

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

ЦИРКУЛЯРНАЯ ЭКОНОМИКА ДЛЯ ЦЕЛЕЙ
УСТОЙЧИВОГО РАЗВИТИЯ ОТРАСЛЕЙ И ТЕРРИТОРИЙ

Материалы Национальной научно-практической конференции
Воронеж, 14-15 мая 2024 г.

Воронеж 2024

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»

CIRCULAR ECONOMY FOR THE PURPOSE
OF SUSTAINABLE DEVELOPMENT OF INDUSTRIES AND TERRITORIES

Materials of the National Scientific and Practical Conference
Voronezh, May 14-15, 2024

Voronezh 2024

УДК 338.22;674

Ц70

Ц70 Циркулярная экономика для целей устойчивого развития отраслей и территорий : материалы Национальной научно-практической конференции, Воронеж, 14-15 мая 2024 г. / отв. ред. Т. Л. Ищенко ; М-во науки и высшего образования РФ, ФГБОУ ВО «ВГЛТУ». – Воронеж, 2024. – 436 с. – URL: <https://vgltu.ru/nauka/konferencii/2024/materialy-nacionalnoj/>. – Текст : электронный.

ISBN 978-5-7994-1119-0

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 конференции предназначены для научных работников, аспирантов и студентов.

УДК 338.22;674

ISBN 978-5-7994-1119-0

© ФГБОУ ВО «ВГЛТУ», 2024

Содержание

<i>Абрасимовская А.Г.</i> Применение беспилотных систем для анализа проб атмосферного воздуха	8
<i>Аверченкова В.Д., Козачек А.В., Дивин А.Г., Балабанов П.В.</i> Возможности использования комплекса «Наземный робот – БПЛА» в экологическом мониторинге	15
<i>Аверченкова В.Д., Троицкий М.А., Дивин А.Г., Козачек А.В.</i> Сортировка и очистка мусора с помощью роботизированных платформ	20
<i>Азарова Н.А.</i> Совершенствование цифровой трансформации предприятий в контексте инновационных способов применения в ESG-практике	24
<i>Андрюшин А.А.</i> Обзор применения БПЛА при мониторинге лесных массивов	31
<i>Безрукова Т.Л., Кувшинова О.В.</i> Концептуальные подходы к формированию инновационной политики в условиях развития региональных систем	38
<i>Брындина Л.В., Корчагина А.Ю., Горпинченко В.В.</i> Исследование целлюлозолитической активности актиномицетов	45
<i>Брындина Л.В., Корчагина А.Ю., Митина А.В.</i> Органоминеральное удобрение – перспективное направление переработки древесных отходов	49
<i>Булгакова М.А.</i> Органы внутренних дел в обеспечении устойчивого природопользования	53
<i>Бурчакова Т.Л., Пономаренко Л.В., Кантиева Е.В.</i> Функциональная и экологичная мебель из картона	59
<i>Верех-Белоусова Е.И.</i> Аспекты использования отходов добычи и обогащения угля как строительного сырья	66
<i>Врагов С.А.</i> Основные классификации беспилотных летательных аппаратов (БПЛА)	73
<i>Головина Т.А., Авдеева И.Л.</i> Развитие циркулярной экономики на основе модели промышленного симбиоза	79
<i>Голубин К.В., Сердюкова Н.А.</i> Уменьшение массо-габаритных показателей связного оборудования на борту БПЛА в целях увеличения времени непрерывного мониторинга	85

<i>Гонтарев С.М., Пирязев К.А.</i> Новые технологии при возведении земляного полотна лесовозной дороги	91
<i>Грачев Д.С., Ищенко Т.Л., Ефимова Т.В.</i> Влияние пористости древесины на ее технологические свойства: от структуры к адгезии	97
<i>Грибачева О.В.</i> Полезащитные насаждения – источники биоразнообразия в степной зоне	101
<i>Дмитренков А.И., Томина Е.В., Никифорова А.В., Краснухина А.А.</i> Использование отходов деревоперерабатывающей и пищевой промышленности для улучшения свойств древесных композитов	107
<i>Добросоцкий М.К., Морковина С.С.</i> Особо охраняемые природные территории: динамика и развитие	112
<i>Елфимова Ю.П., Лавлинская О.В., Гусятинский Д.О.</i> Современные древесные материалы для создания прочных и стильных террас на открытом воздухе	119
<i>Жильцова Э.Л., Дрёмова Д.А.</i> Меры государственной поддержки сельского хозяйства в Воронежской области	125
<i>Жиляева С.В., Стородубцева Т.Н.</i> Основные аспекты современного дизайна мебели	131
<i>Жужукин К.В., Жужукин Н.В., Савченко С.И., Дмитренков А.И.</i> Эффективное управление отходами: стратегии и перспективы	137
<i>Зиновьева И.С., Филиппова А.В.</i> Россия на пути к циркулярной экономике	142
<i>Зяблова А.А.</i> Переработка макулатуры и сохранение лесов России	148
<i>Ивановский В.П., Колбешкин И.С., Парамзина В.А., Савич Е.В.</i> К определению некоторых параметров инструментов для резания древесины малой плотности	153
<i>Ивановский В.П., Сигитов М.А., Черемисин А.Н.</i> Совершенствование процессов бесстружечного деления древесины дисковыми ножами и штампами	158
<i>Ищенко Т.Л., Ефимова Т.В., Грачев Д.С., Шарыгин Н.С.</i> Глубокая переработка древесины: проблемы и перспективы	165
<i>Кантиева Е.В., Ананасевич К.Н.</i> Современные клеевые материалы в деревообрабатывающей промышленности	169

Кантиева Е.В., Пономаренко Л.В., Генералов М.И., Неделина Н.Ю.	
Исследование послойной плотности древесностружечных плит периодического и непрерывного способа прессования	173
Киселева А.В., Ускова И.Д.	
Изменение коэффициентов повторяемости параметров годичного слоя древесины сосны обыкновенной	178
Колесниченко Е.А.	
Перспективы применения утилизированных осадков сточных вод в сельском хозяйстве	184
Косинов Д.Э.	
Обзор использования беспилотных летательных аппаратов при мониторинге лесных пожаров	193
Ломакина В.А.	
Анализ существующих методов электрохимической очистки технологических растворов производства пигментов	199
Мананков А.В., Рахманова И.А.	
Новая модификация волластонита игольчатого габитуса	206
Мануковский А.Ю., Курдюков Д.П., Курдюков Р.П., Шамарин Н.И., Воротников Д.А.	
Прочностные характеристики укрепления золошлаковых смесей ТЭЦ неорганическими вяжущими материалами на лесовозных дорогах	215
Мануковский А.Ю., Курдюков Д.П., Курдюков Р.П., Шамарин Н.И., Воротников Д.А.	
Результат применения RAP технологии в рамках реализации объекта «Капитальный ремонт автомобильной дороги Р-280 «Новороссия» Ростов-на-Дону – Мариуполь – Мелитополь – Симферополь на участке КМ 156+000 – КМ 162+100, Донецкая Народная Республика». Анализ использования RAP технологии в строительстве лесовозных дорог на базе полученных результатов	224
Матяев И.М.	
О направлениях совершенствования конструкций беспилотных летательных аппаратов применительно к лесному хозяйству	237
Матяев И.М., Татаренко И.Р.	
Вопросы модернизации конструкций лесохозяйственных дронов	243
Молчанова О.Н., Новикова Л.А., Томина Е.В.	
Изучение сорбционного извлечения ионов меди из модельных сточных вод новыми сорбентами на основе ферритов металлов	249
Морковин В.А., Пеньков В.А., Стородубцева Т.Н.	
Геодезический аспект в информационном моделировании сооружений	254
Морковин В.А., Стородубцева Т.Н., Ускова И.Д.	
Использование древесных отходов в изделиях транспортного строительства	261

<i>Неведров Н.П., Демехин И.В.</i> Вариабельность углеродного цикла в почвах природных и антропогенно преобразованных экосистем Курского региона	268
<i>Нетсев И.Э., Максименков А.И.</i> Ресурсосбережение при распиловке лесоматериалов	273
<i>Нургалеева А.В., Стородубцева Т.Н.</i> К чему приводят ошибки проектировщиков?	280
<i>Опара М.В., Врагов С.А.</i> Доходность леса в современных условиях российской экономики	284
<i>Опара М.В., Врагов С.А.</i> Анализ рисков ущерба леса от последствий лесных пожаров	288
<i>Пеньков В.А., Морковин В.А., Стородубцева Т.Н.</i> Об устойчивом развитии геодезического обеспечения строительства	292
<i>Полукаров Д.А., Абрамов В.В., Савченко С.И., Руссков П.Д.</i> Оценка эффективности применения машин на лесозаготовках	299
<i>Попов Е.В.</i> Оценка устойчивого развития в России: роль экологических рейтингов	306
<i>Притужалова О.А., Андреева А.Ю.</i> Экологический аудит нефтегазодобывающего предприятия	314
<i>Симонян Р.С., Михалищев Р.В., Валдайских В.В.</i> Сравнительный анализ роста побегов хвойных растений, перспективных для карбоновых ферм на Среднем Урале	321
<i>Снегирева С.Н., Платонов А.Д., Галайко А.М., Струкова М.И.</i> Усушка древесины сосны, поврежденной пожаром	327
<i>Снегирева С.Н., Платонов С.А., Мазекина О.М.</i> Влияние пожара на формирование трахеид у древесины сосны	333
<i>Стародубов А.С., Платонов А.Д., Ивановский В.П.</i> Перспективность ленточнопильных технологий в деревообработке	337
<i>Степанова Ю.Н., Щербин А.О.</i> Компаративный анализ инициатив ESG	342
<i>Стородубцева Т.Н., Довгаль В.А., Шакирова О.И.</i> Мировой аспект в информационном моделировании сооружений	347
<i>Стородубцева Т.Н., Еремян М.Р., Шакирова О.И.</i> Проблема качества и повышения экологической безопасности дорог в России	354

<i>Терешина М.В., Яковлева Е.А.</i> Взаимосвязь ESG-концепции и экономики замкнутого цикла	361
<i>Третьяков А.Г., Оробинский В.А.</i> Лесовосстановление как существенный элемент рационального природопользования	366
<i>Украинская Е.В., Ищенко Т.Л.</i> Исследование зависимости угла смачивания поверхности древесины от состава клея	373
<i>Хлюстов В.К., Хлюстов Д.В.</i> Беспилотные решения для современного лесоводства	379
<i>Ходосова Н.А., Томина Е.В., Мануковская В.Е.</i> Анализ использования биоуглей для очистки вод от формальдегида	388
<i>Шабанов М.Л., Черников Э.А., Стородубцева Т.Н., Шабанов Р.М.</i> Улучшение качества лесопродукции путем замены импортных средств измерений	394
<i>Шамаев В.А., Медведев И.Н., Руссу А.В.</i> Использование углекислого газа от пиролиза отходов деревопереработки для получения ценных продуктов из биомассы микроводорослей	401
<i>Шамаев В.А., Медведев И.Н., Трубников Н.А., Руссу А.В.</i> Успехи и проблемы модифицированной древесины	406
<i>Шахова В.Д., Стородубцева Т.Н., Бондарев В.А.</i> Экологические аспекты материалов будущего	412
<i>Шкарупета Е.В.</i> Методика оценки циркулярной зрелости промышленной экосистемы	419
<i>Яковлева Е.А., Осипов А.А.</i> Эволюция зеленой экономики и ее влияние на устойчивость социо-эколого-экономического развития	424
<i>Якунина И.В., Ланьшина Л.Н.</i> Сточные воды предприятий по переработке сахарной свеклы как фактор риска загрязнения поверхностных водных объектов Тамбовской области	430

DOI: 10.58168/CIRCULAR2024_8-14

УДК 631.3

**ПРИМЕНЕНИЕ БЕСПИЛОТНЫХ СИСТЕМ ДЛЯ АНАЛИЗА ПРОБ
АТМОСФЕРНОГО ВОЗДУХА**
THE USE OF UNMANNED SYSTEMS FOR THE ANALYSIS OF ATMOSPHERIC
AIR SAMPLES

Абрасимовская А.Г., преподаватель СПО, **Abrasimovskaya A.G.**, teacher of secondary
ФГБОУ ВО «Воронежский государственный лесотехнический университет имени Г.Ф. Морозова», Воронеж, Россия
vocational education, Voronezh State
University of Forestry and Technologies named
after G.F. Morozov, Voronezh, Russia

Аннотация: в данной статье рассматривается применение беспилотных летательных аппаратов (БПЛА) для анализа проб атмосферного воздуха. Основное внимание уделяется различным видам беспилотных систем, их использованию в лесном хозяйстве и автоматизации процесса анализа проб с помощью нейронной сети. Статья описывает преимущества использования БПЛА для мониторинга качества воздуха, а также обсуждает перспективы развития этого направления в будущем.

Abstract: this article discusses the application of unmanned aerial vehicles (UAVs) for analyzing atmospheric air samples. The focus is on various types of UAVs, their use in forestry, and the automation of the sample analysis process using a neural network. The article describes the advantages of using UAVs for air quality monitoring and also discusses the future prospects of this field.

Ключевые слова: беспилотные летательные аппараты (БПЛА), анализ проб воздуха, лесное хозяйство, автоматизация БПЛА, нейросети.

Keywords: unmanned Aerial Vehicles (UAVs), air sample analysis, forestry management, UAV automation, neural networks.

Введение

В современном мире значение леса как жизненно важного компонента экосистемы и одного из основных источников ресурсов для человечества крайне очевидно. В таких условиях, лесное хозяйство, как отрасль, направленная на рациональное использование, управление и защиту лесных массивов, требует инновационных решений и технологий для эффективного мониторинга, оценки и контроля. В этом контексте беспилотные системы выступают в качестве современного инструмента, способного кардинально изменить подходы к лесному делу.

Использование беспилотных систем открывает уникальные возможности для оперативного сбора данных с высоким разрешением в купе с минимизацией затрат ресурсов и времени. Благодаря своей мобильности, способности работать в сложных условиях и

труднодоступных местностях, БПЛА становятся оптимальным решением для наблюдения за большими территориями, оценки состояния экосистемы в целом, обнаружения различных угрожающих факторов, а также для контроля лесозаготовок и борьбы с пожарами.

В данной статье будут рассмотрены возможности использования БПЛА в лесном хозяйстве, в частности, использование беспилотных систем для оценки загазованности атмосферы тех или иных территорий, его преимущества и возможности.

1. Общие сведения о БПЛА

Нынешний интерес к беспилотным летательным аппаратам объясняется их простотой в эксплуатации, относительно низкой стоимостью приобретения и эксплуатации, а также скоростью получения различных типов данных. В настоящее время в нашей стране не существует единой классификации БПЛА, однако, их можно классифицировать по принципу конструкции и назначению (таблица 1).

Таблица 1 – Классификация БПЛА

Название	Способ функционирования	Основные преимущества
БПЛА самолетного типа	Подъемная сила создается аэродинамически за счет давления воздуха, поступающего на неподвижное крыло	Большая продолжительность полета, высокая максимальная высота полета и высокая скорость
Многороторные БПЛА	Реактивные моменты уравниваются поворотом несущих винтов попарно в разные стороны или наклоном вектора тяги каждого несущего винта в нужном направлении	Возможность “висеть” над объектом, делать фронтальные снимки объектов, возможен вертикальный взлет
БПЛА аэростатического типа	Подъемная сила создается в основном за счет архимедовой силы, действующей на цилиндр, наполненный легким газом (обычно гелием)	Продолжительность полета может достигать нескольких дней или недель, большая грузоподъемность

Одними из существенных недостатков используемых ранее методов мониторинга территории являются низкая вероятность раннего обнаружения и низкая точность определения местоположения очага пожара. Таким образом, зондирование с помощью БПЛА может решить следующие проблемы лесного хозяйства:

- картографирование лесных массивов;
- геолокация событий и ориентиров;
- получение биофизических характеристик определенной местности;
- оценка состояния экосистемы территории;
- выявление и контроль обезлесения;

- классификация, идентификация и сегментация растительного покрова.

Популярность использования БПЛА в различных сферах жизни современного человечества быстро растет. В 2020 году в активной эксплуатации было не более 200 единиц, в 2023 году – уже около 700, а в 2024 году планируется использовать более двух тысяч [1]. Также стоит отметить важность разработки отечественных программных комплексов, позволяющих объединять отдельные беспилотные летательные аппараты в единую систему, без чего их эффективное использование представляется крайне затруднительным.

2. Анализ загазованности атмосферы

Современные задачи беспилотных систем для химического зондирования атмосферы включают в себя мониторинг выбросов из точечных и разрозненным источников, отслеживание газовых шлейфов, а также анализ местного состава атмосферы и качества воздуха. Такие цели предполагают использование горизонтального и вертикального профилирования, а также сбор и анализ проб в различных локальных экосистемах. Наиболее востребованными пробами являются пробы атмосферного воздуха на предмет наличия загрязняющих газов и аэрозольных частиц. В данной концепции, беспилотные системы могут использоваться для определения концентраций регулируемых загрязнителей воздуха, таких как серный ангидрид (SO_x), оксид азота (NO_x), оксид углерода (CO) и твердых частиц, которые влияют как на здоровье человека, так и на качество лесных массивов, а также парниковых газов, таких как углекислый газ (CO_2) и метан (CH_4). Расписание, частота и длительность полетов могут быть автоматизированы, а данные в режиме реального времени потенциально могут отправляться отдельным лицам, специалистам отрасли или напрямую в органы власти, в случае превышения концентрации загрязняющих веществ нормативного уровня. Помимо этого, беспилотные системы, оснащенные газовыми датчиками, могут быть использованы для мониторинга загрязняющих веществ, образующихся в результате лесных пожаров, в том числе для раннего обнаружения очага возгорания [2].

Методы дистанционного зондирования уже использовались для составления карт атмосферных выбросов метана и углекислого газа, связанных с деятельностью человека. Однако, такой подход был возможен только в условиях относительно высоких концентрациях, но доступное в настоящее время оборудование менее чувствительно к газам с более низкой концентрацией. Тем не менее, для некоторых соединений, с помощью оптических методов, были получены пределы обнаружения, достигающие 15 частей на миллиард, и дальнейшие усовершенствования сведут на нет препятствие в виде предела обнаружения.

Количественное определение летучих органических соединений в лесах является актуальной задачей для современных технологий. В 2019 г. команда бразильских ученых провела забор проб с помощью БПЛА в центральной части Амазонии, используя картридж с сорбентом для отбора биогенных летучих органических соединений в экосистемах лесов [3]. В частности, в ходе 30-минутных полетов были получены несколько образцов для получения среднего содержания изопрена и α -пинена на фиксированных высотах в двух различных лесных массивах, расположенных на расстоянии 800 м друг от друга. В результате, образцы, полученные в разной местности, имели различные уровни концентраций веществ, что

подтверждает существование неоднородности выбросов в различных областях лесных массивов. Данное исследование наглядно продемонстрировало эффективность использования беспилотных систем для исследований в ранее недоступных масштабах.

Выбросы антропогенных летучих органических соединений также могут быть оценены и спрогнозированы с помощью мониторинга источников. В 2018 г. китайские ученые продемонстрировали возможность измерения концентраций бензола, толуола, этилбензола и ксилола в различных потенциальных антропогенных источниках и на высотах [4]. В ходе эксперимента были взяты пробы на потенциально опасных территориях, таких как свалка, завод по нефтепереработке и угольная электростанция. Беспилотная система была оснащена двухлитровым контейнером для отбора проб, датчиками температуры, влажности, давления, а также приборами для измерения содержания частиц сажи и CO₂. В результате анализа полученных проб, было обнаружено 109 различных летучих органических соединений. Этот эксперимент в очередной раз продемонстрировал потенциал использования беспилотных систем для быстрого и точного определения подробного химического состава атмосферы.

Аэриобиологические пробы атмосферного воздуха также являются важным направлением применения беспилотных систем. Различные экосистемы выделяют множество видов биологических аэрозольных частиц, включая пыльцу и споры грибов. В начале 2000-х годов ученые Корнельского университета использовали дистанционно управляемые самолеты для изучения концентрации спор на малых высотах над пшеничными полями [5]. С 2009 по 2012 г. сотрудники департамента патологии растений в США использовали БПЛА для сбора спор грибов для изучения сезонности и распространения [6]. В более поздних исследованиях для аэриобиологического отбора проб использовались многороторные БПЛА. Это связано с тем, что аэриобиологические частицы значительно крупнее летучих органических соединений и, следовательно, по-разному реагируют на потоки воздуха, создаваемые БПЛА.

3. Использование нейросетей для анализа полученных проб

Программное обеспечение, основанное на нейросетях, является еще одним шагом на пути к автоматизации процесса анализа атмосферных проб воздуха. Такое ПО способно обрабатывать и анализировать данные в реальном времени, что делает его идеальным инструментом для беспилотных систем, выполняющих задачи мониторинга воздушного пространства.

Создание нейросети для анализа химического состава пробы воздуха является комплексной задачей, требующей досконального исследования предметной области, подготовки данных для обучения и тестирования модели, а также выбора архитектуры, наиболее подходящей для использования в данной концепции.

В качестве примера простейшей нейронной сети, можно использовать модель с архитектурой многослойного персептрона (MLP), сеть которой состоит из множества входных узлов, которые образуют входной слой, одного или нескольких скрытых слоев вычислительных нейронов и одного выходного слоя нейронов. В качестве библиотеки может быть использована Keras, написанная для языка программирования Python, которая предназначена для глубокого машинного обучения.

```

```python
import numpy as np
from keras.models import Sequential
from keras.layers import Dense
from sklearn.model_selection import train_test_split

Создадим упрощенную модель состава пробы
X - массив размера (n_samples, n_features), где n_samples - количество образцов,
n_features - количество химических элементов
Y - массив размера (n_samples), где каждый элемент соответствует классу пробы
("норма", "загрязненный")
X = np.random.rand(1000, 10) # случайные данные
y = np.random.randint(0, 2, 1000) # случайные метки классов

Разделение данных на обучающее и тестовое множество
X_train, X_test, y_train, y_test = train_test_split(X, y, test_size=0.2, random_state=42)

Создание модели
model = Sequential()
model.add(Dense(32, input_dim=10, activation='relu')) # входной слой, включающий 10
признаков и 32 нейронов
model.add(Dense(16, activation='relu')) # один скрытый слой с 16 нейронами
model.add(Dense(1, activation='sigmoid')) # выходной слой с 1 нейроном для бинарной
классификации (соответствует норме или нет)

Компиляция
model.compile(loss='binary_crossentropy', optimizer='adam', metrics=['accuracy'])

Обучение
model.fit(X, y_train, epochs=50, batch_size=32, verbose=1)

Тестирование
loss, accuracy = model.evaluate(X_test, y_test, verbose=0)
print(f'Accuracy: {accuracy * 100}')
```

```

В реальной модели для анализа химического состава воздуха необходимо учитывать процентное соотношение основных компонентов атмосферы, других газов, загрязняющих

веществ, а также содержание влаги. В противном случае, картина анализа станет необъективной.

Заключение

Беспилотные системы все чаще используются для химического зондирования атмосферы, и их возможности продолжают улучшаться благодаря совершенствованию микроконтроллеров и сенсорных технологий. Несмотря на то, что множество важных проблем все еще остаются нерешенными, за последнее десятилетие был достигнут большой прорыв в данной области. Следует ожидать, что общественный интерес к окружающей среде, здравоохранению и изменению климата будет наращивать тенденцию активного развития. Разработка более легких, энергоэффективных приборов для БПЛА, датчиков полезной нагрузки и современного ПО может увеличить время полета, снизить затраты и в разы увеличить КПД. В ближайшем будущем очевиден рост интереса к использованию миниатюрных БПЛА для анализа и контроля состояний различных экосистем, больше внимания будет уделяться автономным технологиям.

