннотация:** в статье рассматриваются подходы к обеспечению низкоуглеродного развития экономики на примере садоводства. Анализируется опыт Кабардино-Балкарской Республики по развитию садоводства с точки зрения получения дополнительной выгоды от поглощения выбросов парниковых газов. Показано, что для республики садоводство выступает важным конкурентным преимуществом и условием устойчивого социально-экономического развития региона. Обосновываются направления по реализации климатической повестки и разработки политики адаптации к изменениям климата на примере агросистем и садоводства, развития карбонового предпринимательства в сфере АПК.

**Abstract:** the article discusses approaches to ensuring low-carbon economic development using horticulture as an example. The article analyzes the experience of the Kabardino-Balkarian Republic in the development of horticulture in terms of obtaining additional benefits from absorbing greenhouse gas emissions. It is shown that horticulture is an important competitive advantage for the republic and a condition for sustainable socio-economic development of the region. The directions for the implementation of the climate agenda and the development of a policy of adaptation to climate change are substantiated using the example of agricultural systems and horticulture, the development of carbon entrepreneurship in the agricultural sector.

**Ключевые слова:** декарбонизация экономики, низкоуглеродные технологии, парниковые газы, садоводство, агро-система, Кабардино-Балкарская Республика, карбоновое предпринимательство

---

Работа выполнена в рамках программы «Приоритет 2030»

© Шогенцукова З. Х., Потравный И. М., 2025

**Keywords:** decarbonization of the economy, low-carbon technologies, greenhouse gases, horticulture, agro-system, Kabardino-Balkarian Republic, carbon entrepreneurship

Обеспечение низкоуглеродного развития является одним из приоритетных задач развития экономики и социальной сферы [1].

В Российской Федерации на уровне стратегического планирования и государственной политики заложены основы низкоуглеродного развития экономики, в частности принятием Стратегии социально-экономического развития Российской Федерации с низким уровнем выбросов парниковых газов до 2050 годов (утв. Распоряжением Правительства РФ от 29.10.2021 № 3052-р) и Климатической доктрины Российской Федерации (утв. Указом Президента РФ от 26.10.2023 № 812).

С этих позиций важное значение имеет анализ и обоснование подходов к обеспечению низкоуглеродного развития экономики страны. При этом данный процесс различен по отношению к субъекту и объекту исследования приложения мер декарбонизации и обеспечения низкоуглеродного развития экономики. Субъектами выступают международные организации, федеральные и региональные органы власти, представители бизнес-сообщества, а также университеты и различные категории научных центров.

Объектами могут выступать как отдельные отрасли народного хозяйства, территориальные единицы (страна в целом, субъект Российской Федерации, предприятие, производство), а также отдельные климатические проекты. В зависимости от масштабов исследования обеспечения низкоуглеродных развития экономики различны подходы и меры декарбонизации.

Для Северного Кавказа системообразующей отраслью выступает сфере АПК, в частности – садоводство. При этом новые реалии существенно трансформировали садоводство – активизировались их интенсификацию, появилась отдельное направление – интенсивное садоводство.

Ориентация экономики всех субъектов Северо-Кавказского федерального округа на аграрное производство является отличительной особенностью, на сельское хозяйство приходится до 14 % валового регионального продукта. Ряд авторов отмечают, что применение инноваций в садоводстве ориентированные на снижение негативного воздействия на охрану окружающей среды, дают возможность производить экологически чистые и наиболее безопасные для здоровья продукты питания (фрукты и овощи) [6].

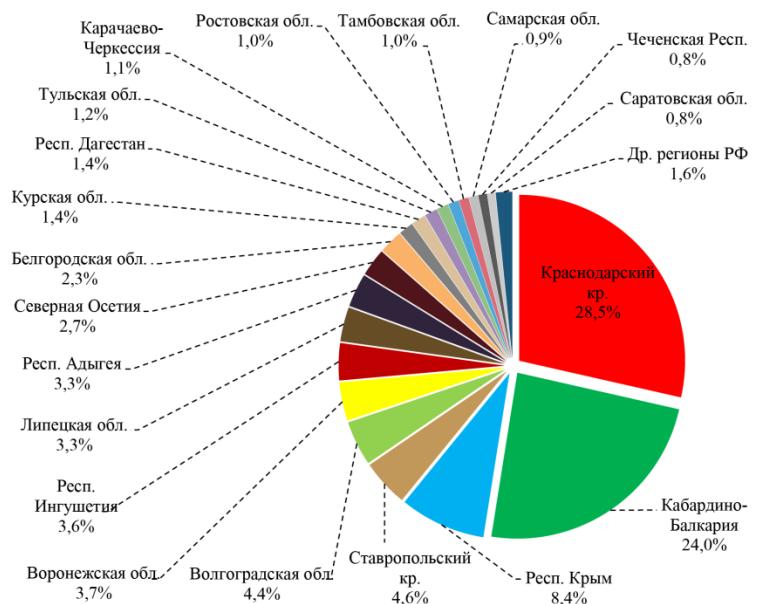
Применение низкоуглеродных технологий в сельском хозяйстве является базовым элементом мер по адаптации к изменениям климата. Внедрения подобных технологий не только фактор снижения выбросов CO<sub>2</sub>, но и компонент повышения устойчивости агросистем [12], продовольственной безопасности и экономического развития отдельных регионов страны.