Список литературы

1. Аналитика области беспилотной авиации. – Режим доступа. – URL: <https://аэронет2035.рф/dashboard?ysclid=lvwda10dgu735009813> (Дата обращения: 07.05.2024)
2. Мулянитис, Василис и др. «Оценка схем на базе беспилотных летательных аппаратов для мониторинга лесных пожаров»: материалы 27-й международной конференции по робототехнике в Альпийско-Адриатическом регионе Дуная (RAAD 2018)», 143-150, 2019.
3. Батиста, Карла Э. и др. «Промежуточные горизонтальные концентрации изопрена в атмосфере под пологом леса и их влияние на неоднородность выбросов». Труды Национальной академии наук, 116, (2019), 19318. doi:10.1073/pnas.1904154116.
4. Чен, Цзинцзин и др. Об использовании мультикоптеров для отбора проб и анализа летучих органических соединений в воздухе методом адсорбции/термической десорбции // Качество воздуха, атмосфера и здоровье, 11, (2018). doi:10.1007/s11869-018-0588- у.
5. Мальдонадо-Рамирес, Сандра Ли и др. Относительное обилие жизнеспособных спор *Gibberella zeae* в пограничном слое планеты указывает на роль переноса на большие расстояния в региональных эпидемиях фузариоза // Сельскохозяйственная и лесная метеорология, 132, (2005), 20-27. doi:10.1016/j.agrformet.2005.06.007.
6. Лин, Бин Бин, Шейн Д. и др. Сезонные ассоциации и расстояния атмосферного переноса грибов рода *Fusarium*, собранных с помощью беспилотных летательных аппаратов и наземных устройств для отбора проб // Atmos. Окружающая среда., 94, (2014), 385-391. doi:10.1016/j.atmosenv.2014.05.043.

References

1. Analytics in the field of unmanned aviation. – URL: <https://аэропет2035.рф/dashboard?ysclid=lvwda10dgu735009813> (Accessed 07.05.2024)
2. Moulianitis, Vassilis et al. Evaluation of UAV based schemes for forest fire monitoring. 27th international conference on robotics in Alpe-Adria Danube Region (RAAD 2018), 143-150, 2019.
3. Batista, Carla E et al. Intermediate-scale horizontal isoprene concentrations in the near-canopy forest atmosphere and implications for emission heterogeneity. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 116, (2019), 19318. doi:10.1073/pnas.1904154116.
4. Chen, Jingjing et al. On the use of multicopters for sampling and analysis of volatile organic compounds in the air by adsorption/thermal desorption GC-MS. *Air Quality, Atmosphere & Health*, 11, (2018). doi:10.1007/s11869-018-0588-y.
5. Maldonado-Ramirez, Sandra Lee et al. The relative abundance of viable spores of *Gibberella zeae* in the planetary boundary layer suggests the role of long-distance transport in regional epidemics of *Fusarium* head blight. *Agricultural and Forest Meteorology*, 132, (2005), 20-27. doi:10.1016/j.agrformet.2005.06.007.
6. Lin, Binbin, Shane D et al. Seasonal associations and atmospheric transport distances of fungi in the genus *Fusarium* collected with unmanned aerial vehicles and ground-based sampling devices. *Atmos. Environ.*, 94, (2014), 385-391. doi:10.1016/j.atmosenv.2014.05.043.

DOI: 10.58168/CIRCULAR2024_15-19

УДК 623

**ВОЗМОЖНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ КОМПЛЕКСА
«НАЗЕМНЫЙ РОБОТ – БПЛА» В ЭКОЛОГИЧЕСКОМ МОНИТОРИНГЕ
POSSIBILITIES OF USING THE «GROUND ROBOT – UAV» COMPLEX
IN ECOLOGICAL MONITORING**

Аверченкова В.Д., студент, ФГБОУ ВО «Тамбовский государственный технический университет», г. Тамбов, Россия.

Козачек А.В., к.п.н., доцент ФГБОУ ВО «Тамбовский государственный технический университет», г. Тамбов, Россия.

Дивин А.Г., д.т.н., профессор ФГБОУ ВО «Тамбовский государственный технический университет», г. Тамбов, Россия.

Балабанов П.В., д.т.н., доцент ФГБОУ ВО «Тамбовский государственный технический университет», г. Тамбов, Россия.

Averchenkova V.D., student, Tambov State Technical University, Tambov, Russia.

Kozachek A.V., Ph.D., Associate Professor, Tambov State Technical University, Tambov, Russia.

Divin A.G., Doctor of Technical Sciences, Professor Tambov State Technical University, Tambov, Russia.

Balabanov P.V., Doctor of Technical Sciences, Associate Professor, Tambov State Technical University, Tambov, Russia.

Аннотация: для проведения дистанционного экологического мониторинга предлагается использовать комплекс из наземного мобильного робота и беспилотного летательного аппарата (БПЛА). Каждый компонент этого комплекса в отдельности имеет свои достоинства и недостатки. Связка «наземный робот – БПЛА» должна компенсировать недостатки отдельно используемых устройств.

Abstract: to conduct remote environmental monitoring, it is proposed to use a complex of a ground-based mobile robot and an unmanned aerial vehicle (UAV). Each component of this complex individually has its advantages and disadvantages. The "ground robot – UAV" bundle should compensate for the shortcomings of separately used devices.

Ключевые слова: экологический дистанционный мониторинг, беспилотный летательный аппарат, мобильный робот.

Keywords: environmental remote monitoring, unmanned aerial vehicle, mobile robot.

Осознание важности сохранения биосферы возникло ещё во второй половине XX века. Необходимость решения проблем загрязнения природы на государственном уровне была озвучена на Стокгольмской Конференции ООН в 1972 году. Именно тогда и зародился термин «экологический мониторинг», предусматривающий постоянные наблюдения за всеми изменениями в окружающей среде [1].

Экологический мониторинг имеет множество способов проведения. Однако сегодня наиболее часто используется дистанционный метод: его отличие в том, что он

не предусматривает прямого контакта человека с объектом наблюдения, а все измерения проводятся в основном при помощи автономных объектов, в частности роботизированных комплексами, оснащёнными необходимыми сенсорами и средствами передачи данных.

Особое значение имеют требования к измерению концентрации загрязняющих веществ в приземном слое атмосферы. Для решения этой измерительной задачи нами предложен наземный мобильный робот и беспилотный летательный аппарат (БПЛА). В данной статье рассмотрены достоинства и недостатки двух отдельных видов роботизированных устройств, и на основе этого обоснована необходимость создания данного комплекса.

В настоящее время задача контроля парниковых газов вблизи земной поверхности чрезвычайно актуальна. Для решения этой задачи учеными кафедр «Природопользование и защита окружающей среды» и «Мехатроника и технологические измерения» Тамбовского государственного технического университета разработан мобильный робот. Он может работать автономно или под управлением пользователя, с использованием специально разработанного мобильного приложения, при этом не нуждаясь долгое время в подзарядке, получать данные об концентрации загрязняющих веществ по сигналам датчиков газового анализа с привязкой к координатам, и осуществлять при необходимости процедуры по отбору проб воды, почвы, воздуха [2].

Мобильный робот способен проходить заболоченные и очень сильно заросшие кустарником и высокой травой места, что обеспечивается его конструкцией [3].

Благодаря многофункциональности и универсальности данного комплекса, он находит применение в обнаружении несанкционированно расположенных свалок, проводить их анализы, исследовать состав атмосферного воздуха, выявлять вредные химические вещества, значительно превышающие предельно-допустимую концентрацию, наблюдать за растениями и животными и строить карту исследуемой местности [2].

В итоге, для мобильного робота можно выделить следующие достоинства:

- многофункциональность;
- низкие затраты на производство;
- может применяться для измерения концентраций загрязняющих веществ вблизи земли;
- почти не зависит от погодных условий;
- простота в управлении;
- долгое время работы без подзарядки [3].

Но при всём этом имеются и недостатки данного оборудования:

- не все препятствия способен пройти: если на пути окажется высокая стена или широкий обрыв, то он не сможет их преодолеть;
- все измерения проводит вблизи земной поверхности: если возникает необходимость измерить концентрацию веществ на высоте примерно 200 метров, то он чисто физически не сможет это сделать.

БПЛА, в отличие от других воздушных судов, лёгкий, имеет небольшие размеры, не требует специальных площадок для взлёта и посадки и совершает управляемый и

неуправляемый полёт. Он подразделяется на два типа, каждый из которых решает свою задачу. Например, самолётный тип БПЛА может осуществлять аэроконтроль наземных объектов и их картографирование. В то же время, вертолётные БПЛА могут реализовывать функции более точного и конкретного исследования тех же объектов наблюдений, особенно имеющих сложные параметры [4, 5].

На БПЛА можно установить различную аппаратуру, в том числе видеокамеры и гиперспектральные камеры, что позволяет оценивать численность животных, выявлять несанкционированные свалки, наблюдать за техническими сооружениями, авария которых представляет большую угрозу для природной среды, измерять концентрацию загрязняющих веществ в атмосфере и так далее. Благодаря этому, он находит широкое применение в контроле атмосферного воздуха, водных территорий и природных характеристик, а также в сельском хозяйстве и промышленности [4].

БПЛА обладает следующими достоинствами:

- в отличие от наземного робота, он способен свободно облетать препятствия, поэтому может использоваться для исследования труднодоступной и недоступной местности;
- не требует больших экономических и временных затрат для получения необходимых данных о состоянии биосферы;
- не загрязняет окружающую среду в отличие от самолётов и вертолётов, которые также используются в экологическом мониторинге.

Помимо этого, имеются недостатки:

- неблагоприятные погодные условия могут привести к поломке оборудования, поэтому нельзя применять его при скорости ветра более 10 метров в секунду [5];
- сложность в управлении, поэтому потребуется обучение персонала [4];
- короткое время работы, связанное с небольшой ёмкостью аккумулятора;
- неудобно и нецелесообразно производить постоянные измерения вблизи земной поверхности.

Проведенный анализ позволяет также сделать вывод, что перечисленные недостатки можно в определенной степени нивелировать, а достоинства – усилить – при интеграции возможностей наземного робота и БПЛА, например, при их работе в связке.

В частности, для контроля концентрации целесообразно использовать комплекс из наземного робота и БПЛА, расположенного на специальной платформе мобильного робота, предназначенной для транспортировки и подзарядки летательного аппарата. При этом БПЛА будет использоваться кратковременно, для обследования труднодоступных мест.

Данный комплекс будет работать следующим образом. Пусть задачей будет контроль загрязняющих веществ по пересечённой местности. По ней проезжает мобильный робот, снимая при этом комплекс необходимых показаний. Но когда на пути оказывается препятствие, которое невозможно преодолеть, он останавливается, и с его площадки запускается БПЛА. Тот долетает до того места, куда не добрался мобильный робот, и проводит необходимые измерения. После этого он возвращается обратно на площадку, и мобильный робот продолжает движение, изменив немного свою траекторию.

Также может быть ситуация, когда нужно провести контроль с высоты для фотографирования местности, чтобы построить или скорректировать маршрут платформы, или провести измерение на большой высоте. Когда возникает такая необходимость, мобильный робот отправляет команду БПЛА, а тот поднимается необходимую высоту, и там же снимает комплекс необходимых показаний. После этого он возвращается обратно.

Такой комплекс обладает следующими достоинствами:

- возможность использования в любой местности, особенно те, которые создают трудности в передвижении;
- возможность измерения концентрации загрязняющих веществ на любой высоте;
- работа БПЛА в большинстве случаев автономная, то есть не требует управления человеком.

Но в тоже время могут быть и недостатки:

- несмотря на то, что БПЛА используется по мере необходимости, он также, как и в отдельности, не может быть использован в неблагоприятную погоду, поэтому в таких случаях данный комплекс не сможет качественно провести все измерения;
- есть вероятность того, что БПЛА при каких-либо обстоятельствах может потеряться (например, при хищении или поломке во время работы), из-за чего мобильный робот будет работать уже как отдельное устройство.

Таким образом, комплекс, «мобильный робот-БПЛА» является удобным решением для проведения экологического мониторинга, сочетающего в себе достоинства каждого вида вышеназванных роботизированных устройств, взятых отдельно.

Список литературы

1. Разжигаева, О. А. Анализ истории развития лесного мониторинга / О. А. Разжигаева, С. С. Зубова // Научное творчество молодежи – лесному комплексу России : материалы XVII Всероссийской (национальной) научно-технической конференции студентов и аспирантов. – Екатеринбург, 2021. – С. 349–352.
2. Аверченкова, В. Д. Основные концепции мобильного экологического робота / В. Д. Аверченкова, А. В. Козачек, А. А. Комиссаров [и др.]. // Международная научно-практическая конференция «В.И. Вернадский: инженерная наука и образование для обеспечения безопасности и устойчивого развития регионов», г. Тамбов, 2023.
3. Аверченкова, В. Д. Конструктивные элементы для обеспечения работы мобильного экологического робота / В. Д. Аверченкова, А. В. Козачек, А. А. Комиссаров [и др.]. // XXV Юношеские чтения имени В. И. Вернадского «Современное развитие идей В.И. Вернадского как основа ценностей научного познания и просветительства». г. Тамбов, 2023 г.
4. Чашина, Е. В. Обзор использования беспилотных летательных аппаратов для экологического мониторинга / Е. В. Чашина // Экологическая безопасность в техносферном

пространстве : сб. материалов Третьей Междунар. науч.-практ. конф. преподавателей, молодых ученых и студентов / Рос. гос. проф.-пед. ун-т. - Екатеринбург, 2020. – С. 197–200.

5. Митин, М. Д. Современные тенденции развития отрасли беспилотных летательных аппаратов / М. Д. Митин, Д. Б. Никольский // Геоматика. – 2013. – №. 4. – С. 27–31.

References

1. Razzhigaeva, O. A. Analysis of the history of the development of forest monitoring / O. A. Razzhigaeva, S. S. Zubova // Scientific creativity of youth - the forest complex of Russia: materials of the XVII All-Russian (national) scientific and technical conference of students and graduate students. – Ekaterinburg, 2021. – pp. 349–352.

2. Averchenkova, V. D. Basic concepts of a mobile ecological robot / V. D. Averchenkova, A. V. Kozachek, A.A. Komissarov [et al.] // International scientific and practical conference «V.I. Vernadsky: engineering science and education to ensure security and sustainable development of regions», Tambov, 2023.

3. Averchenkova, V. D. Structural elements for ensuring the operation of a mobile environmental robot / V. D. Averchenkova, A. V. Kozachek, A. A. Komissarov [et al.] // XXV Youth Readings named after V.I. Vernadsky «Modern development of ideas of V.I. Vernadsky as the basis of the values of scientific knowledge and enlightenment». Tambov, 2023.

4. Chashchina, E. V. Review of the use of unmanned aerial vehicles for environmental monitoring / E. V. Chashchina // Environmental safety in the technosphere: collection. materials of the Third International. scientific-practical conf. teachers, young scientists and students / Ros. state prof.-ped. univ. - Ekaterinburg, 2020. – pp. 197–200.

5. Mitin, M. D. Modern trends in the development of the industry of unmanned aerial vehicles / M. D. Mitin, D. B. Nikolsky // Geomatics. – 2013. – No. 4. – pp. 27–31.

DOI: 10.58168/CIRCULAR2024_20-23

УДК 628.47

СОРТИРОВКА И ОЧИСТКА МУСОРА С ПОМОЩЬЮ РОБОТИЗИРОВАННЫХ ПЛАТФОРМ

SORTING AND CLEANING OF WASTE USING ROBOTIC PLATFORMS

Аверченкова В.Д., студент, ФГБОУ ВО «Тамбовский государственный технический университет», г. Тамбов, Россия. **Averchenkova V.D.**, student, Tambov State Technical University, Tambov, Russia.

Троицкий М.А., студент ФГБОУ ВО «Тамбовский государственный технический университет», г. Тамбов, Россия. **Troitsky M.A.**, student, Tambov State Technical University, Tambov, Russia.

Дивин А.Г., д.т.н., профессор ФГБОУ ВО «Тамбовский государственный технический университет», г. Тамбов, Россия. **Divin A.G.**, Doctor of Technical Sciences, Professor, Tambov State Technical University, Tambov, Russia.

Козачек А.В., д.п.н., доцент ФГБОУ ВО «Тамбовский государственный технический университет», г. Тамбов, Россия. **Kozachek A.V.**, Ph.D., Associate Professor, Tambov State Technical University, Tambov, Russia.

Аннотация: проблема уборки и сортировки мусора является актуальной проблемой. Для её решения существует множество роботизированных платформ. Однако наилучшим выбором будет разработка роботизированной платформы, способная убирать мусор на загрязнённой мусором местности, распознавать мусор, а также собирать и сортировать его одновременно.

Abstract: the problem of garbage collection and sorting is an urgent problem. There are many robotic platforms to solve it. However, the best choice would be to develop a robotic platform capable of removing garbage from a garbage-contaminated area, recognizing garbage, and collecting and sorting it at the same time.

Ключевые слова: Уборка и сортировка мусора, роботизированные платформы, применение дрона, распознавание мусора с помощью видеокамер, разные типы мусора, уборка в парках, дистанционное управление.

Keywords: garbage collection and sorting, robotic platforms, drone use, garbage recognition using video cameras, different types of garbage, cleaning in parks, remote control.

Одной из серьезных экологических проблем является большое количество отходов, загрязняющих почву, воздух, воду. Как заявляет Росстат, среднестатистический россиянин производит около 450 кг мусора в год [1]. Причем переработке подвергается всего лишь 7-10 % от общего количества, остальное отправляется на свалку. Такие свалки могут образоваться в несанкционированных местах [1].

Существуют способы, которые помогают очищать среду от мусора, но их недостаточно, так как присутствует множество факторов, такие как недостатки воспитания человека,

отсутствие системного подхода к организации сбора и вывоза мусора, а также невозможность его переработки.

Для решения данной проблемы предлагаются роботизированные платформы, способные в автоматическом режиме распознавать, собирать и сортировать мусор.

Примером такого робота является платформа «Эстет» [1]. Его конструкция представляет из себя закрепленный манипулятор с системой технического зрения, которая распознает мусор с помощью нейросетей. Механизм модели «Эстет» сортирует мусор по принципу оптического сепаратора. Умное устройство выявляет нужные виды отходов, и на следующем шаге они отстреливаются с помощью сжатого воздуха в отдельные контейнеры [2].

В статье [3] автор описывает конструкцию и принцип работы своей платформы. «Для передвижения по дороге робот оснащен колесным шасси с полным приводом и дальномером, позволяющим ориентироваться в пространстве, обходить препятствия и измерять расстояние до предметов перед захватом. Для захвата и перемещения предметов на роботе установлен манипулятор вместе с контейнерами для раздельного сбора мусора». Однако его платформа неэффективна, так как не может находить плохо видимый мусор в труднодоступных местах.

Похожая платформа представлена в патенте [4]. Она содержит в себе бак для мусора, манипулятор и видеокамеру, средство распределения мусора по весу. Такое устройство работает как автоматическая урна, которая подбирает брошенные мимо неё отходы.

Проект под названием DustBot организован для уборки и вывоза мусора с улиц города [5]. Первый робот, названный DustClean, это автономная уборочная машина, оборудованная вращающимися щётками и пылесосом. Он чистит улицы, объезжая город по заданному маршруту, при этом останавливаясь перед пешеходами и минуя препятствия. Второй робот, DustCart, собирает мусорные мешки городских жителей и отвозит их на переработку. И если DustClean перемещается на четырех колесах, то для DustCart достаточно двух благодаря самобалансирующемуся скутеру в конструкции. Одного заряда батарей хватает на 16 км пути» [5].

В работе [6] предложена роботизированная платформа, оснащенная гиперспектральной камерой, способная с применением технологий машинного обучения классифицировать фрукты и овощи по качеству растительной ткани. Очевидно, что данный подход может быть применен также для классификации мусора.

Как мы видим, все эти роботы существуют, они помогают человеку в сортировке мусора, но полноценно решить проблему они не могут из-за своих особенностей. Так, «Эстет» совершает предназначен для работы исключительно на конвейере, а вышеприведённые платформы могут не иметь возможности собирать мусор в труднодоступных местах. DustClean, обладая щётками и пылесосом, способен только собирать пыль и мелкий мусор. DustCart по сути является передвижным контейнером, и, кроме этого, передвигается только на двух колесах, что уменьшает его грузоподъемные показатели. Общим недостатком известных устройств следует признать неспособность убирать мусор с улиц и сортировать его одновременно.

Нашим решением будет являться платформа для сборки и сортировки мусора. Результат данной работы будет направлен на пополнение нехватки рабочих в сфере ЖКХ, а также на более качественный сбор мусора различного типа при помощи искусственного интеллекта и систем технического зрения.

Авторы считают, основой предлагаемой платформы должно стать колесное шасси. Оно может характеризоваться высокой проходимостью, что важно для полевых и городских условий. На платформе могут быть установлены специальные устройства для сбора и сортировки мусора, включая манипулятор. Сервоприводы должны работать от бортового компьютерного устройства. Внутри робота могут быть секторы под определенный вид мусора, а также манипулятор, передвигающийся над ними на рельсах, который будет тянуть за ручки мусорного пакета и выбрасывать его наружу. Также платформа подразумевает наличие камеры для распознавания мусора и площадку с дроном.

Принцип работы робота будет следующим. В момент начала работы с платформы взлетает дрон, фотографирует территорию и отправляет полученный снимок платформе. Тот сканирует его на наличие мусора и опасных участков, и на основе этих данных определяет область возможной уборки мусора и траекторию, по которой он должен двигаться (она может меняться в зависимости от препятствий, которые не были обнаружены дроном, например, поваленное дерево). После этого робот начинает движение по заданному маршруту, параллельно с этим распознавая с помощью камеры мусор, и, в случае обнаружения, помещает его вовнутрь при помощи манипулятора в определенные секторы. Это он будет делать до тех пор, пока не закончится его траектория.

Таким образом, на основе всего вышесказанного данная платформа и дрон будут лучшим решением в применении на любых местах и участках, и будет справляться лучше, чем уже имеющиеся аналоги.

Список литературы

1. Сортировка мусора // Комсомольская правда. – Режим доступа: <https://www.kp.ru/family/ecology/sortirovka-musora/> (дата обращения: 06.03.2024)
2. Сортируй по-умному: роботы и нейросети в борьбе с отходами // Ростех. – Режим доступа: <https://rostec.ru/news/sortiruy-po-umnomu-roboty-i-neyroseti-v-borbe-s-otkhodami/> (дата обращения: 06.03.2024)
3. Пришляк, Е. Е. Автономная платформа уборки и сортировки мусора / Е. Е. Пришляк // Школьная секция: инженерное конструирование : материалы 57-й Международной научной студенческой конференции, Новосибирск, 14–19 апреля 2019 года. – Новосибирск: Новосибирский национальный исследовательский государственный университет, 2019. – С. 33.
4. Патент на полезную модель № 157250 U1 Российская Федерация, МПК E01H 1/04. Электронный робот-уборщик : № 2015119439/13 : заявл. 25.05.2015 : опубл. 27.11.2015 / А. А. Кузилин.

5. Проект DustBot - роботы-мусорщики на улицах Европы // Новости технологий достижения науки и техники. – Режим доступа: <https://techvesti.ru/node/1178> (дата обращения: 06.03.2024).

6. Zhiqiang W. et al. A System for the Direct Monitoring of Biological Objects in an Ecologically Balanced Zone //Drones. – 2023. – Т. 7. – №. 1. – С. 33.

References

1. Garbage sorting // Komsomolskaya Pravda. – Access mode: <https://www.kp.ru/family/ecology/sortirovka-musora/> (access date: 03/06/2024).

2. Sort smartly: robots and neural networks in the fight against waste // Rostec. – Access mode: <https://rostec.ru/news/sortiruy-po-umnomu-roboty-i-neyroseti-v-borbe-s-otkhodami/> (access date: 03/06/2024).

3. Prishlyak, E. E. Autonomous platform for waste collection and sorting / E. E. Prishlyak // School section: engineering design: materials of the 57th International Scientific Student Conference, Novosibirsk, April 14–19, 2019. – Novosibirsk: Novosibirsk National Research State University, 2019. – P. 33.