Изменение современного садоводства, обусловлено активизацией использования современных технологий и инноваций, «путем применения беспроводных датчиков можно сократить количество используемых пестицидов. Внедрение данных технологий можно осуществлять постепенно в соответствии с имеющимися в хозяйстве возможностями» [5]. Результатом внедрений инноваций может стать снижение издержек, минимизация зависимости от природно-климатических факторов и т.д.

За последние 10 лет садоводство в России развивается ускоренными темпами, наблюдается существенная степень применения цифровых и современных технологий. Садоводство для отдельных субъектов России становится ключевой отраслью социально-экономического развития, в частности, для Северного Кавказа. По данным экспертно-аналитического центра Агробизнеса: наблюдался рекордный рост сбора яблок в 2022 году, в среднем ежегодный темп роста составляет 20-22 %, что во многом связано с природно-климатическими факторами [4].

Рейтинг регионов по объему сборов яблок в промышленном секторе в 2022 году		
№	Регион	Объем сборов, тыс. тонн
1	Краснодарский кр.	463,57
2	Кабардино-Балкария	389,17
3	Респ. Крым	135,92
4	Ставропольский кр.	74,57
5	Волгоградская обл.	70,69
6	Воронежская обл.	60,87
7	Респ. Ингушетия	58,65
8	Липецкая обл.	54,19
9	Респ. Адыгея	53,02
10	Северная Осетия	43,72
11	Белгородская обл.	37,44
12	Курская обл.	23,09
13	Респ. Дагестан	22,59
14	Тульская обл.	19,98
15	Карачаево-Черкесия	18,22
16	Ростовская обл.	16,52
17	Тамбовская обл.	15,49
18	Самарская обл.	14,34
19	Чеченская Респ.	13,72
20	Саратовская обл.	12,20
	Другие регионы РФ	25,97
	<b>РОССИЯ ВСЕГО</b>	<b>1 623,91</b>

Доля ТОП-20 регионов в общих сборах яблок в промышленном секторе садоводства России в 2022 году, %  
Общий объем – 1 623,9 тыс. тонн