4. Utility model patent No. 157250 U1 Russian Federation, IPC E01H 1/04. Electronic robot cleaner: No. 2015119439/13: appl. 05/25/2015: publ. 11/27/2015 / A. A. Kuzilin.

5. Project DustBot - robotic garbage collectors on the streets of Europe // NEWS OF TECHNOLOGY ACHIEVEMENTS OF SCIENCE AND TECHNOLOGY. – Access mode: <https://techvesti.ru/node/1178> (date of access: 03/06/2024).

6. Zhiqiang W. et al. A System for the Direct Monitoring of Biological Objects in an Ecologically Balanced Zone //Drones. – 2023. – Т. 7. – No. 1. – P. 33.

DOI: 10.58168/CIRCULAR2024_24-30

УДК 338.26

**СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ЦИФРОВОЙ ТРАНСФОРМАЦИИ ПРЕДПРИЯТИЙ
В КОНТЕКСТЕ ИННОВАЦИОННЫХ СПОСОБОВ ПРИМЕНЕНИЯ
В ESG -ПРАКТИКЕ**

**IMPROVING THE DIGITAL TRANSFORMATION OF ENTERPRISES IN THE CONTEXT
OF THE INNOVATIVE ABILITY OF THEIR APPLICATION IN ESG PRACTICE**

Азарова Н.А., к.э.н., доцент ФГБОУ ВО «Воронежский государственный лесотехнический университет имени Г.Ф. Морозова», Воронеж, Россия

Azarova N.A., Candidate of Economic Sciences, Associate Professor, Voronezh State University of Forestry and Technologies named after G.F. Morozov, Voronezh, Russia

Аннотация: в данной работе изучены проблемы, связанные с выявлением проблемы выбора цифровых технологий для современных компаний. При этом учитываются два главных фактора: необходимость цифровой трансформации и стремление к устойчивому развитию. Однако, внедрение новых цифровых технологий может негативно сказаться на окружающей среде, поэтому авторами была предложена система оценки устойчивости цифровых технологий (SAFT). Эта система позволяет оценить воздействие цифровых технологий на устойчивость и выбрать наиболее подходящие для конкретной компании.

Abstract: this paper examines the problems associated with identifying the problem of choosing digital technologies for modern companies. At the same time, two main factors are taken into account: the need for digital transformation and the desire for sustainable development. However, the introduction of new digital technologies can negatively affect the environment, so the authors proposed a system for assessing the sustainability of digital technologies (SAFT). This system allows you to assess the impact of digital technologies on sustainability and select the most appropriate ones for a particular company.

Ключевые слова: устойчивое цифровое развитие, промышленные предприятия, ESG-трансформация, цифровые технологии.

Keywords: sustainable digital development, industrial enterprises, ESG transformation, digital technologies.

Современное производство требует больших затрат природных ресурсов, которые Земля не успевает восстановить. Из-за этого, инвесторы, регуляторы и общество требуют от предприятий соблюдения принципов устойчивого развития, то есть роста экономики без ущерба для окружающей среды и будущих поколений. Около 80 % компаний стараются следовать этим принципам, согласно опросу KPMG в 52 странах. Для достижения этой цели многие компании используют цифровые технологии, которые помогают оптимизировать

использование ресурсов, обеспечить надежность работы оборудования и эффективно управлять бизнесом. Благодаря цифровизации предприятия могут снизить выбросы CO₂ на 15% и количество производственных травм на 80%, а также повысить продуктивность на 20% и снизить производственные расходы на 15%. Использование цифровых технологий позволяет проводить исследования в безопасной виртуальной среде, что помогает избежать рисков для бизнеса и людей. В нефтегазовой промышленности, где экологические риски особенно высоки, системы предиктивной аналитики используются для предотвращения аварий и сбоев оборудования. В пищевой промышленности, где требования к качеству продуктов очень высоки. Отметим, что проблематикой развития инновационной экономики активно занимаются и зарубежные, и отечественные ученые, при этом остается еще много нерешенных вопросов и спорных моментов [1].

Цифровая трансформация повышает комплексную способность предприятий применять практики ESG. Во-первых, быстрое развитие цифровых финансов расширило каналы финансирования производственных предприятий. Применение цифровых технологий может усовершенствовать процесс производства, исследований и разработок продукции, снизить вероятность манипулирования исследованиями и разработками и предоставить предприятиям условия для того, чтобы в полной мере использовать зеленые инновационные ресурсы. Это, несомненно, помогает улучшить способность производственных предприятий к зеленым инновациям, а затем повысить качество и эффективность зеленых патентов предприятий, а также обеспечить техническую поддержку практик ESG производственных предприятий. С точки зрения поведенческой мотивации цифровая трансформация повышает готовность производственных предприятий применять практики ESG. С одной стороны, применение цифровых технологий разрушает ограничения времени и пространства традиционного обмена информацией, связывает заинтересованные стороны вместе посредством цифровых платформ и повышает частоту внутреннего и внешнего информационного взаимодействия предприятий.

Во-вторых, процесс цифровой трансформации включает в себя комплексное изменение традиционной бизнес-модели, механизма управления и организационной структуры предприятия путем интеграции искусственного интеллекта, больших данных, блокчейна и других цифровых технологий в различные аспекты, такие как производство, продажи и транспортировка. Цифровая трансформация призвана повысить эффективность ESG производственных предприятий за счет расширения их возможностей и стимулирования внутренней мотивации. Цифровые технологии становятся неотъемлемой частью бытовой жизни населения, они меняют способы существования людей, работы и общения, а для предприятий являются двигателем инноваций и конкурентоспособности бизнеса, требующих новых подходов управленческого характера. Цифровая трансформация повышает комплексную способность роста доходов предприятий. Все эти процессы стимулируют рост экономики, однако эти процессы негативно влияют на окружающую среду, что обуславливает необходимость инновационных способов применения практики ESG [2].

В-третьих, применение технологий больших данных позволяет следить за любым поведением предприятий, а также сдерживать манипулирование НИОКР, раскрытие ложной информации и другие нарушения, что способствует повышению качества информации, раскрываемой извне, и усиливает внутреннюю мотивацию предприятий к улучшению показателей ESG. С другой стороны, цифровая трансформация как позитивный сигнал перемен привлечет внимание внешних игроков рынка, таких как правительство, аналитики и СМИ. Когда предприятия оказываются в центре внимания, их деловое поведение будет бесконечно усиливаться, что приведет к резкому увеличению давления внешнего внимания, что является одновременно возможностью и проблемой для предприятий. Позитивные практики ESG будут быстро распространяться средствами массовой информации и аналитиками, улучшать корпоративный имидж и постепенно повышать его признание среди правительства и потребителей.

Цифровая трансформация консолидирует общую мощь производственных предприятий посредством трех аспектов «talants-технологии-экономика» и обеспечивает производственным предприятиям реалистичные условия для улучшения своих показателей ESG [3].

Кроме того, перед компаниями стоит задача адаптации принципов ESG к своей корпоративной структуре и направлению деятельности, а также разработка методологических подходов к внедрению этих принципов, поскольку в настоящее время в России отсутствует единая нормативная база, определяющая общие подходы к определению и внедрению принципов ESG.

Цифровая трансформация предоставляет возможности для синергии между цифровой и ESG-трансформацией, что приводит к улучшению операционной эффективности и устойчивому развитию. Большинство респондентов (65%) считают, что без применения цифровых решений невозможно осуществить ESG-трансформацию. Основные преимущества цифровизации ESG включают повышение производительности и эффективности многих процессов компании (80%), повышение инвестиционной привлекательности (62%) и ускорение достижения целевых показателей (56%). Цифровая устойчивость связана с устойчивым развитием и использованием цифровых технологий [4]. Эти процессы охватывают широкий спектр вопросов, включая энергоэффективность, использование ресурсов, сокращение отходов, а также социальные и этические соображения. Поскольку цифровые технологии становятся все более распространенными, важно разработать основу для оценки их воздействия на устойчивость и выбор оптимального ряда взаимосвязанных этапов выбора новых цифровых технологий.

Изучение современных тенденций в области ESG позволяет сделать вывод о том, что цифровизация является ключевым приоритетом современного экономического развития. Однако, если рассматривать основные предприятия в регионах, которые используют ESG, то можно сделать вывод, что используют цифровизацию только не более 37% предприятий. Если выделить основные причины неиспользования цифровизации в области ESG, то сделать вывод можно о том, что компетентность специалистов в данной области чаще всего невелика.

Практически применимость ESG-цифровизации еще недостаточно осознается руководством предприятия, более того, стоимость ESG-цифровизации достаточно высока. Решение задачи синергии конкурентоспособности и инновационности позволяет обеспечить комплементарность цифровизации производственных процессов и устойчивого развития в целях снижения вредного воздействия на окружающую среду.

Важно отметить, что внедрение инноваций в компаниях может существенно замедлиться по причине отсутствия специалистов, обладающих необходимой квалификацией, позволяющей эффективно использовать инновационную технику в гибридной системе [5]. Система оценки устойчивости цифровых технологий (SAFT), которая может применяться для оценки устойчивости цифровых технологий. Структура SAFT призвана быть всеобъемлющей, гибкой и адаптируемой к различным типам цифровых технологий, а также к индивидуальным требованиям компаний. Структура SAFT также учитывает аспекты привлекательности технологий. Структура SAFT потенциально может внести заметный вклад в область цифровой устойчивости и предоставить практический инструмент для оценки устойчивости цифровых технологий и выявления возможностей для их улучшения. Однако постоянной проблемой является оценка устойчивости. Ни вклад технологии, ни ее влияние на устойчивость в настоящее время не оцениваются структурированным образом. Для компаний, которые сталкиваются с технологическими решениями, определение вклада новой цифровой технологии в устойчивое развитие имеет большое значение из-за актуальности устойчивого развития. Соответственно, воздействие на устойчивость должно быть тесно связано с оценкой технологий.

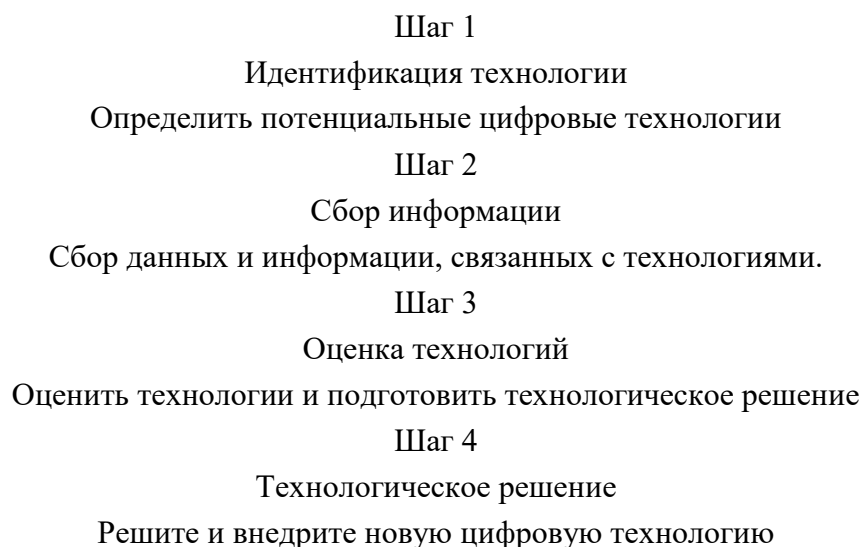
В области управления процессами существует ряд взаимосвязанных этапов выбора новых цифровых технологий. На основе этих шагов представлена общая стратегия в рисунке 1, которая будет использоваться позже для структурирования SAFT. Первый этап — определение подходящих цифровых технологий для компании. Для этого можно использовать методы поиска и прогнозирования тенденций. В результате этого этапа формируется список цифровых технологий, подлежащих дальнейшему анализу. Второй этап включает сбор информации о цифровых технологиях из списка. Важно получить полное представление о каждой цифровой технологии, включая оценку внутренних ресурсов и навыков компании для ее внедрения. Также необходимо учитывать аспекты устойчивого развития, такие как экологические, экономические и социальные факторы.

По итогам второго этапа формируется подробная база знаний по каждой цифровой технологии из списка. Третий этап — оценка технологий. На основе матрицы многокритериальной оценки проводится анализ цифровых технологий из списка по таким параметрам, как технологический потенциал, устойчивость и соответствие стратегическим целям компании. Полученные результаты используются для формирования матрицы портфеля цифровых технологий, которая служит основой для принятия цифровых технологических решений в компании. Четвертый этап — принятие решения о цифровых технологиях. Основываясь на данных матрицы портфеля цифровых технологий, принимается окончательное решение о внедрении той или иной цифровой технологии. Необходимо

отметить, что данное решение основывается на трех критериях: цифровом технологическом потенциале, устойчивости и соответствии стратегическим целям компании. После принятия решения о внедрении цифровой технологии, ее влияние на компанию и устойчивое развитие предприятия должно регулярно отслеживаться. Кроме того, управление технологиями включает в себя выявление и внедрение технологических инноваций, т.е. новых видов цифровых технологий на ранней стадии. Новые цифровые технологии представляют, как риски, так и возможности. Поэтому важен тщательный и понятный выбор. Процесс выбора цифровых технологий сложен из-за дифференциации и разнообразия технологий. В качестве предметной области настоящей работы особое внимание уделяется оценке технологий в рамках стратегического управления технологиями.



Рисунок 1 - Процесс выбора цифровой технологии в целях инновационной ESG-трансформации



Цифровая трансформация позволит предприятию стать интегрированной информационной средой, что приведет к ускорению вывода новых продуктов на рынок на 20 %, увеличению энергоэффективности на 4,5 %, и снижению операционных затрат. Внедрение стандартизированной системы управления производством обеспечит контроль качества продукции, прозрачность процессов и координацию действий между подразделениями. Это позволит уменьшить время простоя производства на 20 %, сократить выбросы CO₂ на 50 %, повысить точность управления технологическими процессами и снизить энергопотребление на 8 %, потребление пара на 5 %, а стоимость упаковочных

материалов на 1,8 % ежегодно. Таким образом, цифровые решения способствуют устойчивому развитию предприятий, улучшая их операционную и финансовую эффективность.

Для преодоления этих проблем необходимо активное освещение спроса на цифровые инструменты для ESG и стимулирование их развития, а также создание системы управления и развитие экспертизы. Необходимо также развивать ESG-практику внутри компаний и привлекать сторонние структуры для решения конкретных задач по внедрению цифровых решений в ESG-деятельность. Крупные игроки рынка могут рассмотреть возможность унификации своих цифровых решений, разработанных для ESG-целей, и их распространения на рынке, что поможет сократить затраты на разработку и внедрение решений при сохранении их эффективности.

Список литературы

1. Дорошенко, Ю. А. Научно-теоретические аспекты стимулирования инновационно-инвестиционных драйверов развития высокотехнологичного сектора региональной экономики / Ю. А. Дорошенко, И. О. Малыхина, Е. Д. Щетинина // Общество: политика, экономика, право. – 2023. – № 8(121). – С. 99-105. – DOI 10.24158/per.2023.8.12.

2. Что такое цифровая экономика? Тренды, компетенции, измерение Ч-80 : докл. к XX Апр. междунар. науч. конф. по проблемам развития экономики и общества, Москва, 9–12 апр. 2019 г. / Г. И. Абдрахманова, К. О. Вишневский, Л. М. Гохберг и др. ; науч. ред. Л. М. Гохберг ; Нац. исслед. ун-т «Высшая школа экономики». – М. : Изд. дом Высшей школы экономики, 2019. – 82, [2] с. – 250 экз. – ISBN 978-5-7598-1974-5.

3. Wu X, Li L, Liu D, Li Q. Technology empowerment: Digital transformation and enterprise ESG performance-Evidence from China's manufacturing sector. PLoS One. 2024 Apr 17; 19(4): e0302029. doi: 10.1371/journal.pone.0302029. PMID: 38630727; PMCID: PMC11023589.

4. Зотова, И. В. Влияние цифровой трансформации экономики на предпринимательские компетенции // Современная конкуренция. 2018. №2-3 (68-69). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/vliyanie-tsifrovoy-transformatsii-ekonomiki-na-predprinimatelskie-kompetentsii> (дата обращения: 07.05.2024).

5. Михайлов, Ф. Б. Влияние цифровой экономики на процессы диффузии инноваций / Ф. Б. Михайлов, Д. А. Мясников, Б. И. Фахрутдинов // Экономические науки. – 2022. – № 3. – С. 119-124.

References

1. Doroshenko, Yu. A. Scientific and theoretical aspects of stimulating innovative and investment drivers for the development of the high-tech sector of the regional economy / Yu. A. Doroshenko, I. O. Malykhina, E. D. Shchetinina // Society: politics, economics, law. – 2023. – № 8(121). – Pp. 99-105. – DOI 10.24158/per.2023.8.12.

2. What is the digital economy? Trends, competencies, measurement H-80 : dokl. to the XX Apr. international scientific conference on problems of economic and social development,

Moscow, 9-12 Apr. 2019 / G. I. Abdrakhmanova, K. O. Vishnevsky, L. M. Gokhberg et al. ; scientific ed. L. M. Gokhberg ; National research. Higher School of Economics Univ.— Moscow: Publishing House of the Higher School of Economics, 2019. – 82, [2] p. — 250 copies. – ISBN 978-5-7598-1974-5.

3. Wu X, Li L, Liu D, Li Q. Technology empowerment: Digital transformation and enterprise ESG performance-Evidence from China's manufacturing sector. PLoS One. 2024 Apr 17; 19(4): e0302029. doi: 10.1371/journal.pone.0302029. PMID: 38630727; PMCID: PMC11023589.

4. Zotova I.V. The impact of the digital transformation of the economy on entrepreneurial competencies // Modern competition. 2018. No.2-3 (68-69). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/vliyanie-tsifrovoy-transformatsii-ekonomiki-na-predprinimatelskie-kompetentsii> (date of reference: 05/07/2024).

5. Mikhailov F.B., Myasnikov D.A., Fakhrutdinov B.I. The influence of the digital economy on the diffusion of innovations / F.B. Mikhailov, D.A. Myasnikov, B.I. Fakhrutdinov // Economic sciences.- 2022.- No. 3.- pp. 119-124.

DOI: 10.58168/CIRCULAR2024_31-37

УДК 631.3

ОБЗОР ПРИМЕНЕНИЯ БПЛА ПРИ МОНИТОРИНГЕ ЛЕСНЫХ МАССИВОВ OVERVIEW OF THE USE OF UAVS IN MONITORING FORESTS

Андрюшин А.А., ассистент кафедры информационных технологий, ФГБОУ ВО «Воронежский государственный лесотехнический университет имени Г.Ф. Морозова», Воронеж, Россия. **Andryushin A.A.**, assistant of the Department of Information Technology, Voronezh State University of Forestry and Technologies named after G.F. Morozov, Voronezh, Russia.

Аннотация: в данной статье рассматривается возможность применения беспилотных летательных аппаратов, в сфере лесного хозяйства по средствам мониторинга лесных массивов. Всем известно, что БПЛА является сложным электронным устройством, которое не способно к функционированию без использования программного кода, и талантливых операторов по разработке информационных систем. По этой причине в статье так же предоставлен проект программного кода на языке Python, который может служить потенциальному заказчику при мониторинге лесных массивов.

Abstract: this article considers the possibility of using unmanned aerial vehicles in the field of forestry by means of monitoring forests. Everyone knows that a UAV is a complex electronic device that is not capable of functioning without the use of software code, and talented operators for the development of information systems. For this reason, the article also provides a Python code project that can serve a potential customer in monitoring forests.

Ключевые слова: беспилотные летательные аппараты, лес, мониторинг лесных массивов, программирование, беспилотники, контролеры, виды БПЛА.

Keywords: unmanned aerial vehicles, forest, forest monitoring, programming, drones, controllers, types of UAVs.

Беспилотные летательные аппараты прочно вошли в нашу жизнь, как показывает практика последних лет, их сфера применения базируется от сельского хозяйства до военной промышленности. В соответствии с техническими особенностями БПЛА можно классифицировать следующим образом:

- Разведывательные дроны, основной целью которых является мониторинг объектов природы или промышленной инфраструктуры;
- Дроны с возможностью видеосъёмки;
- Военные.

Если говорить о техническом обеспечении БПЛА, то в первую очередь надо понимать, что каждые полтора – два года человечество ожидает скачок в развитии радиоэлектронных

средств, как ранее описывал фон Нейман. Также идет стремительное развитие в сфере разведки, уменьшение веса БПЛА, улучшение качества изображений и увеличение объема информации, увеличение программного обеспечения, иначе говоря, улучшение до более интеллектуально работающей версии, с собственным интеллектуальным интерфейсом в зависимости от тех задач, которые ставятся для достижения целей. Наша страна не отстает в сфере разработки и проектирования БПЛА, придумываются новые способы улучшения работоспособности БПЛА в военной сфере, в сфере лесного и сельского хозяйства.

Рассмотрим, как развивались беспилотники, их системы управления: от примитивных систем с часовым механизмом до продвинутых систем с искусственным интеллектом. Люди всегда интересовались полетом, как только появились первые летательные аппараты, тут же появились идеи по их применению, например, в древнем Китае, использовали масляную горелку, чтобы внушить страх своим противникам, увидев свет в ночном небе его враги решили, что войскам помогает божественная сила, но можно ли назвать тепловой рассад, которым является китайский фонарик, беспилотником? Только на том основании, что он летал без пилота. Можно ли назвать первые модели планеров, которые напоминали модели птиц, беспилотниками? Ответ будет сильно зависеть от того, какое определение термина «беспилотник» мы будем использовать.

Обычно к беспилотным летательным аппаратам относят такие устройства, которыми можно как-то управлять, поэтому в качестве первого задокументированного применения беспилотников нельзя считать китайские фонарики и простейшие планеры аэростаты, которые использовали австрийские войска для подавления восстания. В Венеции 12 июня 1849 года были запущены первые два аэростата в военных целях, но из-за изменения ветра бомбы не достигли цели, 15 июня попытку повторили, аэростаты по ветру улетели в сторону Венеции.

Во время Первой мировой войны несколько стран занимались разработкой радиоуправляемых самолетов, в 1914 году военное Министерство Германии поручило комиссии по транспортным технологиям разработать систему дистанционного управления, которая могла бы устанавливаться, как на корабли, так и на самолеты.

В 1940 году военно-морской флот США заключил с одной из местных компаний контракт на поставку дронов. Всего в период Второй мировой войны было произведено компанией Radio порядка 15 тысяч самолетов-мишеней. Кроме того, проводились опыты по переделке ТБ-3 в радиоуправляемый бомбардировщик одноразового действия [2].

Таким образом, фактически технологии того времени позволили вынести пилота из кабины летательного аппарата, заменив его внешним пилотом, такое решение существенно увеличило гибкость и точность применения беспилотников, но это могло осуществляться только в пределах прямой видимости и на удалении не более нескольких километров. Сейчас такие летательные аппараты называются не БПЛА – беспилотные летательные аппараты, а дистанционно пилотируемые летательные аппараты, поскольку не управляются пилотом и их маневрирование полностью происходит за счет внешнего управления человеком. Сейчас применение беспилотников самое различное.

Какие условия нужно учитывать при запуске беспилотного устройства в виде шара или какого-то устройства другой конструкции, скажем так, что это может быть гироскоп. Так же необходимо обратить внимание на то, какие могут быть особенности беспилотных летательных устройств: размер, манёвренность и т.д. Так же стоит учитывать особенности настройки и кодинга устройства. Необходим ли автономный полет, полет по геометрии или же по средствам спутниковой связи. Одним из средств управления является FPV – это дроны, управляемые ПО и транслирующие данные с камеры на специальные очки, похожие на очки виртуальной реальности.

Это один из способов мониторинга лесных массивов, так как в очках оператор все видит в режиме онлайн. Но использование FPV очков имеет ряд минусов, одним из которых является обучение операторов [3].

В другом случае больше поможет автономный полет. Основные параметры в программе наблюдения: высота и скорость движения, размеры батарейки, возможности привода, а также минимальные требования для использования программного обеспечения. При мониторинге лесных массивов стоит учитывать, что дрон должен выдерживать высокие температуры.

Для сборки БПЛА для автономного полета необходимо:

- Хорошие компоненты;
- Малые экономические затраты на их производство.

Так же стоит уделить внимание видео трансляции, если мы хотим использовать сеть Интернет, то необходимо установить в дрон микрокомпьютер с 4G модемом и камерой и с помощью этого оборудования организовать web-трансляцию. Из минусов – это увеличение объема дрона из-за массивности самого модема.

Полетный контроллер – это основной компонент, представленный на рисунке 1, на который загружается всё необходимое ПО (рис. 1).



Рисунок 1 – Полетный контроллер [5]

В контроллере имеется HDMI видеовход, что позволяет подключить к нему любую камеру с данным выходом, например, GoPro 4 или 5. Относительно высокая стоимость объясняется дальнобойными WIFI-приемопередатчиками в комплекте (до 2 км с трансляцией HD-видео). Вес бортового модуля (52 г), так как нужна связь по 4G. Из дальнобойного Wi-Fi можно сделать запасной канал связи через стационарный роутер с проводным интернетом.[6]

Создание кода для беспилотного летательного аппарата (БПЛА) для автономного полета – это иная задача. Давайте рассмотрим пример программного кода на языке Python для

мониторинга лесных массивов. Так же стоит учитывать, что сама разработка должна иметь знания в сфере аэродинамики, работы с ИИ.

Пример кода:

```
```python
import random

class Drone:
 def __init__(self, x, y, forest):
self.x = x
self.y = y
self.forest = forest

 def move(self):
Генерируем случайное направление движения (вверх, вниз, влево, вправо)
directions = ['up', 'down', 'left', 'right']
direction = random.choice(directions)

 if direction == 'up':
self.y += 1
 elif direction == 'down':
self.y -= 1
 elif direction == 'left':
self.x -= 1
 elif direction == 'right':
self.x += 1

 # Проверяем, находится ли БПЛА в пре леса
if self.x < 0 or self.x >= len(self.forest[0]) or self.y < 0 or self.y >= len(self.forest):
print("БПЛА вышел за пределы леса!")
return False

 # Мониторинг лесных массивов
print(f"БПЛА находится в точке ({self.x}, {self.y})")
print(f"Текущее состояние леса: {self.forest[self.y][self.x]}")

return True
```

```

Создаем лесные массивы (0 - пустое место, 1 - дерево)
forest = [
 [1, 1, 0, 0, 1],
 [0, 1, 0, 1, 0],
 [1, 0, 1, 0, 1],
 [0, 1, 0, 1, 0],
 [1, 1, 0, 0, 1]
]
Инициализируем БПЛА
drone = Drone(2, 2, forest)