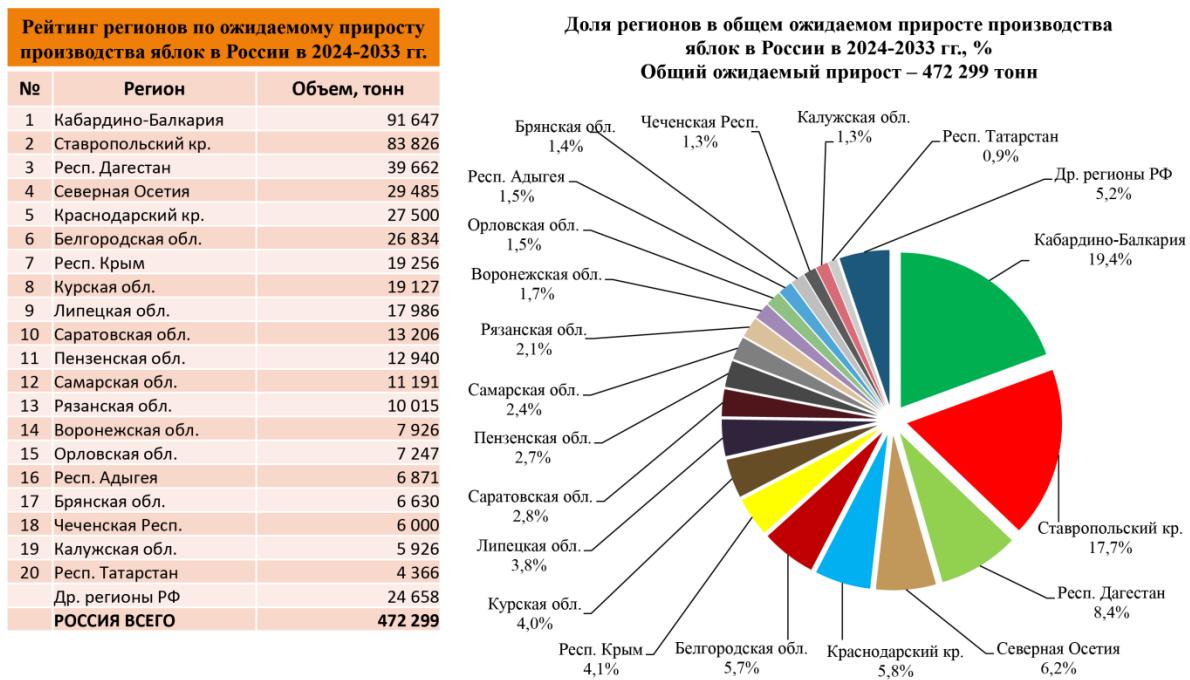
Источник: Росстат

Рисунок 1 - Рейтинг регионов по объему сборов яблок в промышленном секторе в 2022 г. [4, с.27]

По данным Министерства сельского хозяйства РФ (рис.2) Кабардино-Балкарская Республика занимает лидирующую позицию в рейтинге регионов России по ожидаемому приросту производства яблок в 2024-2033 гг.

Предлагаемый нами подход состоит в увязке задач развития садоводства с точки зрения производства яблок, вклада в региональную экономику и социальную сферу с решением задач по обеспечению экологического благополучия, согласно достижения

приоритетных целей развития в соответствие с Указом Президента Российской Федерации от 07.05.2024 г. № 309 «О национальных целях развития Российской Федерации на период до 2030 г. и на перспективу до 2036 г.», в котором в составе национальных целей развития страны обозначены экологическое благополучие и устойчивая и динамичная экономика» [2]. Каждый субъект в том числе и Кабардино-Балкарская Республика разрабатывает политику адаптации к изменению климата в части реализации Стратегии социально-экономического развития Кабардино-Балкарской Республики на перспективу.



Источник: составлено АБ-Центр по данным Минсельхоза РФ

Рисунок 2 - Рейтинг регионов по ожидаемому приросту производства яблок в России в 2024-2033 гг. [4, с.29]

Такой подход предполагает анализ и оценку мер по декарбонизации экономики в конкретных условиях, в частности, садоводства. По оценкам, вклад мирового сельского хозяйства в глобальный пул парниковых газов составляет 23-24 %. С другой стороны, именно в сфере садоводство имеются значительные возможности по поглощению выбросов парниковых газов, что может быть связано с эколого-ландшафтным управлением природопользования [10].

Как отмечал Глава Кабардино-Балкарской Республики на Кавказском инвестиционном форуме (КИФ-2025), в настоящее время республика уверенно лидирует по производству плодово-ягодной продукции. В 2024 году валовой сбор плодов и ягод в хозяйствах всех категорий составил 1027 тысяч тонн – на 30,7% больше, чем в 2023 году. Это 25% от общероссийского урожая плодово-ягодной продукции. Кабардино-Балкария – единственный регион, где сформирована собственная целостная структура для развития садоводства – от производства высококачественного посадочного материала до выпуска

пластиковой тары и опор. Ежегодно производится 2,8 миллиона сертифицированных саженцев плодовых культур, из которых свыше миллиона отправляется в другие регионы» [7].

В целом для Кабардино-Балкарской Республики садоводство выступает конкурентным преимуществом, которое может быть усилено таким образом, что садоводство должно стать объектом исследования и анализа подходов обеспечению низкоуглеродного развития экономики. Следует учитывать, что учет экологического и климатического фактора в развитии садоводства практически не учитывается. Хотя средозащитные и климатосберегающие функции садов могут и должны рассматриваться наравне с экологическими функциями леса [10].

Тем самым, садоводство в новых реалиях становиться объектом исследования влияния различных факторов, способных существенно снизить зависимость от климата, вырабатывать меры обеспечения низкоуглеродного развития экономики, позволяющей сочетать агротехнологические и экологические факторы.

На рис.3 представлены основные факторы, влияющие на эффективность садоводства в современных условиях.