Выполняем полет БПЛА
for _ in range(10):
 if not drone.move():
 break
'''

```

Этот проект кода класса `Drone`, который переносит полет БПЛА и анализирует лесной массив. Дрон передвигается по принципам рандомайза, в пределах леса. Данный код – лишь проект, и он может быть задействован для настоящих задач. Но необходима доработка с учетом реальных элементов и датчиков.

### Список литературы

1. МЧС. - URL: <http://www.mchs.gov.ru>.
2. Беспилотные системы официальный сайт фирмы ОАО ZALA AERO GROUP. URL: <http://zala.aero>.
3. Классы беспилотных летательных аппаратов / Турищев Д.В. [и др.]. // Студенческий форум: электрон. научн. журн. 2023. № 1(224). URL: <https://nauchforum.ru/journal/stud/224/122446> (дата обращения: 07.05.2024).
4. Санников В.С. Работа и применение беспилотных летательных аппаратов в авиации // Технические и математические науки. Студенческий научный форум: электр. сб. ст. по мат. LXVII международ. студ. науч.-практ. конф. № 11(67). URL: [https://nauchforum.ru/archive/SNF\\_tech/11\(67\).pdf](https://nauchforum.ru/archive/SNF_tech/11(67).pdf) (дата обращения: 07.05.2024)
5. Лаханчик Д.В. Дроны в борьбе с Лесными пожарами свердловской области // Студенческий форум: электрон. научн. журн. 2022. № 14(193). URL: <https://nauchforum.ru/journal/stud/192/108591> (дата обращения: 07.05.2024).
6. Алиев С.С.О. Актуальность применения безколлекторных двигателей для атмосферной оптической линии связи (АОЛС) в гражданских беспилотных летательных аппаратах (БПЛА)//Вопросы науки. 2023. № 3. С. 72-78. URL: <https://www.elibrary.ru/>

ip\_restricted.asp?rpage=https%3A%2F%2Fwww%2Eelibrary%2Eru%2Fitem%2Easp%3Fid%3D54911702 (дата обращения: 03.05.2024).

7. Якшигулова Р.И., Галимова М.П. Цифровизация в аграрном секторе экономики: технологии БПЛА//Стратегия социально-экономического развития общества: управленческие, правовые, хозяйственные аспекты. Сборник научных статей 13-й Международной научно-практической конференции. В 2 т. Курск, 2023. С. 338-342. URL: [https://www.elibrary.ru/ip\\_restricted.asp?rpage=https%3A%2F%2Fwww%2Eelibrary%2Eru%2Fitem%2Easp%3Fid%3D60233121](https://www.elibrary.ru/ip_restricted.asp?rpage=https%3A%2F%2Fwww%2Eelibrary%2Eru%2Fitem%2Easp%3Fid%3D60233121) (дата обращения: 03.05.2024).

8. Валимухаметов Р.Т. Воздушный мониторинг нефтепровода при помощи БПЛА самолетного типа // Студенческий форум: электрон. научн. журн. 2021. № 40(176). URL: <https://nauchforum.ru/journal/stud/176/101614> (дата обращения: 04.05.2024).

9. Викторов А.С. Реализация алгоритма автономной навигации беспилотного летательного аппарата // Научный форум: Инновационная наука: сб. ст. по материалам IV междунар. науч.-практ. конф. № 3(4). М. : Изд. «МЦНО», 2017. С. 77-83. URL: <https://nauchforum.ru/node/22967> (дата обращения: 04.05.2024).

10. Кривенков Д.В. Противодействие несанкционированному добыванию информации дронами // Технические и математические науки. Студенческий научный форум: электр. сб. ст. по мат. II междунар. студ. науч.-практ. конф. № 2(2). URL: [https://nauchforum.ru/archive/SNF\\_tech/2\(2\).pdf](https://nauchforum.ru/archive/SNF_tech/2(2).pdf) (дата обращения: 04.05.2024).

## References

1. Ministry of Emergency Situations. - URL: <http://www.mchs.gov.ru>
2. Unmanned systems official website of the company JSC ZALA AERO GROUP. - URL: <http://zala.aero>.
3. Classes of unmanned aerial vehicles // Student forum: electron. scientific magazine Turishchev D.V. [and etc.]. 2023. No. 1(224). URL: <https://nauchforum.ru/journal/stud/224/122446> (date of access: 05/07/2024).
4. Sannikov V.S. Operation and application of unmanned aerial vehicles in aviation // Technical and mathematical sciences. Student scientific forum: electr. Sat. Art. according to mat. LXVII intl. stud. scientific-practical conf. No. 11(67). URL: [https://nauchforum.ru/archive/SNF\\_tech/11\(67\).pdf](https://nauchforum.ru/archive/SNF_tech/11(67).pdf) (access date: 05/07/2024)
5. Lakhanchik D.V. Drones in the fight against forest fires in the Sverdlovsk region // Student forum: electronic. scientific magazine 2022. No. 14(193). URL: <https://nauchforum.ru/journal/stud/192/108591> (date of access: 05/07/2024).
6. Aliev S.S.O. The relevance of the use of brushless motors for atmospheric optical communication lines (AOLC) in civil unmanned aerial vehicles (UAVs) // Science Issues. 2023. No. 3. P. 72-78. URL: [https://www.elibrary.ru/ip\\_restricted.asp?rpage=https%3A%2F%2Fwww%2Eelibrary%2Eru%2Fitem%2Easp%3Fid%3D54911702](https://www.elibrary.ru/ip_restricted.asp?rpage=https%3A%2F%2Fwww%2Eelibrary%2Eru%2Fitem%2Easp%3Fid%3D54911702) (access date: 05/03/2024).

7. Yakshigulova R.I., Galimova M.P. Digitalization in the agricultural sector of the economy: UAV technologies // Strategy for the socio-economic development of society: managerial, legal, economic aspects. Collection of scientific articles of the 13th International Scientific and Practical Conference. In 2 volumes. Kursk, 2023. pp. 338-342. URL: [https://www.elibrary.ru/ip\\_restricted.asp?rpage=https%3A%2F%2Fwww%2Eelibrary%2Eru%2Fitem%2Easp%3Fid%3D60233121](https://www.elibrary.ru/ip_restricted.asp?rpage=https%3A%2F%2Fwww%2Eelibrary%2Eru%2Fitem%2Easp%3Fid%3D60233121) (access date: 05/03/2024).

8. Valimukhametov R.T. Aerial monitoring of an oil pipeline using an aircraft-type UAV // Student Forum: electron. scientific magazine 2021. No. 40(176). URL: <https://nauchforum.ru/journal/stud/176/101614> (access date: 05/04/2024).

9. Viktorov A.S. Implementation of an algorithm for autonomous navigation of an unmanned aerial vehicle // Scientific forum: Innovative science: collection. Art. based on materials of the IV international. scientific-practical conf. — No. 3(4). - M., Ed. "MCNO", 2017. - pp. 77-83. URL: <https://nauchforum.ru/node/22967> (access date: 05/04/2024).

10. Krivenkov D.V. Countering unauthorized acquisition of information by drones // Technical and mathematical sciences. Student scientific forum: electr. Sat. Art. according to mat. II international stud. scientific-practical conf. No. 2(2). URL: [https://nauchforum.ru/archive/SNF\\_tech/2\(2\).pdf](https://nauchforum.ru/archive/SNF_tech/2(2).pdf) (access date: 05/04/2024).

DOI: 10.58168/CIRCULAR2024\_38-44

УДК 338.24

**КОНЦЕПТУАЛЬНЫЕ ПОДХОДЫ К ФОРМИРОВАНИЮ ИННОВАЦИОННОЙ  
ПОЛИТИКИ В УСЛОВИЯХ РАЗВИТИЯ РЕГИОНАЛЬНЫХ СИСТЕМ**  
CONCEPTUAL APPROACHES TO THE FORMATION OF INNOVATION POLICY  
IN THE CONDITIONS OF DEVELOPMENT OF REGIONAL SYSTEMS

**Безрукова Т.Л.**, доктор экономических наук, профессор ФГБОУ ВО «Воронежский государственный лесотехнический университет имени Г.Ф. Морозова», Воронеж, Россия.

**Bezrukova T.L.**, doctor of Economics, Professor, Voronezh State University of Forestry and Technologies named after G.F. Morozov, Voronezh, Russia.

**Кувшинова О.В.**, кандидат географических наук, доцент ФГБОУ ВО «Воронежский государственный лесотехнический университет имени Г.Ф. Морозова», Воронеж, Россия.

**Kuvshinova O.V.**, candidate of Geographical Sciences, Associate Professor, Voronezh State University of Forestry and Technologies named after G.F. Morozov, Voronezh, Russia.

**Аннотация:** целью данной статьи является анализ концептуальных подходов к формированию инновационной политики в условиях развития региональных систем. В исследовании применены положения экономической теории инноваций и государственного управления, отражено место инновационной региональной политики в национальной инновационной политике на основе функциональных связей. В данной работе сформулированы основные цели и задачи инновационно-инвестиционной политики для реализации социально значимых перспективных направлений развития региона. Представлены основы и принципы в сфере экономики инноваций как на макроуровне (общая характеристика инноваций, теории инновационного процесса, концепции инновационного развития), так и на микроуровне (ключевые факторы осуществления инноваций, выбор инновационной и инвестиционной стратегии).

**Abstract:** the purpose of this article is to analyze conceptual approaches to the formation of innovation policy in the context of the development of regional systems. The study applies the provisions of the economic theory of innovation and public administration, and reflects the place of regional innovation policy in national innovation policy based on functional connections. This paper formulates the main goals and objectives of innovation and investment policy for the implementation of socially significant promising areas of development of the region. The fundamentals and principles in the field of economics of innovation are presented both at the macro level (general characteristics of innovation, theories of the innovation process, concepts of innovative development) and at the micro level (key factors for implementing innovation, choosing an innovation and investment strategy).

**Ключевые слова:** инновационная политика, инвестиционная политика, развитие региональных систем, концептуальные подходы инновационного развития, управление экономическими системами.

**Keywords:** innovation policy, investment policy, development of regional systems, conceptual approaches to innovative development, management of economic systems.

«В современной экономической литературе существует множество подходов, как к определению понятия инновационной и инвестиционной политики, так и к процессу ее формирования. Как показала мировая практика, внедрение инноваций не бывает без инвестиций, поэтому рассмотрим различные аспекты и подходы к их исследованию в экономической литературе» [2].

«Так, один из подходов определяет понятие инновационно-инвестиционной политики как сложной системы, управляющей инвестиционными ресурсами территории. Данный подход носит название ресурсного. С другой стороны, инновационная политика - это совокупность различных подходов и решений, используемых для эффективных вложений средств в производство» [3] с целью выпуска новых видов продукции и технологий, а также расширения рынков сбыта отечественных товаров.

«Следующий подход к определению инновационной и инвестиционной политики территории гласит: региональная инновационная политика - это система мер, осуществляемых на уровне региона, способствующих привлечению инновационных ресурсов в целях более эффективного использования в интересах жителей региона и инвесторов» [1]. Место инновационной политики территории в национальной инновационной политике государства является значимым с учетом функциональных связей (рис. 1).

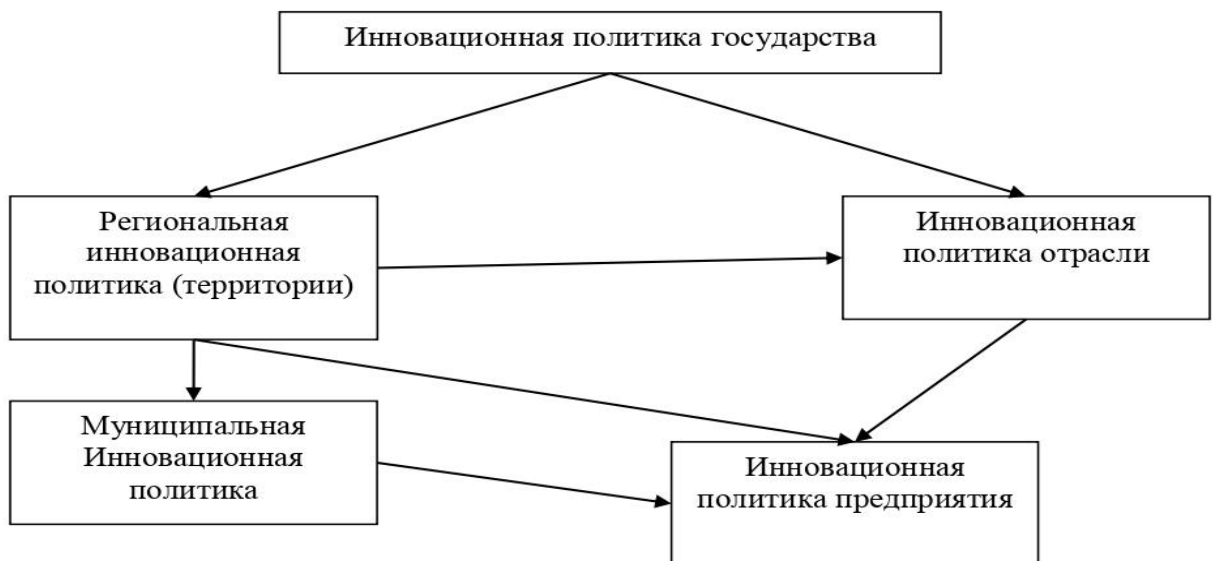


Рисунок 1 – Инновационная политика территории в структуре национальной инновационной политики государства [3]



«Инновационно-инвестиционная политика представляет собой сложную систему в региональной экономической политике, включающую комплекс взаимодополняющих мер и механизмов, направленных на формирование структуры и определение источника и объема инвестиций» [3].

«Формулировка цели инвестиционной политики зависит от степени экономического развития территории, политического статуса, конъюнктуры мирового рынка, а также от внутренних социально-экономических, политических и географических условий» [2]. «Таким образом, целью формирования инновационной политики территории является создание благоприятных условий для экономического развития, обеспечение самофинансирования территории, определение и осуществление деятельности в рамках выделенных приоритетных направлений экономической активности» [3]. Задачи инновационно-инвестиционной политики формируются в зависимости от поставленной цели (рис. 2).

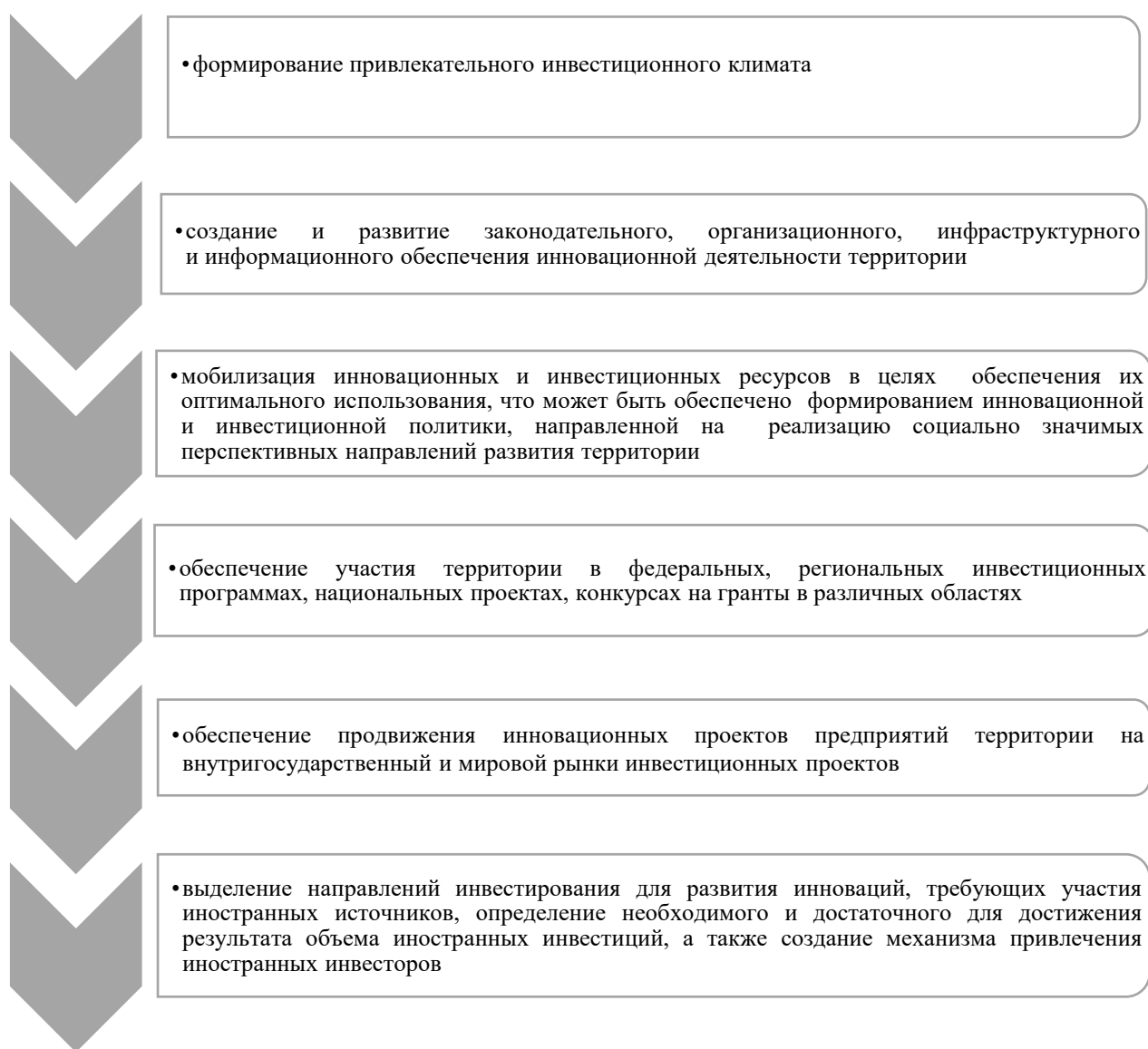


Рисунок 2 – Задачи инновационно-инвестиционной политики для реализации социально значимых перспективных направлений развития региона [3]

«В настоящее время определено множество методов и подходов к управлению экономическими системами разных типов. Определение термина «инновационная политика» описывает систему мер и методов» [3], что представлено в виде механизма реализации исполнения разработанной инновационной политики (рис. 3).

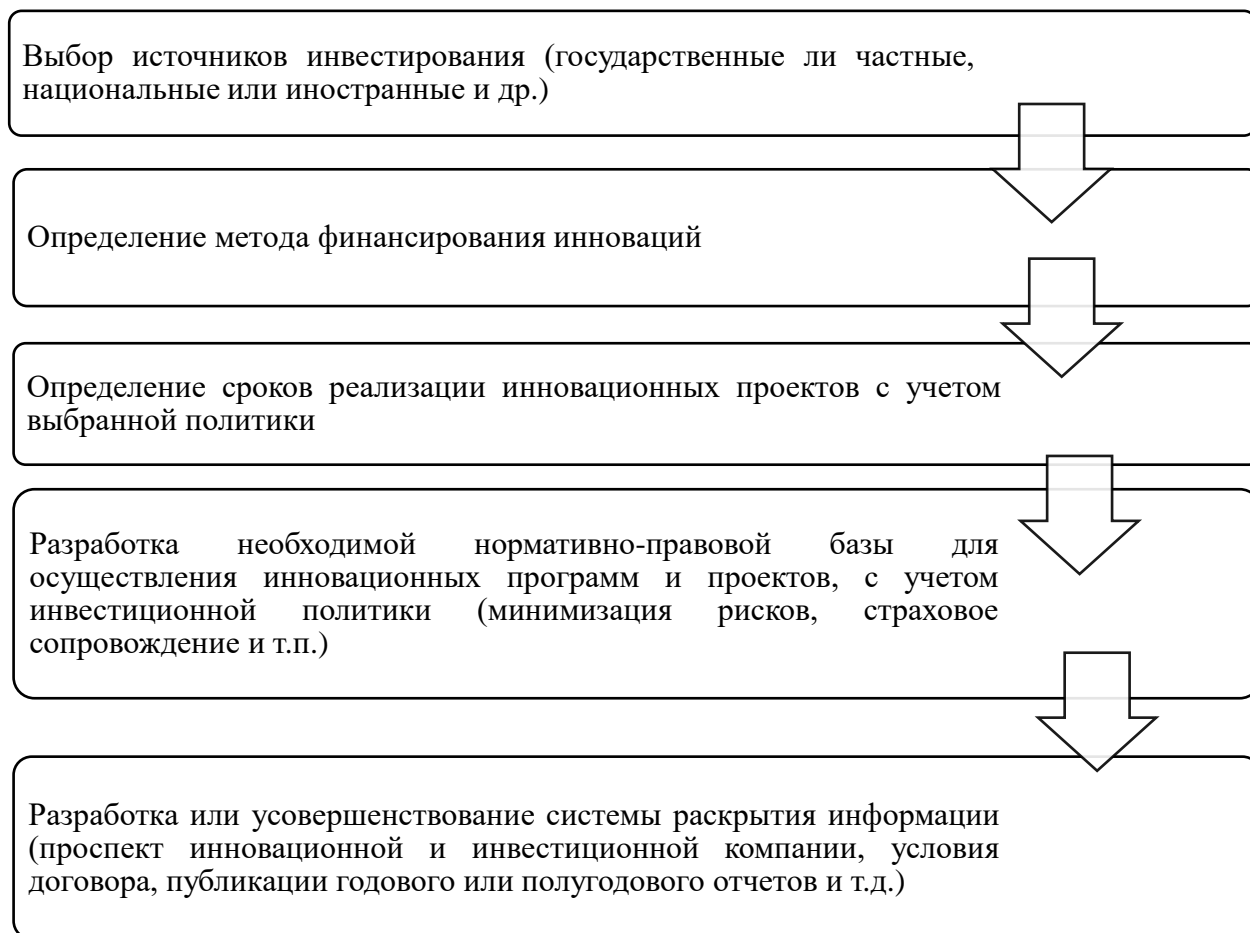


Рисунок 3 – Механизм реализации исполнения разработанной инновационной политики  
Источник: авторский

«Единой точки зрения мировых экономистов о существовании более универсальной концепции не существует, поэтому определим преимущества и недостатки ключевых подходов к разработке региональной инновационной политики» [2]. «Выбор подхода, более полно учитывающего особенности региональной инновационной стратегии, является одним из теоретических принципов инвестиционной деятельности на региональном уровне. Рассмотрим каждый подход, представленный с позиции преимуществ и недостатков для выявления наиболее приемлемой инвестиционной альтернативы, соответствующей достижению стоящих перед организацией стратегических инновационных целей» [3].

Сравнительная характеристика особенностей концептуальных подходов к формированию инновационной политики экономических систем представлена на рис. 4.

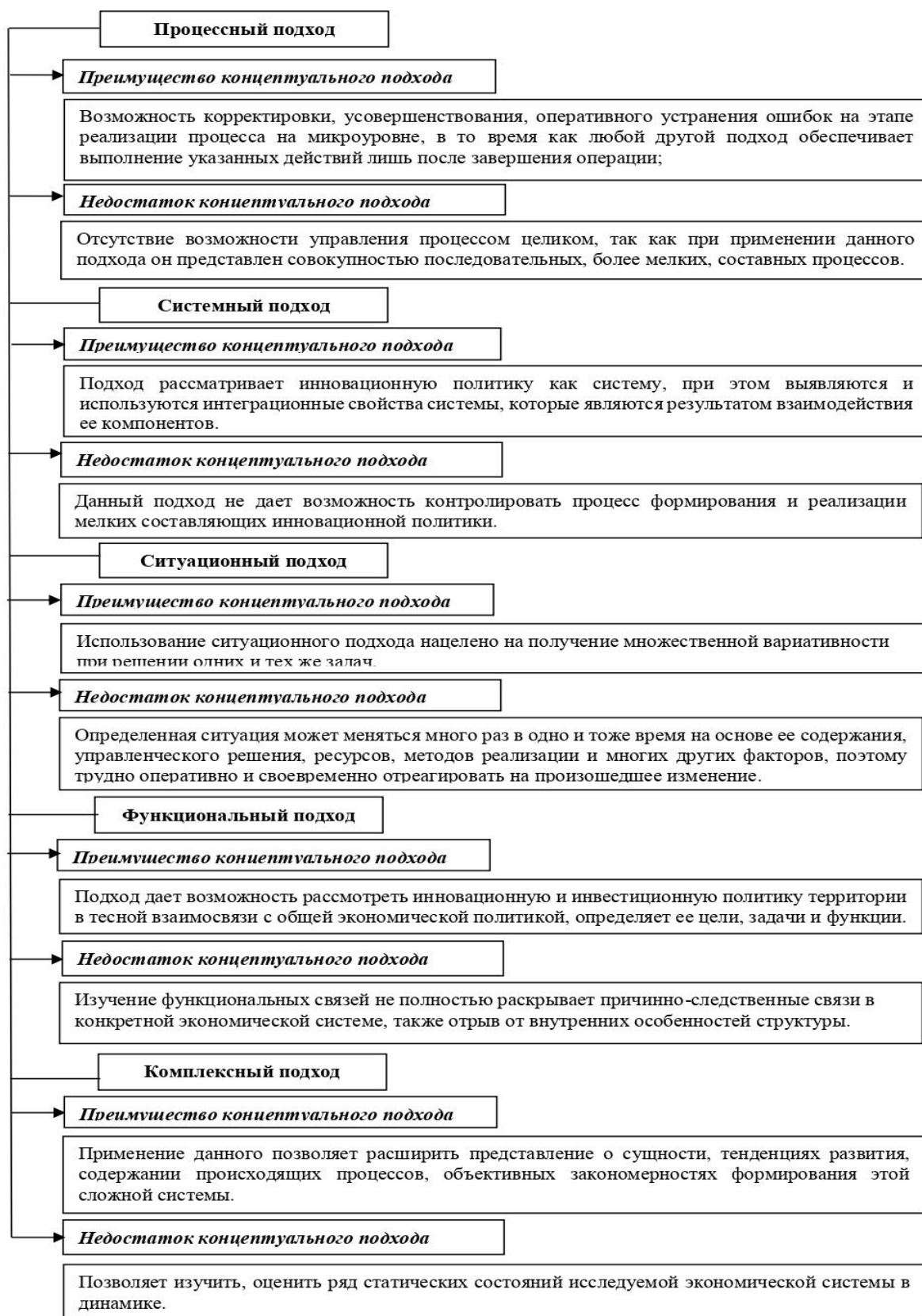


Рисунок 4 - Концептуальные подходы к формированию инновационной политики экономических систем  
Источник: авторский

В целях проведения инновационно-инвестиционной политики выделяют следующие компоненты структурированной инновационной системы (рис. 5).



Рисунок 5 - Компоненты структурированной инновационной системы

«Системный подход определяет инновационную политику как единую взаимосвязанную систему из множества элементов: инновационные программы, проекты, объединенные одной целью. Структуризация, как один из принципов проектирования инновационной региональной системы, обеспечивает возможность анализа элементов системы и их взаимосвязей» [3]. Взаимодействие элементов системы характеризует целостность этой системы и является преимуществом данного подхода.

### Список литературы

1. Безрукова Т.Л. Социально-экономический механизм обеспечения устойчивого развития мебельных промышленных предприятий / Безрукова Т.Л., Батищев Е.Т., Чугунова Е.В. // ФЭС: Финансы. Экономика. Стратегия. 2014. № 9. С. 5-9.
2. Безрукова Т.Л. Системный концептуальный подход к формированию инновационной и инвестиционной политики доминантной сферы экономики / Безрукова Т.Л., Голеузова Э.С. // Актуальные направления научных исследований XXI века: теория и практика. 2014. № 3. С. 344.
3. Безрукова Т.Л. Разработка инновационной политики развития рекреационной сферы республики / Безрукова Т.Л., Голеузова Э.С., Шерстюков А.А. // монография / Т. Л. Безрукова, Э. С. Голеузова, А. А. Шерстюков. Воронеж, 2013.

4. Инвестиционная политика как часть общей экономической политики государства : каталог учебных пособий «JourClub» URL : <http://www.jourclub.ru/3/166> (дата обращения 20.04.2024).

5. Инвестиционные фонды и механизм инвестирования в Германии : информационный сайт Мировая экономика и мировые рынки. URL: <http://www.ereport.ru/articles/finance/geinvest.htm> (дата обращения 10.05.2024).

6. Разработка механизма управления региональной инвестиционной стратегией : Менеджмент в России и за рубежом №4 / 2003. URL: <http://www.mevriz.ru/articles/2003/4/1116.html> (дата обращения 21.04.2024).

7. Комплексный подход и системно-функциональный анализ : Российская электронная библиотека Эрудия. URL : [http://www.erudition.ru/referat/ref/id.53841\\_1.html](http://www.erudition.ru/referat/ref/id.53841_1.html) (дата обращения 10.05.2024)

8. Использование комплексного, системного, функционального и исторического подходов в теории организации Заочное дистанционное образование. URL : <http://www.kylbakov.ru/page205/page215/index.html> (дата обращения 10.05.2024).

### References

1. Bezrukova T.L. Socio-economic mechanism for ensuring sustainable development of furniture industrial enterprises / Bezrukova T.L., Batishchev E.T., Chugunova E.V. // FES: Finance. Economy. Strategy. 2014. No. 9. P. 5-9.

2. Bezrukova T.L. Systematic conceptual approach to the formation of innovation and investment policy in the dominant sphere of the economy / Bezrukova T.L., Goleuzova E.S. // Current directions of scientific research of the XXI century: theory and practice. 2014. No. 3. P. 344.

3. Bezrukova T.L. Development of an innovative policy for the development of the recreational sector of the republic / Bezrukova T.L., Goleuzova E.S., Sherstyukov A.A. // monograph / T. L. Bezrukova, E. S. Goleuzova, A. A. Sherstyukov. Voronezh, 2013.

4. Investment policy as part of the general economic policy of the state: catalog of textbooks “JourClub” URL: <http://www.jourclub.ru/3/166> (access date 04/20/2024).

5. Investment funds and investment mechanism in Germany: information site World Economy and World Markets. URL: <http://www.ereport.ru/articles/finance/geinvest.htm> (date accessed 05/10/2024).

6. Development of a mechanism for managing a regional investment strategy: Management in Russia and abroad No. 4 / 2003. URL: <http://www.mevriz.ru/articles/2003/4/1116.html> (accessed April 21, 2024).

7. Integrated approach and system-functional analysis: Russian Electronic Library Erudition. URL: [http://www.erudition.ru/referat/ref/id.53841\\_1.html](http://www.erudition.ru/referat/ref/id.53841_1.html) (access date 05/10/2024)

8. The use of comprehensive, systemic, functional and historical approaches in the theory of organization Correspondence distance education. URL: <http://www.kylbakov.ru/page205/page215/index.html> (access date 05/10/2024).

DOI: 10.58168/CIRCULAR2024\_45-48

УДК 579.64

## ИССЛЕДОВАНИЕ ЦЕЛЛЮЛОЗОЛИТИЧЕСКОЙ АКТИВНОСТИ АКТИНОМИЦЕТОВ

### INVESTIGATION OF THE CELLULOLYTIC ACTIVITY OF ACTINOMYCETES

**Брындина Л.В.**, главный научный сотрудник, профессор, доктор с.-х. наук, ФГБОУ ВО «Воронежский государственный лесотехнический университет им. Г.Ф. Морозова», Воронеж, Россия.

**Корчагина А.Ю.**, младший научный сотрудник ФГБОУ ВО «Воронежский государственный лесотехнический университет им. Г.Ф. Морозова», Воронеж, Россия.

**Горпинченко В.В.**, студент ФГБОУ ВО «Воронежский государственный лесотехнический университет им. Г.Ф. Морозова», Воронеж, Россия.

**Bryndina L.V.**, Chief Researcher, professor, doctor of agricultural sciences, Voronezh State University of Forestry and Technologies named after G.F. Morozov, Voronezh, Russia.

**Korchagina A.Yu.**, junior research assistant, Voronezh State University of Forestry and Technologies named after G.F. Morozov, Voronezh, Russia.

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

**Аннотация:** в работе проведен анализ ферментативной активности актиномицетов. Тестирование культуральных жидкостей исследуемых штаммов позволило произвести качественную и количественную оценку активности отдельных штаммов микроорганизмов. Установлено, что актиномицеты активно проявляют специфическую ферментативную активность, выделяя ферменты целлюлазы. Было замечено, что штамм *Streptomyces sp* QMB814 (AC-1324) показал лучшие результаты. Это дает возможность поиска новых биотехнологических применений микроорганизмов при биотрансформации органических веществ.

**Abstract:** the paper analyzes the enzymatic activity of actinomycetes. Testing of the culture fluids of the studied strains made it possible to make a qualitative and quantitative assessment of the activity of individual strains of microorganisms. It has been established that actinomycetes actively exhibit specific enzymatic activity by secreting cellulase enzymes. It was noted that the strain *Streptomyces sp. QM B814 (AC-1324)* showed better results. This makes it possible to search for new biotechnological applications of microorganisms in the biotransformation of organic substances.

**Ключевые слова:** биотехнология, биодеструкция целлюлозы, целлюлазы, актиномицеты.

**Keywords:** biotechnology, biodegradation of cellulose, cellulases, actinomycetes.

Целлюлоза – самая распространенная биомасса на земле. Сельскохозяйственная, лесная и агропромышленная деятельность ежегодно приводит к образованию тонн целлюлозных отходов, которые представляют собой доступное и возобновляемое сырье для

различных применений. Целлюлолитические ферменты, то есть целлюлазы, играют очень важную роль в переработке растительных отходов из-за способности к ферментативному расщеплению целлюлозы. Эти ферменты получают из микроорганизмов, относящихся как к прокариотической, так и к эукариотической группе, включая бактерии, грибы и актиномицеты. Актиномицеты являются привлекательной группой микроорганизмов для производства ферментов, расщепляющих лигноцеллюлозу. Данные микроорганизмы активно разрушают мертвые растительные остатки, превращают их в вещества, пригодные для питания растений [1]. Конечный продукт расщепления целлюлозы – глюкоза [2].

Целлюлоза не ферментируется дрожжами, и только очень специфические анаэробные бактерии могут ее переварить [3].

Нами были проведены исследования по выбору актиномицета, обладающего высокой способностью к биодеструкции целлюлозы.

Объектами исследования служили чистые культуры актиномицетов: *Streptomyces globisporus* (АС-1815), *Streptomyces sp.* QMB814 (АС-1324), *Streptomyces sp.* А-8/5 (АС-1220). Микроорганизмы были получены в Национальном биоресурсном центре НИЦ «Курчатовский институт» (г. Москва).

Культуры микроорганизмов поддерживали на средах, рекомендованных ВКПМ. Их выращивали в термостате в течение 10 суток при 29-30°C.

В ходе проведения скрининга исследуемые штаммы выращивали на жидкой среде, используя инокулят, для получения которого суспензию спор вносили в конические колбы объемом 250 см<sup>3</sup> – колбы Эрленмейера – со средой Дюлоне (NaCl – 0,5 г/дм<sup>3</sup>, K<sub>2</sub>HPO<sub>4</sub> – 0,2 г/дм<sup>3</sup>, CaCl<sub>2</sub> – 0,04 г/дм<sup>3</sup>, ZnSO<sub>4</sub>\*7H<sub>2</sub>O – 0,001 г/дм<sup>3</sup>, FeSO<sub>4</sub>\*7H<sub>2</sub>O – 0,001 г/дм<sup>3</sup>, MgSO<sub>4</sub> – 0,1 г/дм<sup>3</sup>, (NH<sub>4</sub>)<sub>2</sub>HPO<sub>4</sub> – 0,7 г/дм<sup>3</sup>, глюкоза – 2,0 г/дм<sup>3</sup>, дист. вода – 1,0 дм<sup>3</sup>, рН = 7,0-7,2.) и выращивали в течение 48 ч при +27°C на шейкер-инкубатор (180-200 об/мин). Готовый инокулят вносили 5% по объему посевного материала в колбы Эрленмейера объемом 250 см<sup>3</sup>, содержащих 100 см<sup>3</sup> среды состава: крахмал -12,5 г/дм<sup>3</sup>, (NH<sub>4</sub>)<sub>2</sub>S0<sub>4</sub> - 2 г/дм<sup>3</sup>, NaCl – 1 г/дм<sup>3</sup>, K<sub>2</sub>HPO<sub>4</sub> – 1 г/дм<sup>3</sup>, MgSO<sub>4</sub>x7H<sub>2</sub>O – 1 г/дм<sup>3</sup>, буфер (K<sub>2</sub>HPO<sub>4</sub>/NaOH) – 1 дм<sup>3</sup>. Культивирование проводили при 28 – 30°C в шейкере-инкубаторе с частотой вращения n=220–240 об/мин в течение 96 часов.

С целью выявления активности целлюлолитического комплекса ферментов у выбранных штаммов актиномицетов проводили качественные и количественные исследования.

Для определения наличия ферментативной активности использовали 1 см<sup>3</sup> культуральной жидкости, помещенной в пробирки с 5 см<sup>3</sup> буферного раствора и целлофановыми полосками из тонкого (пищевого) целлофана. Содержимое пробирок заливали тонким слоем вазелинового масла и закрывали ватным тампоном. Затем термостатировали при 30°C 24 часа. Мерой целлюлозолитической активности служило визуальное изменение целлофановых полосок и изменение веса, расчет производился в процентах расщепления целлюлозы по формуле, %:

$$X = \frac{m_1 - m_2}{m_2} \cdot 100 \quad (1)$$

где m<sub>1</sub> – вес целлофановой полоски до инкубирования, г;

$m_2$  - вес целлофановой полоски после инкубирования, г.

В ходе исследования было установлено (рис. 1), что выбранные актиномицеты обладают целлюлозолитическими ферментами. Большая активность отмечена у микроорганизмов штамма *Streptomyces sp. QMB814* (AC-1324), их показатели превышают *Streptomyces globisporus* (AC-1815) и *Streptomyces sp. A-8/5* (AC-1220) на 8 и 11 %, соответственно.

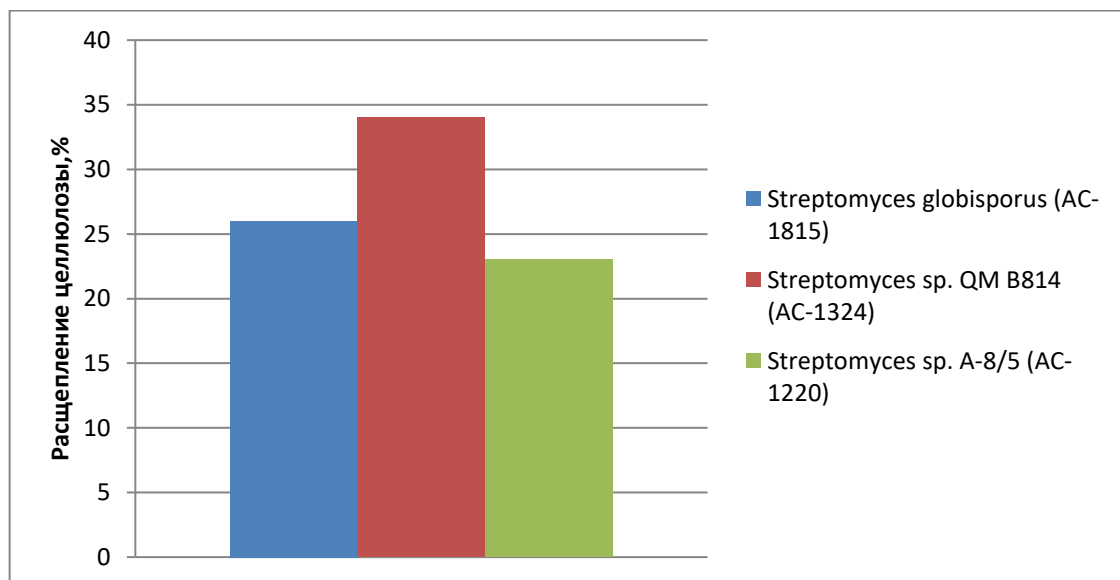