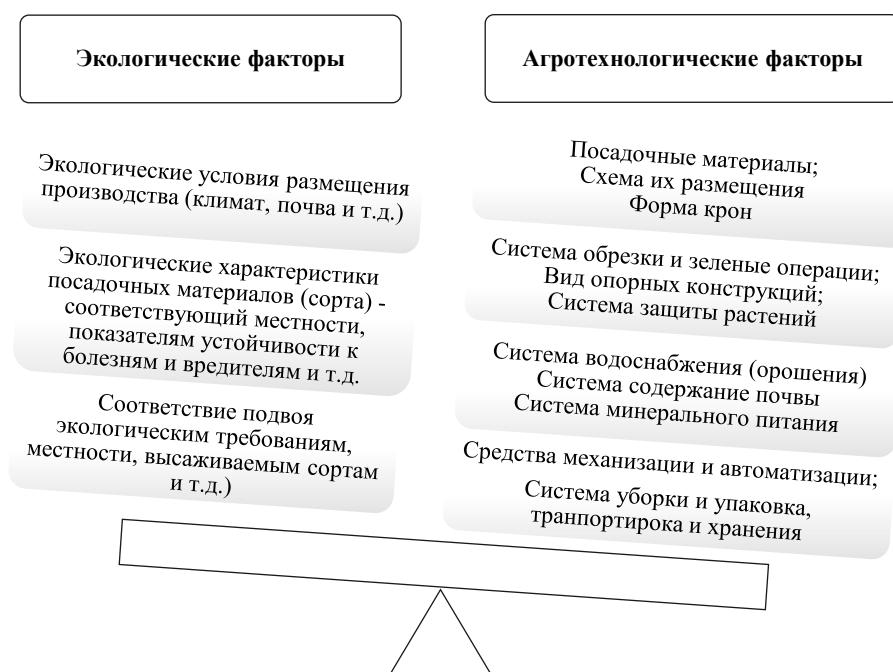


Рисунок 3 - Основные факторы, влияющие на эффективность садоводства в современных условиях [6]

В настоящее время наука выступает базой климатической повестки, что предполагает необходимость формирования методики отслеживания углеродного следа и последующие процессы декарбонизации повлияют не только на экономику страны, но и на систему российского высшего образования. С этой точки зрения необходимо качественное изменение профессий и системы подготовки новых кадров, которые придут работать в совершенно

новые направления. Развитие декарбонизации на территории России невозможно без участия науки и трансформации высшего образования [4].

Реализация мер декарбонизации экономики в садоводстве России и повышение их эффективности может быть достигнуто путем объединения усилий государства, науки и бизнеса в своеобразную спираль. Государство задает общий вектор путем совершенствования нормативно-правового сопровождения на уровне принятия федеральных документов в области формирования национальных целей и стратегического планирования; университеты и иные научные центры аккумулируют, формируют и представляют достижения научно-технологического развития. Бизнес обеспечивает материальное, инфраструктурное, ресурсное, финансовое и кадровое обеспечение функционирования садоводства» [6]. Объединение в рамках единой платформы усилия данных субъектов существенно повышают изменение отрасли в целом.

На наш взгляд, можно выделить следующие направления применения низкоуглеродных технологий в АПК (в том числе и в садоводстве):

- точное земледелие – предполагающей применение средств навигаций, дронов и датчиков для мониторинга и контроля за водо- и энергоснабжению, поливу и внесения удобрений и пестицидов;
- регенеративное земледелие и иная подобная практика – агро-лесоводство (комбинирование культур для посадки лесов с сельскохозяйственными культурами) нацеленный на поглощающую способность; улучшение процесса управления качеством почвы – повышение его секвестрирующих возможности в отношении углерода;
- Биоуголь (биочар) – применение биоугля для обогащения почвы и улучшения плодородия и сохранения углерода;
- Устойчивое животноводство – активизация переработки отходов животноводства (навоза в метан), применения подходов генетической селекции и кормовых добавок;
- Применение органических удобрений – постепенный переход к органическим удобрениям (биогумус, компост);
- Применение возобновляемых источников энергии (солнечные панели, ветряки, биотопливо из сельскохозяйственных отходов).

Что касается вклада садоводства в климатическую повестку, можно выделить два процесса: мониторинг выброса парниковых газов и управление поглощающей способностью садов путем внедрения устойчивых практик и технологий. На рис. 4 представлены ключевые направления внедрения низкоуглеродных технологий в садоводстве.

Приведенные подходы к обеспечению низкоуглеродного развития экономики в садоводстве охватывают различные сферы трансформации садоводства в современных условиях. Отдельный механизмы требуют готовности их применения от представителей бизнеса, в частности, применение финансовых и регулятивных мер, которые требуют, как финансовых ресурсов, так и повышения прозрачности и готовности к требованиям и

ответственности, закладываемые законодательством и финансовыми рынками. Но активизация применения инноваций как подходов к обеспечению низкоуглеродного развития экономики в садоводстве, имеют реальные перспективы для реализации, например, применения возобновляемой энергетики, углеродное земледелие, переработка отходов и т.д. Особое внимание уделяется управлению качеством почвы, т.е. «дыхание почвы» и биологизации производственного процесса.



Рисунок 4 - Систематизация подходов к обеспечению низкоуглеродного развития экономики в садоводстве

Обобщая пути сокращения выбросов парниковых газов и подходов обеспечения низкоуглеродного развития экономики, выделены следующие базовые направления: технологические, биологические, энергоэффективные технологии. С технологической точки зрения сады выступают особым объектом мониторинга углеродного баланса в части определения объема выбросов парниковых газов по категориям источников и объема поглощений парниковых газов.

Кабардино-Балкарский государственный университет им. Х.М. Бербекова как классический и региональный вуз проводит научные исследования в области реализации климатической повестки на примере садоводства. Данное направление исследования является частью Стратегического проекта №2 «Кабардино-Балкарская – территория экологического благополучия, инновационной горной и реабилитационной медицины» программы «Приоритет 2030», реализуемый в университете. Сформирована

междисциплинарная команда, работа которой нацелена на выработку механизмов обеспечения низкоуглеродного развития экономики республики в части сельского хозяйства (садоводства). Кроме того, в университете создан Центр декарбонизации АПК и региональной экономики, одним из направлений его работы является подготовка пилотного элективного курса «Карбоновое предпринимательство» для магистров направления 38.04.01 Экономика.

Одним из направлений реализации климатических инициатив университета является разработка механизма обеспечения низкоуглеродного развития экономики на примере садоводства Кабардино-Балкарской Республики, создание карбонового полигона на территории республики. Реализация такого подхода может базироваться на торговле квотами на выбросах парниковых газов [11]. Для указанных целей может быть использован инструментарий экологического и климатического аудита территории [8].

### **Список литературы**

1. Потравный И.М., Яшалова Н.Н., Брылкина А.В. Механизм низкоуглеродного развития экономики: инструменты управления и опыт реализации. - М.: РЭУ им. Г.В. Плеханова, 2022. - 120 с.
2. Указ Президента Российской Федерации от 07.05.2024 г. № 309 О национальных целях развития Российской Федерации на период до 2030 г. и на перспективу до 2036 г. Официальные опубликование правовых актов. – URL: //www.consultant.ru/document/cons\_doc\_LAW\_475991/?ysclid=m38kuyzgfy4678508583
3. Валерий Фальков: Развитие декарбонизации невозможно без участия науки. – URL: <https://vfanc.ru/valerij-falkov-razvitie-dekarbonizacii-nevozmozhno-bez-uchastiya-nauki/>
4. Конъюнктура рынка садов и виноградников в РФ. Анализ и потенциал развития // Экспертно-аналитический центр агробизнеса. – URL: <https://ab-centre.ru>
5. Минсельхоз сообщил о начале весенней закладки садов в России. – URL: <https://tass.ru/ekonomika/14347781> (дата обращения: 22.05.2025).
6. Шогенцукова, З. Х. Тренды трансформации садоводства России в рамках концепции устойчивого развития / З. Х. Шогенцукова, Р. Р. Лепшокова // Московский экономический журнал. – 2024. – Т. 9, № 11. – С. 221-249. – DOI 10.55186/2413046X\_2024\_9\_11\_434. – EDN GRHLRO.
7. КИФ-2025: четверть общероссийского урожая плодов и ягод поставляется из Кабардино-Балкарии. – URL: //<https://glava.kbr.ru/news/vneshnie-svyazi/kif-2025-chetvert-obshcherossiyskogo-urozhaya-plodov-i-yagod-postavlyaetsya-iz-kabardino-balkarii.html> (дата обращения 26.05.2025)
8. Экологический аудит: теория и практика : Учебник для студентов вузов / Потравный И.М., Петрова Е.Н., Вега А.Ю., Мотосова Е.А., Жалсараева Е.А., Звягинцева (Мельникова) Е.Н. ; Под ред. проф. Потравного И.М. – М.: ЮНИТИ-ДАНА, 2013. – 583 с.