Рисунок 1 – Биодеструкция целлюлозы

Количественно ферментативную активность целлюлазы определяли по [4].

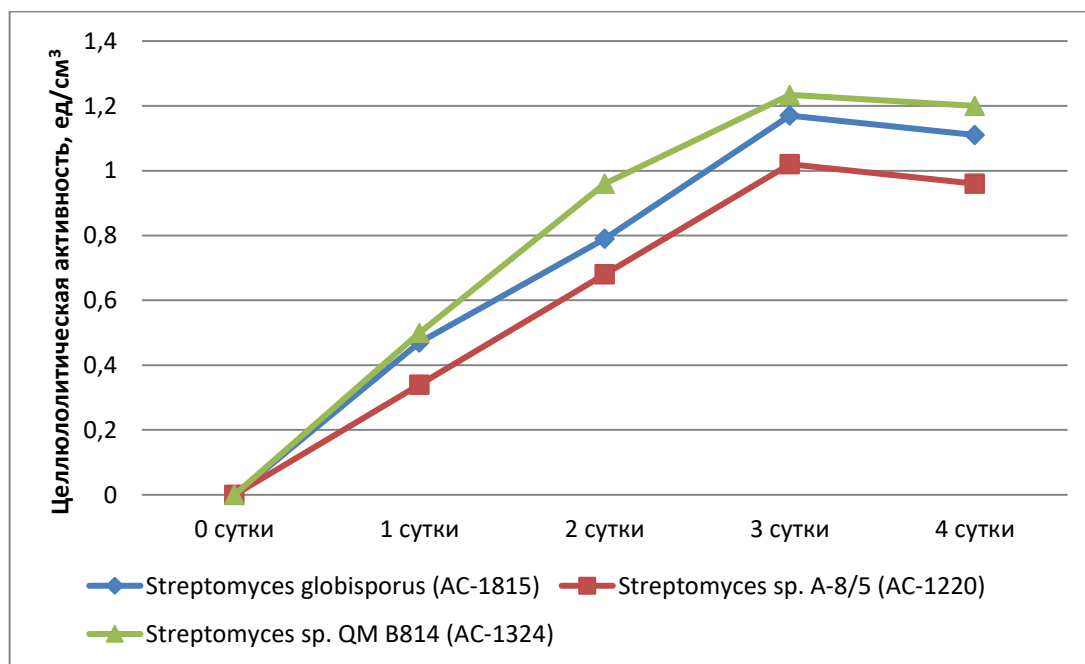


Рисунок 2 – Ферментативная активность целлюлазы

Результаты, представленные на рис. 2, позволяют судить о том, что актиномицеты ферментируют целлюлозу. Через 24 часа все штаммы исследования проявили активность,



однако *Streptomyces sp* QMB814 (АС-1324) показал наибольшую активность, относительно остальных штаммов микроорганизмов. Максимальное накопление ферментативной активности достигло пика на 3 сутки у всех образцов. Отмечено, что штамм АС-1324 на протяжении всего эксперимента показывал лучшие результаты, превышая АС-1815 и АС-1220 на 10 % и 18 % соответственно.

Таким образом, в ходе эксперимента было установлено, что актиномицеты проявляют специфическую целлюлозолитическую активность и могут успешно применяться в процессах утилизации отходов деревообрабатывающей и целлюлозно-бумажной промышленности.

### Список литературы

1. Стадницкий Г.В. Экология: Учеб. пособие для университетов. – М.: Хим.издат, 2001. – С. 40.
2. Волчатова И.В. Экология и промышленность России / И.В. Волчатова, С.А. Медведева. – 2005. – С. 40.
3. Рабинович М. Л. Прогресс в изучении целлюлозолитических ферментов и механизм биodeградации высокоупорядоченных форм целлюлозы / М.Л. Рабинович, М.С. Мельник // Успехи биологической химии. - 2000. - Т. 40. - С. 205-266.
4. ГОСТ 31662—2012. Препараты ферментные. Методы определения ферментативной активности целлюлазы: дата введения 2014.01.01.- Изд. официальное. – Москва: Стандартинформ, 2014. – С.12.

### References

1. Stadniczkij G.V. E`kologiya: Ucheb. posobie dlya universitetov. – M.: Xim. izdat, 2001. – S. 40.
2. Volchatova I.V. E`kologiya I promy`shlennost` Rossii / I.V. Volchatova, S.A. Medvedeva. – 2005. – S. 40
3. Rabinovich M. L., Progress v izuchenii cellyulozoliticheskix fermentov I mexanizm biodegradacii vy`sokouporjadochenny`x form cellyulozy`/ M. L. Rabinovich, M.S. Mel`nik // Uspexi biologich. ximii. - 2000. - T. 40. - S. 205-266.
4. GOST 31662—2012. Preparaty` fermentny`e. Metody` opredeleniya fermentativnoj aktivnosti cellyulazy`: data vvedeniya 2014.01.01.- Izd. oficial`noe. – Moskva: Standartinform, 2014. – S.12.

DOI: 10.58168/CIRCULAR2024\_49-52

УДК 674.8

**ОРГАНОМИНЕРАЛЬНОЕ УДОБРЕНИЕ – ПЕРСПЕКТИВНОЕ  
НАПРАВЛЕНИЕ ПЕРЕРАБОТКИ ДРЕВЕСНЫХ ОТХОДОВ  
ORGANOMINERAL FERTILIZER – PROMISING  
DIRECTION OF WOOD WASTE PROCESSING**

**Брындина Л.В.**, главный научный сотрудник, профессор, доктор с.-х. наук, ФГБОУ ВО «Воронежский государственный лесотехнический университет им. Г.Ф. Морозова», Воронеж, Россия.

**Корчагина А.Ю.**, младший научный сотрудник ФГБОУ ВО «Воронежский государственный лесотехнический университет им. Г.Ф. Морозова», Воронеж, Россия.

**Митина А.В.**, студент ФГБОУ ВО «Воронежский государственный лесотехнический университет им. Г.Ф. Морозова», Воронеж, Россия.

**Bryndina L.V.**, Chief Researcher, professor, doctor of agricultural sciences, Voronezh State University of Forestry and Technologies named after G.F. Morozov, Voronezh, Russia.

**Korchagina A.Yu.**, junior research assistant, Voronezh State University of Forestry and Technologies named after G.F. Morozov, Voronezh, Russia.

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

**Аннотация:** в статье рассматривается возможность использования отходов лесопромышленного комплекса в качестве сырья для получения на их основе органоминерального удобрения. Предложено сбалансировать питательные элементы биопереработкой древесных отходов совместно с осадками сточных вод. Установлено соотношение компонентов удобрения по соотношению углерода к азоту. Полученные результаты вегетационных опытов подтверждают эффективность использования удобрения, а технология получения удобрений показывает потенциал рационального использования отходов.

**Abstract:** the article considers the possibility of using waste from the timber industry as a raw material for obtaining organomineral fertilizers based on them. It is proposed to balance the nutrients by bio-processing wood waste together with sewage sludge. The ratio of fertilizer components by the ratio of carbon to nitrogen has been established. The obtained results of vegetation experiments confirm the effectiveness of fertilizer use, and the technology of fertilizer production shows the potential for rational waste management.

**Ключевые слова:** опилки, кора, осадок сточных вод, удобрение, истощение почв.

**Keywords:** sawdust, bark, sewage sludge, fertilizers, soil depletion.

Одной из причин низкой эффективности лесного хозяйства является истощение почв: уменьшение содержания микроэлементов и снижение плодородности. Поскольку почва является самостоятельно не возобновляемым природным ресурсом, необходима оптимизация

почвенного плодородия внесением органоминеральных удобрений, которые улучшают структуру почвы, оптимизируют питательный режим растений и усиливают микробиологическую активность, это способствует увеличению биометрических показателей посадочного материала и повышают его качества.

Перспективным направлением получения удобрений является использование отходов лесопромышленного комплекса. Отходы, имеющие в своей основе природное происхождение, могут быть использованы с целью улучшения физико-химических свойств почв.

Анализ данных показал, что в России ежегодно образуется порядка 36 тыс. м<sup>3</sup> древесных отходов. Их использование в качестве сырья для других производств развито недостаточно и носит очаговый характер в районах расположения целлюлозных, лесохимических, гидролизных и древесноплитных производств. Большинство лесопильных предприятий использует лишь кусковые отходы в качестве топлива, остальную массу отходов (кора, составляющая 10–20 % общего объёма дерева, опилки – 15 % от массы пиловочного сырья) сваливают в отвалы [1].

Древесные отходы содержат основные элементы питания, которые в почве минерализуются и становятся доступными для растений. В процессе минерализации выделяется диоксид углерода, улучшающий углеродное питание растений и способствующий росту гумусообразующего потенциала почвы. Помимо этого, отходы богаты целлюлозой (33–35%), лигнином (22–30%), содержат 5,3–12 мг/100 г массы калия и незначительное количество фосфора. Прочность, упругость, высокая фильтрационная способность органических отходов улучшают водно-физические свойства почвы, а их трудноразлагаемая часть обогащают почву лигнином и дубильными веществами, необходимыми для гумусообразования. Главным недостатком как удобрения является то, что они практически не содержат усваиваемого растениями азота (отношение C:N – 140:1) [2]. При использовании древесных отходов, не обогащенных азотом, значительно возрастает период разложения, так как при высоком содержании углерода малое содержание азота недостаточно для нормальной жизнедеятельности целлюлозолитических микроорганизмов.

Сбалансировать питательные элементы возможно биопереработкой древесных отходов совместно с осадками сточных вод (ОСВ), которые содержат 70-90% органических и 30-10% минеральных веществ (табл. 1).

Таблица 1 – Химический состав компонентов органоминерального удобрения

Показатели	Древесные отходы	Осадки сточных вод
Органическое вещество, %	75,0	80,0
Общий азот, %	0,7	5,7
Общий фосфор, %	0,02	5,5
Общий калий, %	0,04	0,3
pH	3,8	6,8

Исходя из высокой питательной ценности опилок и осадка по органическому веществу, были проведены исследования по подбору компонентов удобрения по соотношению углерода к азоту (табл. 2).

Таблица 2 - Соотношение углерода к азоту при получении удобрения

Компоненты удобрения	Показатель соотношения C:N*
Опилки + осадок сточных вод (1:1)	18,5
Опилки + осадок сточных вод (1:3)	13
Опилки + осадок сточных вод (3:1)	22

\*на плодородие почвы большое влияние оказывает соотношение C/N. Оптимально, когда оно находится в диапазоне 15-20 [3].

Таким образом, было установлено, что смесь из опилок и осадка сточных вод в соотношении 1:1 обладает высокой биологической продуктивностью.

Оценку биологической продуктивности оценивали на семенах сосны (*Pinus sylvestris*) (рис. 1).



Рисунок 1 – Биологическая продуктивность органоминерального удобрения:  
1 – сосна, выращенная в почве с добавлением органоминерального удобрения;  
2 – контроль (почва)

Проведенные исследования показали, что растения, выращенные с применением удобрения, имеют ярко-зеленую хвою длиной 4-6 см, в контрольном образце отмечены отклонения наращивания биомассы хвои, их длина составляла 1-2,5 см.

Несмотря на то, что длина стержневых корней в обоих образцах одинаковая, в опытном образце масса тонких корней превалирует над контролем.

Таким образом, сравнительная оценка показала, что привлечение древесных отходов и нормализация их ОСВ для получения удобрений пролонгированного действия позволяет не только рационально использовать ресурсный потенциал отходов, но и получить доступные органоминеральные удобрения с высоким содержанием комплекса питательных элементов. При применении данного удобрения возможно повышение плодородия истощенных почв и снижение использования традиционных дорогостоящих подкормок.

### Список литературы

1. Колесников, А. В. Анализ образования и использования древесных отходов на предприятиях лесопромышленного комплекса России / А.В. Колесников // Инженерный вестник Дона. – 2015. – URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/pererabotka-drevesnyh-othodov-predpriyatij-lesopromyshlennogo-kompleksa-kak-faktor-ustoychivogo-prirodopolzovaniya/viewer> (дата обращения 27.04.2024).

2. Отходы деревообрабатывающей промышленности и возможность их использования в хозяйствах Краснодарского края / Н.П. Бережная, Ю.С. Кадькало, Л.Ф. Скрипка, И.А. Троцан // Проблемы рекультивации отходов быта, промышленного и сельскохозяйственного производства. – 2009. – С. 199-202.

3. Фомин, Г. С. Госстандарт России. Справочник: Почва. Контроль качества и экологической безопасности по международным стандартам / Г.С. Фомин. – Москва : Протектор, 2000. – 300 с.

### References

1. Kolesnikov A. V. Analiz obrazovaniya i ispol'zovaniya drevesny`x otkodov na predpriyatiyax lesopromy`shlennogo kompleksa Rossii / A.V. Kolesnikov // Inzhenerny`j vestnik Dona. – 2015. – URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/pererabotka-drevesnyh-othodov-predpriyatij-lesopromyshlennogo-kompleksa-kak-faktor-ustoychivogo-prirodopolzovaniya/viewer> (data obrashheniya 27.04.2024).

2. Otkody` derevoobrabaty`vayushhej promy`shlennosti i vozmozhnost` ix ispol`zovaniya v hozyajstvax Krasnodarskogo kraja / N.P. Berezhnaya, Yu.S. Kad`kalo, L.F. Skripka, I.A. Troczan // Problemy` rekul`tivacii otkodov by`ta, promy`shlennogo i sel`skoxozyajstvennogo proizvodstva. – 2009. – S. 199-202.

3. Fomin G. S. Gosstandart Rossii. Spravochnik: Pochva. Kontrol` kachestva i e`kologicheskoy bezopasnosti po mezhdunarodny`m standartam / G.S. Fomin. – Moskva : Protektor, 2000. – 300 s.

DOI: 10.58168/CIRCULAR2024\_53-58

УДК 330, 630, 34

**ОРГАНЫ ВНУТРЕННИХ ДЕЛ В ОБЕСПЕЧЕНИИ УСТОЙЧИВОГО  
ПРИРОДОПОЛЬЗОВАНИЯ**  
INTERNAL AFFAIRS BODIES IN ENSURING SUSTAINABLE ENVIRONMENTAL  
MANAGEMENT

**Булгакова М.А.**, доктор экономических наук, профессор ФГКОУ ВО «Академия управления МВД России», Москва, Россия. **Bulgakova M.A.**, doctor of Economics, Professor, Academy of Management of the Ministry of Internal Affairs of Russia, Moscow, Russia.

**Аннотация:** статья содержит авторский взгляд на обеспечение устойчивого природопользования и становление циркулярной экономики через призму деятельности сотрудников органов внутренних дел по обеспечению экономической безопасности лесного комплекса России. Показана взаимосвязь национальной безопасности, экономической безопасности и устойчивого природопользования. Приведены статистические данные, отражающие результаты деятельности сотрудников органов внутренних дел по борьбе с правонарушениями и преступлениями в лесном комплексе, которые охватывают количество выявленных фактов, лиц, установленных сумм ущерба и сведений о возмещении вреда, а также результаты нормотворческой инициативы МВД России по вопросам, связанным с обеспечением полного отслеживания движения лесоматериалов

**Abstract:** the article contains the author's view on ensuring sustainable nature management and the formation of a circular economy through the prism of the activities of employees of the internal affairs bodies to ensure the economic security of the forestry complex of Russia. The relationship between national security, economic security and sustainable nature management is shown. Statistical data reflecting the results of the activities of employees of the internal affairs bodies in combating offenses and crimes in the forest complex, which cover the number of revealed facts, persons, established amounts of damage and information on compensation for harm, as well as the results of the rule-making initiative of the Ministry of Internal Affairs of Russia on issues related to ensuring full tracking of the movement of timber

**Ключевые слова:** устойчивое природопользование, лесной комплекс России, органы внутренних дел

**Keywords:** sustainable use of natural resources, forest complex of Russia, internal affairs bodies

Современные тенденции развития мирового сообщества характеризует востребованность научных разработок по формированию тезиса об устойчивости, как основы

и единства управления, позволяющего принимать комплексные управленческие решения не только в области экологии и окружающей среды, но и юриспруденции, социологии, экономики и др. Так, Васильева М.А. вводит методiku расследования преступлений в сфере экологии [1], добычи водных ресурсов и рубки лесных насаждений [2], Булгакова М.А. представляет методологию сбалансированного ведения лесного хозяйства в контексте сохранения биосферного равновесия [2], а также рассматривает вопросы обеспечения экономической безопасности лесной отрасли [3, 4], в том числе через призму сохранения устойчивого инвестиционного климата [5]. Таким образом, вопросы устойчивого природопользования рассматриваются во взаимосвязи с юриспруденцией, социологией, экономикой, экологией. Вместе с тем трансформируются и подходы к содержанию тезиса «устойчивость» в разрезе обновления экономики и производства: от линейной к циркулярной, что обусловлено необходимостью снижения негативного воздействия на окружающую среду, поиска новых возможностей для развития бизнеса, формирования баланса между социальными, экономическими и экологическими аспектами жизни общества, а также удовлетворения интересов настоящего и будущего поколений.

Согласимся с мнением Тамби А.А., Морковиной С.С., Григорьева И.В. о том, что стремление стран Азии и Европы к переходу на использование альтернативных источников энергии развивает концепцию циркулярной экономики [6]. Несомненно, производство энергии из биоматериалов, и древесины в первую очередь, будет способствовать диверсификации лесного комплекса, что обусловлено ростом спроса, расширением рынков сбыта, а также инвестиционной привлекательностью производств древесного биотоплива ввиду дешевизны в сравнении с ископаемыми источниками (газ, нефть). При этом становление циркулярной экономики и устойчивого природопользования, по нашему мнению, не представляется возможным без обеспечения экономической безопасности лесного комплекса России, в том числе осуществляемой сотрудниками органов внутренних дел, которая заключается в охране окружающей среды, предупреждении преступлений экологической, экономической и уголовной направленности, установлении лиц, виновных в совершении незаконных лесозаготовок и транспортировки древесины, определении фактических сумм причиненного ущерба, проведении мероприятий по возмещению причиненного ущерба.

Прямая взаимосвязь национальной безопасности России с экономической безопасностью обусловлена возложенной на государственные органы обязанностью обеспечивать защиту суверенитета, принимать участие в разработке правовых основ для социально-экономических преобразований в целях гармоничного развития общества, личности и государства, включая конституционно закрепленное право граждан на чистую и здоровую окружающую среду. Чередующиеся кризисные явления на протяжении последнего десятилетия были направлены на оказание такого воздействия на состояние экономики России, которое позволило бы дестабилизировать политическую обстановку внутри страны. Несомненно, в целях поиска стратегий для удержания инициативы, критическому анализу подвергается как текущая ситуация, так и десятилетний опыт функционирования в условиях колоссальных санкций. В этой связи согласимся с мнением проф. В.А. Плотникова о том, что

«фундаментальные тренды развития, хотя и пресекутся на некоторое время, в дальнейшем, тем не менее, продолжатся, что обусловлено именно их фундаментальным характером» [7,8].

Следует отметить, что под воздействием негативных экономических, политических, юридических преобразований вклад лесного комплекса в доходную часть бюджета страны оставался на уровне, не превышающем 2%. В 2022% этот показатель составил 0,8%, что связываем с введением санкционных пакетов на обработанную древесину, так как еще в 2021 году почти половина экспорта обработанной древесины на сумму свыше 8 млрд долларов США. Кроме того, механизм сертификации деятельности предприятий по отслеживанию цепочек поставок по международным стандартам оказался несовершенным. По нашему мнению, сертификация для предприятий Российской Федерации ввиду отмены действия сертификатов явилась «дамокловым мечом», так как, невзирая на наличие сертификатов, становление цепочек поставок, моделирование лесов и принятие правил игры иностранных партнеров, был закрыт доступ к рынкам сбыта.

Также не разрешенной остается проблема диверсификации производств. За последние два десятка лет инвестиции в производственные мощности лесного комплекса нельзя характеризовать стабильными показателями, что связывают с отсутствием рынков сбыта и высокой стоимостью материалов.

Таким образом, в России сохраняется тенденция по нарастанию внешних и внутренних угроз экономической безопасности лесного комплекса. Вместе с тем, дискурс об устойчивом природопользовании не может в полной мере объективно отражать текущее состояние без исследования, анализа и учета правоохранительного аспекта обеспечения экономической безопасности лесного комплекса.

В этой связи отметим, что незаконная вырубка лесных насаждений и преступления, связанные с причинением вреда окружающей среде, выявляются в 83% случаях сотрудниками органов внутренних дел.

Министр внутренних дел Российской Федерации В.А. Колокольцев на коллегиях отмечает актуальность противодействия деяниям, совершаемым в сфере лесопользования, а также выработку предложений, направленных на совершенствование деятельности органов внутренних дел, так как за последние двадцать лет сотрудниками органов внутренних дел было выявлено более 600 тысяч преступлений, больше половины из которых – это незаконная рубка лесных насаждений.

В 2021 году всего было выявлено 10,6 тысяч фактов незаконной рубки лесных насаждений, что на 10% преступлений меньше, чем в 2020 году. Также раскрыто почти полторы тысячи краж древесины, свыше 630 фактов уничтожения или повреждения лесных насаждений, 138 противоправных действий, связанных с приобретением, хранением, перевозкой, переработкой незаконно заготовленной древесины в целях сбыта. Возбуждено и расследовано 174 уголовных дела по факту контрабанды стратегически важных товаров и ресурсов, изъято около 607 тыс. м<sup>3</sup> древесины и лесоматериалов. По фактам транспортировки древесины без оформленного в установленном порядке лесным законодательством сопроводительного документа составлено 4,9 тысяч протоколов об административных



правонарушениях, выявлено 801 административное правонарушение, связанное с незаконной рубкой, повреждением лесных насаждений или самовольным выкапыванием в лесах деревьев, кустарников, лиан, а также 20 фактов самовольного занятия лесных участков. Составлено 1,9 тыс. протоколов об административных правонарушениях за нарушение правил пожарной безопасности в лесах.

Кроме того, разрабатывались и были реализованы мероприятия, направленные на раскрытие и расследование преступлений, совершенных на лесозаготовительном, деревообрабатывающем и целлюлозно-бумажном производствах. Так, из 1,7 тыс. преступлений, выявленных сотрудниками органов внутренних дел, 1,1 тыс. – отнесены к категории тяжких и особо тяжких. Всего было выявлено 261 преступление коррупционной направленности. В период возникновения в 2022 году тридцати чрезвычайных ситуаций было задействовано свыше 33 тысяч сотрудников органов внутренних дел, которые принимали участие в ликвидации последствий бедствий, а также обеспечивали контроль исполнения распоряжений органов исполнительной власти субъектов Российской Федерации и органов местного самоуправления по ограничению и запрещению доступа людей и въезда автотранспорта в леса, осуществляли патрулирование наиболее пожароопасных участков.

В то же время, несмотря на увеличение с 381, 5 млн рублей в 2020 году до 468, 8 млн рублей в 2021 году, суммы фактически возмещенного ущерба от преступлений в сфере лесопользования, процент возмещения материального ущерба составил только 3,2%, учитывая, что сумма установленного по всем фактам нарушений ущерба превысила 14 млрд рублей. В сфере лесозаготовок, обработки древесины, на целлюлозно-бумажном производстве в 2023 году было выявлено 1913 преступлений, в том числе 1500 сотрудниками ОВД. Предварительно расследовано 1139 преступлений – лица, по которым установлены сотрудниками органов внутренних дел, из них 413 совершено в организованных формах.

Следует отметить, что в рамках мероприятий по совершенствованию нормативной правовой базы МВД России участвовало в подготовке Федерального закона от 4 февраля 2021 года № 3-ФЗ «О внесении изменений в лесной кодекс Российской Федерации и отдельные законодательные акты Российской Федерации в части совершенствования правового регулирования лесных отношений», предполагающего обеспечение полного отслеживания движения лесоматериалов.

Кроме того 19 октября 2023 года было подписано дополнительное соглашение № 2 к Соглашению о порядке взаимодействия Министерства внутренних дел Российской Федерации и Федерального агентства по управлению государственным имуществом по организации приема-передачи предметов, являющихся вещественными доказательствами, хранение которых до окончания уголовного дела или при уголовном деле затруднено от 10 июня 2013 года № 1/5390/01-12/217.

Таким образом, исследование показало, что

- во-первых, наличие значительных лесных ресурсов не является имманентной гарантией устойчивого развития лесного комплекса государства;

- во-вторых, устойчивое природопользование сопровождается перманентной трансформацией и учетом значительно числа факторов, среди которых внешняя политика, санкционное давление и национальная безопасность играют ведущую роль;

- в-третьих, формирование основы для развития устойчивого природопользования в России не представляется возможным без обеспечения экономической безопасности лесного комплекса России, которое осуществляется сотрудниками органов внутренних дел и представляет собой деятельность по созданию условий для стабильного функционирования и непрерывного развития лесного комплекса в механизме национальной экономики, что обусловлено необходимостью реализации национальных экономических, политических, экологических и социальных интересов государства.

### Список литературы

1. Васильева М.А. Методика расследования преступлений в сфере экологии : монография. – Москва : Изд-во «Юрлитинформ», 2021. – 184 с.

2. Булгакова М.А. Методология сбалансированного ведения лесного хозяйства в интересах сохранения биосферного равновесия : монография. – Москва : ИП Черняева Ю.И., 2019. – 168 с.