9. Потравный И.М., Новиков Д.В. Эколого-ландшафтное управление природопользованием : монография. – М.: Экономика, 2016. – 255 с.
10. Копылова Ю.Ю., Лебедев Ю.В., Потравный И.М. Учет фактора времени при оценке долговременного эффекта средозащитных функций леса // Экономика природопользования. 2003. №1. С. 32-44.
11. Потравный И.М., Мотосова Е.А. Плюсы и минусы введения углеродного налога: зарубежный опыт и позиция России по Киотскому протоколу// ЭКО. 2014. №7. С. 180-189.
12. Денисов В.И., Потравный И.М. О современных проблемах экологизации природопользования в агропромышленном комплексе России // Экономическая наука современной России, 2019, №4 (87). – С. 99-112. DOI: 10.33293/1609-1442-2019-4(87)-99-112

### References

1. Potravny I.M., Yashalova N.N., Brylkina A.V. The mechanism of low-carbon economic development: management tools and implementation experience. - Moscow: Plekhanov Russian University of Economics, 2022, 120 p.
2. Decree of the President of the Russian Federation dated 05/07/2024 No. 309 On the National Development Goals of the Russian Federation for the period up to 2030 and for the future up to 2036. Official publication of legal acts. – URL: [//www.consultant.ru/document/cons\\_doc\\_LAW\\_475991/?ysclid=m38kyzgfy4678508583](http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_475991/?ysclid=m38kyzgfy4678508583)
3. Valery Falkov: The development of decarbonization is impossible without the participation of science. – URL: <https://vfanc.ru/valerij-falkov-razvitiye-dekarbonizaczi-nevozmozhno-bez-uchastiya-nauki/>.
4. Market conditions of orchards and vineyards in the Russian Federation. Analysis and development potential // Agribusiness Expert and Analytical Center. – URL: <https://ab-centre.ru>
5. The Ministry of Agriculture announced the beginning of spring gardening in Russia. – URL: <https://tass.ru/ekonomika/14347781> (date of request: 05.22.2025).
6. Shogentsukova, Z. H. Trends in the transformation of horticulture in Russia within the framework of the concept of sustainable development / Z. H. Shogentsukova, R. R. Lepshokova // Moscow Economic Journal. – 2024. – Vol. 9, No. 11. – pp. 221-249. – DOI 10.55186/2413046X\_2024\_9\_11\_434. – EDN GRHLRO.
7. CIF-2025: a quarter of the all-Russian harvest of fruits and berries is supplied from Kabardino-Balkaria. – URL: <https://glava.kbr.ru/news/vneshnie-svyazi/kif-2025-chetvert-obshcherossiyskogo-urozhaya-plodov-i-yagod-postavlyaetsya-iz-kabardino-balkarii.html> (date of access 26.05.2025)
8. Environmental audit: theory and practice. A textbook for university students. // Potravny I.M., Petrova E.N., Vega A.Yu., Motosova E.A., Zhalsaraeva E.A., Zvyagintseva (Melnikova) E.N. Edited by Prof. Potravny I.M., Moscow: UNITY-DANA, 2013. 583 p .

9. Potravny I.M., Novikov D.V. Ecological and landscape management of natural resources. Monograph. – M.: Economics, 2016. 255 p.
10. Kopylova Yu.Y., Lebedev Yu.V., Potravny I.M. Consideration of the time factor in assessing the long-term effect of environmental protection functions of the forest // Economics of Environmental Management, 2003, No. 1, pp. 32-44.
11. Potravny I.M., Motosova E.A. The pros and cons of introducing a carbon tax: foreign experience and Russia's position on the Kyoto Protocol // ECO, 2014, No. 7. pp. 180-189.
12. Denisov V.I., Potravny I.M. On modern problems of environmental management in the agro-industrial complex of Russia // The economic science of modern Russia, 2019, №4 (87). – Pp. 99-112. DOI: 10.33293/1609-1442-2019-4(87)-99-112

Научное издание

ТЕХНОЛОГИИ В БИОЭКОНОМИКЕ:  
ИННОВАЦИИ И ВЫЗОВЫ В XXI ВЕКЕ

Материалы Международного форума  
Воронеж, 28-30 мая 2025 г.

Ответственный редактор Т.Л. Ищенко

Материалы публикуются в авторской редакции

Подписано к изданию 17.10.2025. Объем данных 23,0 Мб  
ФГБОУ ВО «Воронежский государственный лесотехнический университет  
имени Г.Ф. Морозова»  
394087, г. Воронеж, ул. Тимирязева, 8