3. Theoretical and Practical Aspects of Economic Security of the Russian Forest Industry // International Journal of Economics and Business Administration Volume VII, Special Issue 1, 2019, pp. 426-438.

4. Bulgakova M. Protection of natural ecosystems using forest resources // IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science 981 (2022)032073. DOI:10.1088/1755-1315/981/3/032073

5. Булгакова М. А., Самолысов П. В. Прозрачность в сфере закупок как фактор устойчивого инвестиционного климата лесной отрасли // Проблемы экономики и юридической практики. – 2017. № 3. С. 28-31

6. Тамби А. А., Морковина С. С., Григорьев И. В., Григорьев В. И. Развитие циркулярной экономики в России: рынок биотоплива // Лесотехнический журнал. – 2019. – Т. 9. – № 4 (36). – С. 173–185.

7. Плотников В. А. Цифровизация как закономерный этап эволюции экономической системы // Экономическое возрождение России. – 2020. – № 2 (64). – С. 104–115.

8. Булгакова М. А. Формирование системы обеспечения экономической безопасности лесного комплекса России : дис. ...д-ра экон. наук / М. А. Булгакова ; СПбГЭУ. – Санкт-Петербург, 2021. – С. 80.

## References

1. Vasilyeva M. A. Methodology for investigating crimes in the field of ecology: monograph. - Moscow: Publishing House «Yurlitinform», 2021. - 184 p.
2. Bulgakova M. A. Methodology of balanced forestry in the interests of maintaining biosphere equilibrium: monograph. - Moscow: IE Chernyaeva Yu.I., 2019. - 168 p.
3. Theoretical and Practical Aspects of Economic Security of the Russian Forest Industry // International Journal of Economics and Business Administration Volume VII, Special Issue 1, 2019, pp. 426-438.
4. Bulgakova M. Protection of natural ecosystems using forest resources // IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science 981 (2022)032073. DOI:10.1088/1755-1315/981/3/032073
5. Bulgakova M. A., Samolysov P. V. Transparency in the field of procurement as a factor in the sustainable investment climate of the forestry industry//Problems of economics and legal practice. – 2017. № 3. P. 28-31.
6. Tambi A. A., Morkovina S. S., Grigoriev I. V., Grigoriev V. I. Development of a circular economy in Russia: biofuel market // Lesotekhnicheskii zhurnal [Forestry engineering journal]. 2019. Vol. 9. № 4 (36). P. 173-185.
7. Plotnikov V. A. Digitalization as a natural stage in the evolution of the economic system // Economic revival of Russia. 2020. № 2 (64). P. 104-115.
8. Bulgakova M.A. Formation of a system for ensuring the economic security of the forestry complex of Russia : dis.... Dr. Ekon. Sciences / SPbMPP. – St. Petersburg, 2021. – P. 80.

DOI: 10.58168/CIRCULAR2024\_59-65

УДК 674(075)+684.4

## ФУНКЦИОНАЛЬНАЯ И ЭКОЛОГИЧНАЯ МЕБЕЛЬ ИЗ КАРТОНА

### FUNCTIONAL AND ECOLOGICAL CARDBOARD FURNITURE

**Бурчакова Т.Л.**, студентка ФГБОУ ВО «Воронежский лесотехнический университет имени Г.Ф. Морозова», Воронеж, Россия.

**Пономаренко Л.В.**, кандидат технических наук, доцент ФГБОУ ВО «Воронежский лесотехнический университет имени Г.Ф. Морозова», Воронеж, Россия.

**Кантиева Е.В.**, кандидат технических наук, доцент ФГБОУ ВО «Воронежский лесотехнический университет имени Г.Ф. Морозова», Воронеж, Россия.

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

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

**Kantieva E.V.**, candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Voronezh State University of Forestry and Technologies named after G.F. Morozov, Voronezh, Russia.

**Аннотация:** на сегодняшний день актуален вопрос использования нетрадиционных материалов в производстве мебели, которые экологически чисты и легки в эксплуатации. Под данную категорию отлично подходит картон. При правильной эксплуатации он может не уступать ДВП. Мебель из картона могут сделать путем прессования листов картона перпендикулярно друг к другу и придания изделию желаемой формы. Или же использовать определенный вид картона — гофрокартон. Он более прочный и податливый к деформации, чем обычный. Стоит помнить, что такой материал менее устойчив к влаге и огню.

**Abstract:** today, the topical issue is the use of non-traditional materials in the production of furniture, which are environmentally friendly and easy to use. Cardboard fits perfectly into this category. When used correctly, it can be as good as fiberboard. Cardboard furniture can also be made by pressing sheets of cardboard perpendicular to each other and giving the product the desired shape. Or use a certain type of cardboard - corrugated cardboard. It is more durable and malleable to deformation than regular one. It is worth remembering that this material is less resistant to moisture and fire.

**Ключевые слова:** гофрокартон, экологичность, каркас, оригами, декоративные материалы, прочность, легкость, переработка.

**Keywords:** corrugated cardboard, environmental friendliness, frame, origami, decorative materials, strength, lightness, recycling.

На сегодняшний день актуален вопрос использования нетрадиционных материалов для изготовления мебели, которые не несут вред экологии и могут быть подвергнуты вторичной переработке. Под эти критерии вписывается картон. Картон - это экологически

чистый материал, который быстро разлагается и не наносит вреда окружающей среде. В современном мире, где здоровый образ жизни и постоянное стремление к улучшению состояния окружающей среды являются приоритетными, многократное использование этого материала позволяет не только не загрязнять атмосферу и окружающую среду, но и значительно экономить природные ресурсы. Так в производстве мебели из натуральной древесины объем готового изделия составляет всего 25-30% от объема сырья. Лесохимическое производство, в том числе целлюлозно-бумажное является практически безотходным. Картон - это легкодоступный и недорогой материал. На первый взгляд это хрупкий и ненадежный материал, но при правильной обработке, картон может не уступать ДВП по прочности и внешнему виду. Из него вполне можно изготовить мебель.

Картон изготавливается из растительного сырья - древесной массы, целлюлозы и макулатуры. Нужно указать, что наиболее подходящим картоном для изготовления мебели являются спрессованный или гофрированный материал. При сжатии (спрессовывании) нескольких листов картона, получаемый материал становится очень прочным.

Гофрокартон считается современным упаковочным материалом, изготовленным из целлюлозы и макулатурного сырья. Структура гофролиста может иметь два, три, пять и семь слоев. Сочетание плоских (лайнер) и волнистых (флутинг) слоев придает многослойному листу большую устойчивость к нагрузкам и увеличивает его жесткость. Схема такого листа представлена на рис. 1.

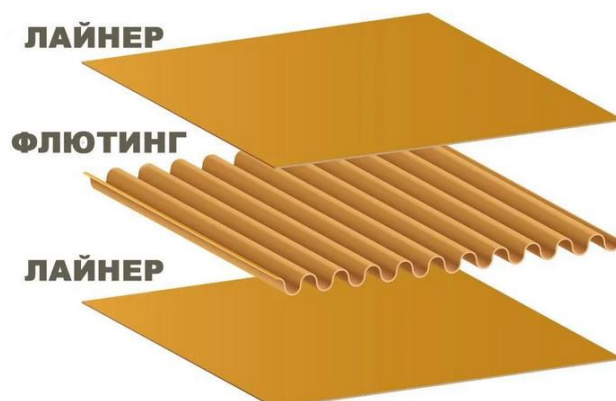


Рисунок 1 - Структура гофрокартона

Чаще всего используется трехслойный гофрокартон. Это, пожалуй, самый распространенный тип в мире. Он нашел применение во всех сферах жизни. Из него изготавливают потребительскую упаковку и стандартные коробки. Однако с самыми высокими механическими свойствами среди всех типов обладает семислойный гофрокартон. В основном он используется для крупногабаритной упаковки, обладающей значительными каркасно-несущими свойствами. Тара из семислойного гофрокартона выдерживают большие нагрузки, штабелируется и устойчива к разрушению. По прочностным характеристикам он приближается к дереву. Из него чаще всего изготавливают мебель [1-3].

Стоит отметить, что использование картона для изготовления мебели - идея не новая. Фрэнк Гери запустил свою серию Easy Edge в 1970-х годах, намереваясь создать дизайнерскую бюджетную мебель. Он использовал технику склеивания гофрированных листов между собой - один из самых простых способов изготовления мебели из этого материала. Достаточно продумать форму будущего предмета, вырезать необходимое количество контуров и склеить их между собой. Чтобы повысить прочность изделия, соседние слои листов следует располагать перпендикулярно друг другу. Для склеивания гофрокартона подойдет обычный клей ПВА или клей-спрей. Внешний вид такой мебели показан на рис. 2.

Каркасные объекты из гофрокартона представляют собой системы ребер жесткости. Для такой мебели используется пятислойный или семислойный гофрокартон, так как он более прочный. Мебель из гофрокартона можно дополнить другими материалами: деревянные торцы мебели придадут ей более привлекательный вид, а мягкие сиденья на диванах и креслах - уют. Внешний вид такой мебели представлен на рис. 3.

Каркасную мебель можно облагородить декоративными материалами. В этом случае боковины закрываются трехслойным листом гофрокартона, швы проклеиваются бумажной лентой, а сверху наклеивается несколько слоев крафт-бумаги, разорванной на полосы. Поверхность изделия может быть отполирована, загрунтована, окрашена, обтянута тканью, покрыта лаком или пленкой. Изображение такой мебели представлено на рис. 4.



Рисунок 2 – Стулья из спрессованного картона

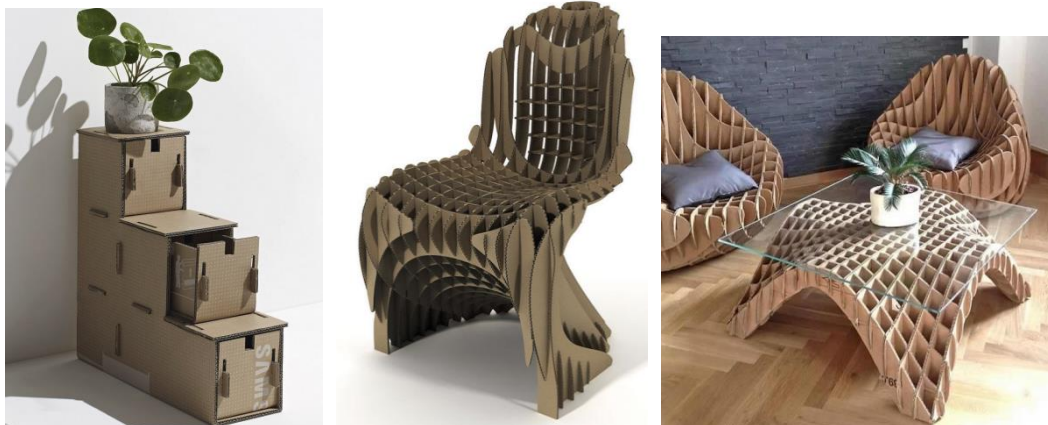


Рисунок 3 - Каркасная мебель из картона



Рисунок 4 - Облагороженная каркасная мебель из картона

Картон — податливый материал. Он легко может сгибаться, что позволяет его свернуть, словно оригами. Вырезается выкройка нужного размера, после чего картон сворачивают в различных вариациях и получается пригодная для эксплуатации мебель. Несмотря на простоту метода, изделие получается прочным и оригинальным. Для удобства сгибания гофрированного листа его необходимо надрезать с внешней стороны. Варианты такой мебели представлены на рис. 5.

Другой метод основан на скреплении изогнутого листа гофрокартона с плоскими элементами. В результате получаются предметы с закругленными углами, подходящие, например, для интерьера детской. Внешний вид представлен на рис. 6.



Рисунок 5 - Картонная мебель в стиле оригами

Последний способ, модульный, предполагает, что конструкция состоит из отдельных, соединенных между собой модулей. Такие конструкции часто проектируются в специальных программах. Классическим картонным конструктором такого типа можно считать полусферу, составленную из треугольных или шестиугольных сегментов. Объекты такого типа часто имеют сложную структуру, состоящую из элементов разной формы. Изображение такой мебели показано на рис. 7-8 [4-8].



Рисунок 6 - Картонная мебель с прямыми и закругленными углами





Рисунок 7 - Модульная картонная мебель



Рисунок 8 - Модульная картонная мебель

Следует также указать о минусах данной мебели. Во-первых, ее нельзя ставить в очень влажном помещении или на улице. Даже покрытие лаком не защитит ее от негативных воздействий. Во-вторых, опасно ставить эту мебель рядом с отопительными приборами или открытым огнем: этот вид материала легко воспламеняется.

Картон - недорогой и безопасный материал для создания удобной, элегантной мебели. Из него можно создавать оригинальные предметы интерьера, способные украсить любое помещение. Без сомнения, картон уступает по долговечности традиционным материалам. Однако если мебель из картона спроектирована правильно и равномерно распределяет нагрузку, то пользоваться ею так же удобно, как и привычной нам мебелью [9].

### Список литературы

1. URL: <https://russcarton.ru/about/news/gofrokarton/gofrokarton/>
2. URL: <https://www.antech.ru/wiki/stati/gofrokarton/>
3. URL: <https://ifbest.org/nastoyashchaya-mebel-iz-kartona-bivaet-i-takoe-naskolko-eto-prosto-estetichno-i-funktsionalno>
4. URL: <https://roomble.com/ideas/soveti-i-idei/vdohnovenie/mebel-iz-kartona-30-vdohnovlyayushih-primerov-i-6-idey/>
5. URL: <https://www.yankodesign.com/2021/08/26/cardboard-furniture-designs-that-prove-just-how-sustainable-versatile-and-easy-to-use-this-everyday-material-is/>
6. URL: <https://miganpack.ru/mebel-iz-gofrokartona-daj-fantazii-razyigratsya%21>
7. URL: <https://www.behance.net/search/projects/cardboard%20furniture>
8. URL: <https://www.pixartprinting.co.uk/blog/cardboard-furniture/>
9. URL: <https://mebel-sovet.ru/materialy/836-iz-kartona>

### References

1. URL: <https://russcarton.ru/about/news/gofrokarton/gofrokarton/>
2. URL: <https://www.antech.ru/wiki/stati/gofrokarton/>
3. URL: <https://ifbest.org/nastoyashchaya-mebel-iz-kartona-bivaet-i-takoe-naskolko-eto-prosto-estetichno-i-funktsionalno>
4. URL: <https://roomble.com/ideas/soveti-i-idei/vdohnovenie/mebel-iz-kartona-30-vdohnovlyayushih-primerov-i-6-idey/>
5. URL: <https://www.yankodesign.com/2021/08/26/cardboard-furniture-designs-that-prove-just-how-sustainable-versatile-and-easy-to-use-this-everyday-material-is/>
6. URL: <https://miganpack.ru/mebel-iz-gofrokartona-daj-fantazii-razyigratsya%21>
7. URL: <https://www.behance.net/search/projects/cardboard%20furniture>
8. URL: <https://www.pixartprinting.co.uk/blog/cardboard-furniture/>
9. URL: <https://mebel-sovet.ru/materialy/836-iz-kartona>

DOI: 10.58168/CIRCULAR2024\_66-72

УДК 658.567:691

**АСПЕКТЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ОТХОДОВ ДОБЫЧИ И ОБОГАЩЕНИЯ УГЛЯ  
КАК СТРОИТЕЛЬНОГО СЫРЬЯ**

**ASPECTS OF THE USE OF COAL MINING AND PROCESSING WASTE  
AS A CONSTRUCTION RAW MATERIAL**

**Верех-Белоусова Е.И.**, кандидат технических наук, доцент ФГБОУ ВО «Луганский государственный университет имени Владимира Даля», Луганск, Россия. **Verekh-Beliusova E.I.**, candidate of Engineering Sciences, associate professor, Lugansk State University named after Vladimir Dahl, Lugansk, Russia.

**Аннотация:** в статье представлены перспективы переработки отвальной породы угольных шахт как сырья для производства строительных материалов. Показано, что содержание общей серы по всем пробам не превышает 3,5 %, а содержание  $Al_2O_3$  достигает 22 %. Результаты пластичности различных дисперсных фракций породы доказывают наличие литифицированных глин. Измерение удельной эффективной активности отобранных образцов и коэффициента эманирования не превышают допустимых норм. Доказана целесообразность применения отходов добычи и обогащения угля, как сырья для производства строительных материалов.

**Abstract:** the article presents the prospects for processing coal mine waste rock as a raw material for the production of building materials. It is shown that the total sulfur content in all samples does not exceed 3.5 %, and the  $Al_2O_3$  content reaches 22 %. The results of plasticity of various dispersed rock fractions prove the presence of lithified clays. The measurement of the specific effective activity of the selected samples and the emission coefficient do not exceed acceptable standards. The expediency of using coal mining and processing waste as raw materials for the production of building materials has been proved.

**Ключевые слова:** шахты, экология, отвальная порода, отходы, переработка, строительные материалы.

**Keywords:** mines, ecology, dump rock, waste, recycling, building materials.

Располагающиеся на территории Луганской Народной Республики предприятия угольной промышленности являются одним из основных источников химического загрязнения окружающей среды, как в процессе добычи угля, так и в результате складирования отходов добычи и обогащения – породных отвалов и терриконов, которых насчитывается 556. Общая площадь таких крупнотоннажных отходов составляет 4,8 тыс. га и дополнительно включает 250 плановых накопителей, площадью 980 га [1]. Все это приводит не только к отчуждению больших территорий земель, но и к интенсивному загрязнению прилегающих к отвалам территорий различными химическими соединениями, включая

тяжелые металлы и соединения серы. Решением данной проблемы может выступить использование отвальной породы в качестве строительного сырья с целью дальнейшего применения в строительных отраслях промышленности.

Известно, что промышленность строительных материалов и изделий характеризуется высокой материалоемкостью и может обеспечить утилизацию таких крупнотоннажных техногенных отходов, как породные отвалы угледобычи. Отечественная и мировая стройиндустрия все в большей степени ориентируется на производство строительных материалов из техногенных отходов, так как сложившиеся современные экологические условия и требования к эффективности экономики устанавливают правила наиболее комплексного потребления сырья и ресурсов, тем самым повышая эффективность их использования и снижая негативное воздействие на окружающую среду.

На данный момент переработка отвальной породы не превышает 20 % от общего годового выхода, а применение в качестве сырья для производства строительных материалов не получило широкого распространения на практике [2]. При этом, зная, что более 55% затрат приходится на материальные ресурсы, заложенные в смету стоимости изготовления значительного количества строительных материалов, можно утверждать, что для повышения эффективности их производства целесообразно применение отходов промышленности, как сырья для производства. Тем более внедрение таких малоотходных технологий будет способствовать улучшению состояния окружающей природной среды и уменьшению объемов накопленных отходов [3, 4].

Отходы угледобычи состоят из различных горных пород: алюмосиликатов, глинистых сланцев, полевых шпатов, пирита, марказита и др. В составе отвальной породы широко распространены следующие химические соединения:  $\text{SiO}_2$ ,  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ,  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ,  $\text{CaO}$ ,  $\text{MgO}$ ,  $\text{TiO}_2$ ,  $\text{Na}_2\text{O}$ ,  $\text{K}_2\text{O}$ ,  $\text{P}_2\text{O}_5$ , а общее содержание серы не превышает 4 % [1, 5]. Кроме того, в результате биохимических процессов, часть терриконов и отвалов подвергается процессам горения и под влиянием высоких температур внутри отвала (до  $1000^\circ\text{C}$ ) содержат уже горелые породы, обогащенные каолином и другими новыми техногенными минералами, которые могут активно использоваться в строительстве.

Все это делает возможным рассматривать породные отвалы угольных шахт как техногенное сырье для производства строительных материалов.

Целью работы является изучение аспектов и анализ перспектив переработки отвальной породы угольных шахт как сырья для производства строительных материалов.

Исследования проводились на примере породных отвалов восьми шахт, расположенных на территории Луганской Народной Республики. В частности, отбирались пробы отвальной породы отходов шахт в г. Стаханов («Максимовская», «шахта им. Ильича»), г. Зимогорье («Черкасская»), г. Луганск («Луганская»), г. Лутугино («Мащенская»), г. Лисичанск («Матросская»), г. Свердловск («Шахта им. М. Свердлова») и г. Антрацит («Шахта им. Вахрушева»).

Отбор проб отвальной породы осуществлялся согласно утвержденной в Российской Федерации методике апробирования пород отвалов [2, 6]. Согласно методике, для анализа

отбирался внешний поверхностный слой породы – первичная проба, составляемая из порционных проб. Для этого поверхность террикона разбивалась на зоны начиная от вершины и далее к его основанию. Для конических отвалов (терриконов) расстояние между зонами составило 4 м, а для плоских – 1 м. Зона нижнего крупноглыбового (более 1000 мм) и крупновалунного (500-1000 мм) материала опробованию не подлежала, так как современные технические средства пока не позволяют произвести качественный отбор проб.

Углеотходы значительного количества предприятий региона по своему химическому составу минеральных компонентов соответствуют требованиям к химическому составу традиционного глинистого сырья для пористых заполнителей. При этом содержание общей серы в отвальной породе на уровне  $S_t^d > 3\%$  и присутствие органического углерода  $C_o > 20\%$  являются существенными ограничивающими параметрами для дальнейшего использования отвальной породы, как сырья для производства [2]. Однако следует отметить, что содержание серы и углерода будут зависеть и от стадии метаморфизма породы. Поэтому исследование отобранных образцов отвальной породы на содержание серы ( $S_t^d$ ) проводилось с учетом метаморфизации породы (по стадиям метаморфизма).

Таблица 1 - Содержание общей серы ( $S_t^d$ ) в образцах отвальной породы по стадиям метаморфизма

Стадия метаморфизма отвальной породы	Содержание $S_t^d$ , %
Слабая	3,6
Средняя	1,48
Сильная	0,57

Результаты, представленные в таблице 1 показывают, что среднее содержание серы по всем пробам не превышает 4 %. Это в свою очередь не является ограничительным показателем для ее переработки как строительного сырья.

Старые и полностью перегоревшие отвалы и терриконы содержат горелые породы высокого качества (имеют низкое содержание оксидов железа и высокое – оксидов алюминия, высокую микропористость и адсорбционную активность) и могут использоваться как наполнители для мастик, заполнители в бетонах, для производства легких жаростойких бетонов, так как после автоклавной переработки приобретают прочность до 30 МПа [2].

Известно также, что отвальная порода угледобычи может быть утилизирована при производстве кремнеалюминиевых сплавов, звуко- и теплоизоляционных материалов, материалов и конструкций, имеющих высокую износостойкость [2].

Помимо этого, перегоревшие отвальные породы, имеющие в своем составе  $>14\%$   $Al_2O_3$ , имеют высокую жаропрочность и применимы при создании жаростойких бетонов. Поэтому интерес представляло провести исследование на определение валового содержания  $Al_2O_3$  в образцах перегоревшей и неперегоревшей породы (табл. 2).

Таблица 2 - Валовое содержание  $Al_2O_3$  в исследованных образцах отвальной породы

Шахта	Отвальная порода	Содержание $Al_2O_3$ , %
г. Луганск	Неперегоревшая	13,79
г. Лисичанск	Перегоревшая	18,30
г. Антрацит		19,80
г. Свердловск		20,87

По результатам установлено, что перегоревшие отвальные породы угольных шахт Луганской Народной Республики могут активно применяться вместе со связующими на их основе для изготовления жаропрочных бетонов.

Проведенные исследования показывают, что горелые породы после измельчения могут добавляться в качестве наполнителей в растворы и бетоны. В угледобывающих районах Луганской Народной Республики также целесообразно применять в подземных выработках крепежные блоки из бетонов разного веса и размера, выполненных на основе горелой измельченной породы. Таким образом, угледобывающее предприятие может частично утилизировать свои отходы угледобычи для собственных строительных нужд.

Если рассматривать минеральный состав не горелых пород (свежеотсыпанную породу), то она представлена широким составом: песчаниками и песком, глинами, сланцами, аргиллитами, алевролитами, которые применяются как сырье для производства строительных материалов. Например, алевролиты такой породы довольно устойчивы при намокании в воде. Подробный анализ источников доказывает активное использование отходов добычи угля в промышленных масштабах для производства пористых заполнителей для бетономастик, а также для производства кирпича, так как в отвальную породу входят алюмосиликаты и до 22 %  $Al_2O_3$ . Данные способы и процессы довольно хорошо проработаны в промышленных масштабах и могут использоваться повсеместно [1, 2, 4].

Что касается сланцев и глин, входящих в состав породы, то они формируют определенную пластичность последней, что увеличивает возможность производства строительных материалов. После дополнительного измельчения углеотходов, сланцевые и глинистые компоненты проявляют свойства глинистых веществ. Результаты исследования пластичности грубо измельченной неперегоревшей и перегоревшей отвальной породы представлены в табл. 3.

Таблица 3 - Данные по пластичности исследованной отвальной породы

Отвальная порода	Группа сырья по дисперсности фракций	Группа пластичности	Пластичность		
			предел раскатывания, %	число пластичности, %	нижний предел текучести, %
Перегоревшая	Грубо-дисперсная	Умеренно пластичная	19,80	10,34	30,14
Неперегоревшая			20,03	11,22	31,25

По полученным результатам пластичности различных дисперсных фракций породы (включая перегоревшую и неперегоревшую) видно, что в ней обнаруживаются литифицированные глины. В случае их тонкого измельчения ( $< 1$  мм) они вполне применимы при производстве керамических материалов.

Также является экономически оправданным применение отвальной пустой породы шахт и в дорожном строительстве при отсыпке автодорог, устройства тротуаров, насыпных грунтов и т.п.

Учитывая нормы радиационной безопасности при производстве строительных материалов [7], в частности из отходов добычи угля, проведено измерение удельной эффективной активности ( $A_{эфф}$ ) отобранных образцов (табл. 4.) и коэффициента эманирования ( $k_{эм}$ ) отвальной породы (рис. 1) на примере угольного аргиллита шахты «Черкасская».

Таблица 4 – Результаты гамма-спектрометрического исследования образцов отвальной породы

Расположение шахты	Место отбора образца	А <sub>Сs-137</sub> , Бк/кг	А <sub>Th-232</sub> , Бк/кг	А <sub>Ra-226</sub> , Бк/кг	А <sub>K-40</sub> , Бк/кг	А <sub>эфф</sub> , Бк/кг
г. Стаханов	шахта «Максимовская» - перегоревшая отвальная порода	0,9	29,2	29,7	306,7	<b>95,3</b>
	шахта «им. Ильича» - отвальная порода	1,5	43,9	44,8	395,1	<b>137,4</b>
г. Зимогорье	шахта «Черкасская» - аргиллит из отвала	0,5	68,3	56,1	813	<b>218,1</b>
	шахта «Черкасская» - перегоревшая отвальная порода	0,7	46,7	44,4	528,8	<b>152,7</b>
г. Луганск	шахта «Луганская» - отвальная порода	3,0	22,7	51,2	41,6	<b>84,5</b>
г. Лутугино	шахта «Мащенская» - отвальная порода	9,3	3,3	13,5	0,9	<b>14,8</b>

Показатели удельной эффективной активности породы не превышают допустимых норм, а результаты расчета  $k_{эм}$  свидетельствуют об умеренной эманирующей способности пород угольных шахт Луганской Народной Республики, что также делает оправданным и перспективным повсеместное использование отходов добычи и обогащения угля в строительной индустрии.

Также отходы добычи и обогащения угля могут быть успешно использованы в дорожном строительстве и при отсыпке различных земляных сооружений, в том числе, дамб. Известно, что строительство дорог – это затратное мероприятие, требующее значительных капиталовложений и объемов сырья. Однако в мире имеется успешная практика применения

отходов угледобычи в дорожном строительстве или при отсыпке железнодорожного полотна [2]. Учеными доказано, что имеет смысл применять горелые породы искусственного обжига (до 1000 °С) при сооружении морозостойкого и несущего слоя дорог (нижних оснований автострад) [2]. В складированной отвальной породе, в результате действия атмосферного воздуха и влаги проходят естественные процессы ее окисления и самонагрева, с последующим горением, в результате чего происходит естественный обжиг. Такие отвалы угольных шахт называют перегоревшими. Данные природные процессы позволяют применять перегоревшие отходы добычи угля без дорогостоящего искусственного обжига, что является еще одной весомой экономической составляющей применения отходов добычи угля в дорожном строительстве.

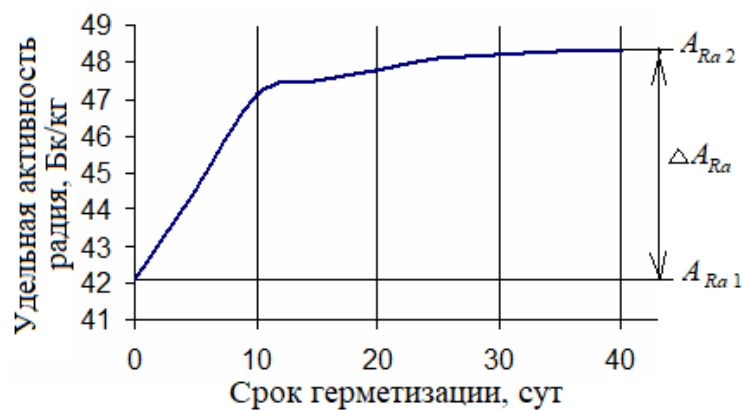


Рисунок 1 – Определение  $k_{эм}$  породы шахты «Черкасская» (г. Зимогорье):

$A_{Ra 2}$  – удельная активность радия, измеренная для загерметизированной пробы после установления радиоактивного равновесия в измерительной емкости, Бк/кг;  $A_{Ra 1}$  – удельная активность радия, измеренная в аэрированной пробе, Бк/кг

**Вывод.** Проведенные исследования и детальный анализ различных показателей и свойств отходов угледобычи Луганской Народной Республики, включая удельную эффективную активность, делают возможным успешное применение отвальной породы в качестве сырья в строительной отрасли при производстве материалов для промышленного, гражданского и дорожного строительства.

### Список литературы

1. Получение металлов из терриконов угольных шахт Донбасса: монография. / Л. Г. Зубова, А.Р. Зубов, Е.И. Верех-Белоусова, Н.В. Олейник – Луганск: «Изд-во ВНУ им. В. Даля», 2012. – 144 с.
2. Шпирт, М.Я. Использование твердых отходов добычи и переработки углей / М.Я. Шпирт, В.Б. Артемьев, С.А. Силютин. – М: Изд-во «Горное дело», ООО «Кимирийский центр», 2013. – 432 с.



3. Бабак, Н. А. Геоэкологический резерв промышленных минеральных отходов / Н.А. Бабак, Л.Л. Масленикова // Безопасность жизнедеятельности. – 2018. – №10 (214). – С. 57 – 64.

4. Сургай, М.С. Угольная промышленность и окружающая природная среда – основные аспекты взаимоотношений / М.С. Сургай, В.А. Кулиш, Ю.С. Кузин // Уголь Украины. – 2008. – № 10. – С. 35-41.

5. Зборщик, М.П. Предотвращение экологически вредных проявлений в породах угольных месторождений / М.П. Зборщик, В.В. Осокин. – Донецк: «ДонГТУ», 1996. – 178 с.

6. Методика апробирования текущих отходов обогащения углей и породных отвалов шахт и углеобогатительных фабрик. – Пермь: ВНИИОСуголь, 1982. – 45 с.

7. Основные санитарные правила обеспечения радиационной безопасности (ОСПОРБ-99/2010): (Ионизирующее излучение, радиационная безопасность СП 2.6.1. 2612-10): зарегистрирован 11 августа 2010 г. Регистрационный № 18115 – М.: Минюст России, 2010. – 98 с.

### References

1. Poluchenie metallov iz terrikonov ugol'nyh shaht Donbassa: monografiya / L. G. Zubova, A. R. Zubov, E. I. Verekh-Belousova, N. V. Olejnik – Lugansk: «Izd-vo VNU im. V. Dalya», 2012. – 144 p. (In Russian)
2. Shpirt, M. YA. Ispol'zovanie tverdyh othodov dobychi i pererabotki uglej / M. YA. SHpirt, V. B. Artem'ev, S. A. Silyutin. – M: Izd-vo «Gornoe delo», ООО «Kimirijskij centr», 2013. – 432 p. (In Russian)
3. Babak, N. A. Geoekologicheskij rezerv promyshlennyh mineral'nyh othodov / N. A. Babak, L. L. Maslenikova // Bezopasnost' zhiznedeyatel'nosti. – 2018. – N10 (214). – P. 57–64. (In Russian)
4. Surgaj, M. S. Ugol'naya promyshlennost' i okruzhayushchaya prirodnaya sreda – osnovnye aspekty vzaimootnoshenij / M. S. Surgaj, V. A. Kulish, YU. S. Kuzin // Ugol' Ukrainy. – 2008. – N 10. – P. 35-41.
5. Zborshhik M. P. Predotvrashhenie jekologicheskij vrednyh projavlenij v porodah ugol'nyh mestorozhdenij / M. P. Zborshhik, V. V. Osokin. – Doneck: DonGTU, 1996. – 178 p. (In Russian)
6. Metodika aprobirovaniya tekushchih othodov obogashcheniya uglej i porodnyh otvalov shaht i ugleobogatitel'nyh fabrik. – Perm': VNIIOСugol', 1982. – 45 p. (In Russian)
7. Osnovnye sanitarnye pravila obespecheniya radiacionnoj bezopasnosti (OSPORB-99/2010): (Ioniziruyushchee izluchenie, radiacionnaya bezopasnost' SP 2.6.1. 2612-10): zaregistrirovan 11 avgusta 2010 Registracionnyj N 18115 – M.: Minyust Rossii, 2010. – 98 p.

DOI: 10.58168/CIRCULAR2024\_73-78

УДК 623

## ОСНОВНЫЕ КЛАССИФИКАЦИИ БЕСПИЛОТНЫХ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ (БПЛА)

### MAIN CLASSIFICATIONS OF UNMANNED AERIAL VEHICLES (UAVS)

**Врагов С.А.**, преподаватель СПО ФГБОУ ВО «Воронежский государственный лесотехнический университет имени Г.Ф. Морозова», Воронеж, Россия. **Vragov S.A.**, teacher of secondary vocational education, Voronezh State University of Forestry and Technologies named after G.F. Morozov, Voronezh, Russia.

**Аннотация:** В статье рассмотрены методы и способы классификации основных видов БПЛА. Так же затронута тема применения беспилотников.

**Abstract:** The article discusses methods and methods for classifying the main types of UAVs. The topic of using drones is also touched upon.

**Ключевые слова:** Беспилотные летательные аппараты, самолетный БПЛА, мультироторный БПЛА, способы управления беспилотными летательными аппаратами.

**Keywords:** Unmanned aerial vehicles, aircraft UAV, multi-rotor UAV, methods of controlling unmanned aerial vehicles.

Разнообразие разработанных дронов достаточно велико: от миниатюрных (микро и миниаппаратов) летательных аппаратов до огромных многотонных механизмов, а также дроны, способные выполнять дальние полеты продолжительностью до нескольких месяцев.

Беспилотный летательный аппарат (БПЛА) представляет собой летающий аппарат, который может использоваться повторно или условно повторно, не имея человека-пилота на борту и способный перемещаться целенаправленно в воздухе для выполнения различных функций в автономном режиме с помощью своей программы управления или посредством дистанционного управления от человека-оператора.

Существует множество классификаций БПЛА, среди которых выделяются три основные: классификация по способу запуска и управления, по назначению и по конструкции. Далее рассмотрим каждую из этих классификаций более подробно.

#### 1. Способы запуска и управления БПЛА

Взлет является критическим моментом в полете любого летательного аппарата, и в настоящее время существует разнообразие методов запуска и взлета беспилотных летательных аппаратов. Один из таких методов - запуск БПЛА с руки, который применяется для аппаратов с весом до 5 кг. Данная конструкция обладает таким немаловажным преимуществом как отсутствие сложных механизмов, что значительно повышает надежность аппарата и намного упрощает запуск. Однако, имеет и определенные минусы, такие как, низкий уровень безопасности, ведь двигатель работает на самых высоких оборотах при старте,

что вызывает достаточно большие сложности в контроле над устройством и может представлять определенную опасность для здоровья запускающего.



Рисунок 1 - Запуск БПЛА с рук

### 2. Запуск с использованием взлетно-посадочных полос.

Данный метод применяется для особо крупных летательных аппаратов. В качестве примеров данных типов аппаратов, которым для запуска необходим такой способ, можно привести: российский БПЛА «Орион» (размах крыла - 16 м; длина - 8 м.) (рис. 2), китайский «СН-4» (длина - 8,5 м.; размах крыльев - 18 м.), Американский «MQ-1 Predator» (размах крыла составляет 14,84 метра; длина беспилотника 8,23 метра).



Рисунок 2 - БПЛА «Орион»

### 3. Запуск при использовании катапульт (рис. 3).

Для достижения максимальной эффективности при взлете небольших и средних беспилотных летательных аппаратов используются катапультные системы запуска.. Запуск с помощью катапульты является наиболее распространенным методом для взлета БПЛА, особенно в таких местностях, где нет возможности построить взлетную полосу. Определение вида катапульты применяемой для запуска БПЛА зависит от самого главного фактора, это масса беспилотного аппарата.

Применяется три вида катапульт для запуска БПЛА – пневматические, механические и эластичные.



Рисунок 3 – БПЛА, подготовленный к запуску с помощью катапульты

Для взлета БПЛА массой от 15-50 килограмм, применяют пневматические или механические катапульты.

Пневматические катапульты отличаются относительно незначительными габаритами. Подобные устройства разгоняют летательный аппарат применяя силу сжатого воздуха.

Механические катапульты основаны как правило на использовании кинетической энергии.

В устройстве эластичной силовой катапульты применяется повышенной прочности эластичный трос в качестве источника энергии. Данный вид катапульти применяется для взлета беспилотного летательного аппарата с неподвижным крылом весом 15 ~ 25 кг.

## **2. Способы управления БПЛА**

В технологии БПЛА используется несколько методов управления, включая ручное управление, автономное управление и полуавтономное управление. Ручное управление предполагает прямое манипулирование БПЛА с помощью контроллера, а автономное управление позволяет дрону самостоятельно перемещаться без вмешательства человека. Полуавтономное управление сочетает в себе элементы как ручного, так и автономного управления, обеспечивая оператору большую гибкость и контроль. Каждый метод управления имеет свои преимущества и ограничения в зависимости от конкретного применения и требований миссии БПЛА. Поскольку технология БПЛА продолжает развиваться, разрабатываются инновационные методы управления для повышения эффективности и результативности этих беспилотных авиационных систем.

## **3. Классификация БПЛА по назначению**

Беспилотные летательные аппараты (БПЛА), также известные как дроны, по своему назначению можно разделить на различные категории. К ним относятся наблюдение и разведка, аэрофотосъемка и кинематография, научные исследования, сельскохозяйственное применение, военные операции, поиск и спасение, борьба со стихийными бедствиями, услуги доставки и даже рекреационное использование. Каждая классификация ориентирована на конкретные задачи и функциональные возможности, что делает БПЛА универсальными инструментами в различных отраслях и секторах.

Наиболее логичной является классификация, в которой беспилотники подразделяются вначале по укрупненным сферам использования, а именно – для научных целей и для прикладных целей; последние же подразделяются на БПЛА для военного и гражданского применения.

Беспилотные летательные аппараты (БПЛА), или дроны, играют важную роль в научных исследованиях. Они обеспечивают воздушный доступ для сбора данных, мониторинга окружающей среды, геологических исследований и исследований дикой природы. Дроны дают возможность исследователям собирать ценную информацию экономически эффективным и безопасным способом, давая толчок развитию новых идей в различных научных областях.

*Прикладная область* применения БПЛА это два направления - военное и гражданское. *Военные БПЛА* применяются для выполнения определенных задач:

- проведение разведки;
- передача видео и фотосъемки местности;
- используются для нанесения урона живой и материальной силе противника;
- для передачи авиации координат наземных целей;
- корректировка огня ракетных войск;
- отвод внимания противника через создание ложных целей;
- ретрансляция связи.

*Гражданские применения БПЛА* или дронов разнообразны и эффективны. Они включают аэрофотосъемку и кинематографию для кинопроизводства и мероприятий, сельскохозяйственный мониторинг и точное земледелие, поисково-спасательные операции, борьбу со стихийными бедствиями и услуги доставки. Кроме того, БПЛА способствуют проверке инфраструктуры, управлению дорожным движением и усилиям по сохранению окружающей среды. Такое гражданское использование демонстрирует потенциал дронов в повышении эффективности, безопасности и общего качества жизни.

#### **4. Классификация БПЛА по конструкции**

Существует несколько способов классификации БПЛА по конструкции, в том числе:

1. БПЛА с неподвижным крылом. Эти БПЛА имеют крылья, которые зафиксированы на месте и обеспечивают подъемную силу для длительного полета. Обычно они имеют более длительное время полета и более высокие скорости по сравнению с другими конструкциями БПЛА.

2. Винтокрылые БПЛА. Эти БПЛА имеют несущие винты, обеспечивающие подъемную силу и движение. Они могут зависать на месте и маневрировать в ограниченном пространстве, что делает их идеальными для таких задач, как наблюдение и картографирование.

В зависимости от расположения винтов различаются

а) Трикоптер (рис.6): мультикоптер с тремя лопастями несущего винта, расположенными в треугольной конфигурации. Трикоптеры известны своей простотой и маневренностью, но могут быть менее устойчивыми, чем квадрокоптеры.

б) Квадрокоптер (рис.6): мультикоптер с четырьмя лопастями ротора, расположенными в квадратной или X-образной форме. Квадрокоптеры являются наиболее распространенным типом мультикоптеров и известны своей стабильностью, маневренностью и простотой.

в) Гексакоптер: мультикоптер с шестью лопастями винта, расположенными в шести-

угольной конфигурации. Гексакоптеры способны нести более тяжелую полезную нагрузку и обеспечивают резервирование в случае отказа несущего винта.

г) Октокоптер: мультикоптер с восемью лопастями ротора, расположенными в восьмиугольной конфигурации. Октокоптеры имеют еще большую грузоподъемность и резервирование по сравнению с гексакоптерами, но они более сложны и дороги.

д) Конфигурация X8: мультикоптер с восемью лопастями несущего винта, расположенными в X-образной форме. Конфигурация X8 обеспечивает повышенную устойчивость и грузоподъемность по сравнению с другими конфигурациями.

е) Конфигурация Y6 (рис.6): мультикоптер с шестью лопастями несущего винта, расположенными в Y-образной форме. Конфигурация Y6 сочетает в себе избыточность гексакоптера со стабильностью и маневренностью трикоптера.

Каждый тип конструкции мультикоптера имеет свои преимущества и ограничения, поэтому при выборе необходимого аппарата важно учитывать для каких целей он будет применяться.

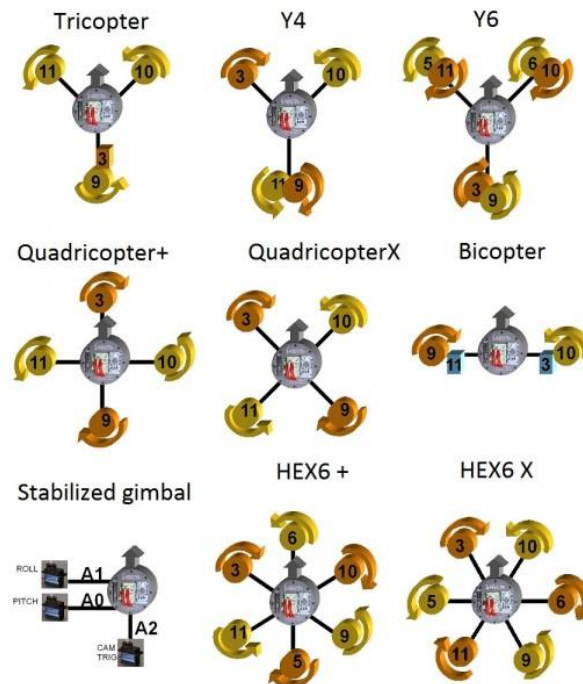


Рисунок 6 - Схема вращения винтов разных типов коптеров

3. Гибридные БПЛА. Эти БПЛА сочетают в себе черты конструкции как с неподвижным, так и с винтокрылым крылом, обеспечивая вертикальный взлет и посадку, а также полет на большие расстояния и на высокой скорости.

4. БПЛА-дирижабли. Эти БПЛА легче воздуха, и им нужна плавучесть, чтобы оставаться в воздухе. Они обычно используются для длительных миссий и могут нести тяжелую полезную нагрузку.

Существует кроме рассмотренных в статье еще множество различных классификаций БПЛА. Но все эти классификации обеспечивают основу для понимания разнообразия доступных БПЛА и их конкретного использования в различных отраслях и приложениях.

### Список литературы

1. Махонин А.А., Аль-Духэйдахави М.А.Л., Аль-Карави Р.Д.С. Анализ энергопотребления беспилотного летательного аппарата малых размеров // Математическое моделирование, компьютерный и натурный эксперимент в естественных науках. 2021. №3.
2. Аэродинамика и самолетостроение: учеб. пособие / [В.В. Бирюк и др.]. – Самара: Изд-во Самарского университета, 2018. – 180 с.: ил.
3. Булат П.В., Дудников С.Ю., Кузнецов П.Н. Основы аэродинамики беспилотных воздушных судов: Учебное пособие. – М.: Издательство «Спутник +», 2021. – 273 с.
4. Корнеев В.М. Конструкция и основы эксплуатации летательных аппаратов: конспект лекций / В. М. Корнеев. – Ульяновск: УВАУ ГА(и), 2009. – 130 с.

### References

1. Makhonin A.A., Al-Duheydahavi M.A.L., Al-Qarawi R.D.S. Analysis of energy consumption of a small unmanned aerial vehicle // Mathematical modeling, computer and natural experiment in natural sciences. 2021. No. 3.
2. Aerodynamics and aircraft engineering: textbook. allowance / [V.V. Biryuk and others]. – Samara: Samara University Publishing House, 2018. – 180 pp.: ill.
3. Bulat P.V., Dudnikov S.Yu., Kuznetsov P.N. Fundamentals of aerodynamics of unmanned aircraft: Textbook. – M.: Publishing House «Sputnik +», 2021. – 273 p.
4. Korneev V.M. Design and fundamentals of operation of aircraft: lecture notes / V. M. Korneev. – Ulyanovsk: UVAU GA(i), 2009. – 130 p.

DOI: 10.58168/CIRCULAR2024\_79-84

УДК 332.146.2

**РАЗВИТИЕ ЦИРКУЛЯРНОЙ ЭКОНОМИКИ НА ОСНОВЕ МОДЕЛИ  
ПРОМЫШЛЕННОГО СИМБИОЗА**  
CIRCULAR ECONOMY DEVELOPMENT BASED ON THE INDUSTRIAL SYMBIOSIS  
MODEL

**Головина Т.А.**, доктор экономических наук, профессор, заведующий кафедрой менеджмента и управления персоналом Среднерусского института управления – филиала РАНХиГС, Орёл, Россия.

**Авдеева И.Л.**, кандидат экономических наук, доцент, доцент кафедры менеджмента и управления персоналом Среднерусского института управления – филиала РАНХиГС, Орёл, Россия.

**Golovina T.A.**, doctor of Economic Sciences, Professor, Head of the Department of Management and Personnel Management, Central Russian Institute of Management, Branch of RANEPА, Orel, Russia.

**Avdeeva I.L.**, candidate of Economic Sciences, Associate Professor, Associate Professor in the Department of Management and Human Resources, Central Russian Institute of Management, Branch of RANEPА, Orel, Russia.

**Аннотация:** в условиях новой парадигмы развития становится весьма актуальным развитие циркулярных и симбиотических моделей взаимодействия современных бизнес-структур в целях обеспечения устойчивого развития экономических систем различного уровня. Определено, что главной концепцией циркулярной экономики является модель промышленного симбиоза, объединяющего различные организации в сети для развития эко-инноваций. В статье выявлены особенности современного устойчивого развития, выявлены аспекты развития циркулярной экономики, разновидности промышленного симбиоза и его примеры в Европе, Америке и Азии.

**Abstract:** in the conditions of the new development paradigm, the development of circular and symbiotic models of interaction of modern business structures in order to ensure sustainable development of economic systems at different levels becomes very relevant. It is determined that the main concept of circular economy is the model of industrial symbiosis, which unites various organizations in networks for the development of eco-innovations. The article reveals the features of modern sustainable development, identifies aspects of circular economy development, varieties of industrial symbiosis and its examples in Europe, America and Asia.

**Ключевые слова:** «зеленая» экономика, циркулярная экономика, устойчивое развитие, промышленных симбиоз.

**Keywords:** «green» economy, circular economy, sustainable development, industrial symbiosis.



**Благодарности:** исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда № 23-28-00659, <https://rscf.ru/project/23-28-00659/>».

**Acknowledgements:** the reported study was funded by Russian Science Foundation (RSF) № 23-28-00659, <https://rscf.ru/en/project/23-28-00659/>.

В настоящее время мировая экономика стремительно развивается, ускоряется процесс глобализации, постоянно обостряются экологические проблемы. Поскольку глобальная природная среда загрязнена, а люди уделяют все больше внимания вопросам социального управления, стратегии устойчивого развития и социальная ответственность постепенно становятся международным консенсусом, в результате чего концепции устойчивого развития постепенно начинают привлекать широкое внимание и применяться в различных странах.

В последние годы изменение климата и загрязнение окружающей среды стали наиболее серьезными долгосрочными угрозами, с которыми сталкивается все человечество, что заставило правительства, компании и инвесторов уделять больше внимания вопросу устойчивого развития. В то время как устойчивое развитие, глобальное изменение климата и сохранение биоразнообразия стали горячими темами глобальной озабоченности, инвестиции в устойчивое развитие также быстро развиваются [1].

Одной из самых актуальных тем для человечества сегодня является рациональное использование природных ресурсов. Со второй половины прошлого века человечество задумывается о заботе о мире, обществе и развитии человека и старается предотвратить как можно больший ущерб экосистемам планеты. По мере того как глобальное изменение климата и загрязнение окружающей среды становятся все более серьезными, людей все больше волнуют вопросы социального управления

Российская Федерация в настоящее время стоит перед проблемой, характерной для многих стран, связанной с экономическим ростом, наличием значительного объема природных ресурсов, а также необходимостью выбора оптимального пути развития. Отметим, что Российская Федерация заинтересована в принятии инновационной политики, повышении энергоэффективности и преобразовании экономики согласно современным требованиям для достижения устойчивого развития.

В свете обострения глобальных проблем и появления нового типа экономики в мире, возникает всё большая необходимость в принятии «зеленого» экономического подхода, который способствует улучшению благосостояния людей и существенно снижает риски нанесения ущерба окружающей среде. В этом контексте активно обсуждаются меры, направленные на преодоление этих вызовов и переход к более устойчивой модели развития.

На национальном уровне правительства предпринимают активные шаги по трансформации своих экономических моделей от традиционной к «зеленой» экономике. Большинство развитых стран пытаются осуществить этот переход, при этом главной задачей является не только развитие инновационной экономики, но и улучшение использования ресурсов, решение социально-экономических и экологических проблем и достижение устойчивого экономического развития. Например, многие страны, такие как США, Китай и

Европейский Союз, заявили о своей приверженности целям устойчивого развития и выбрали путь «углеродной нейтральности»

Главные задачи «зеленой» экономики представим на рис. 1.

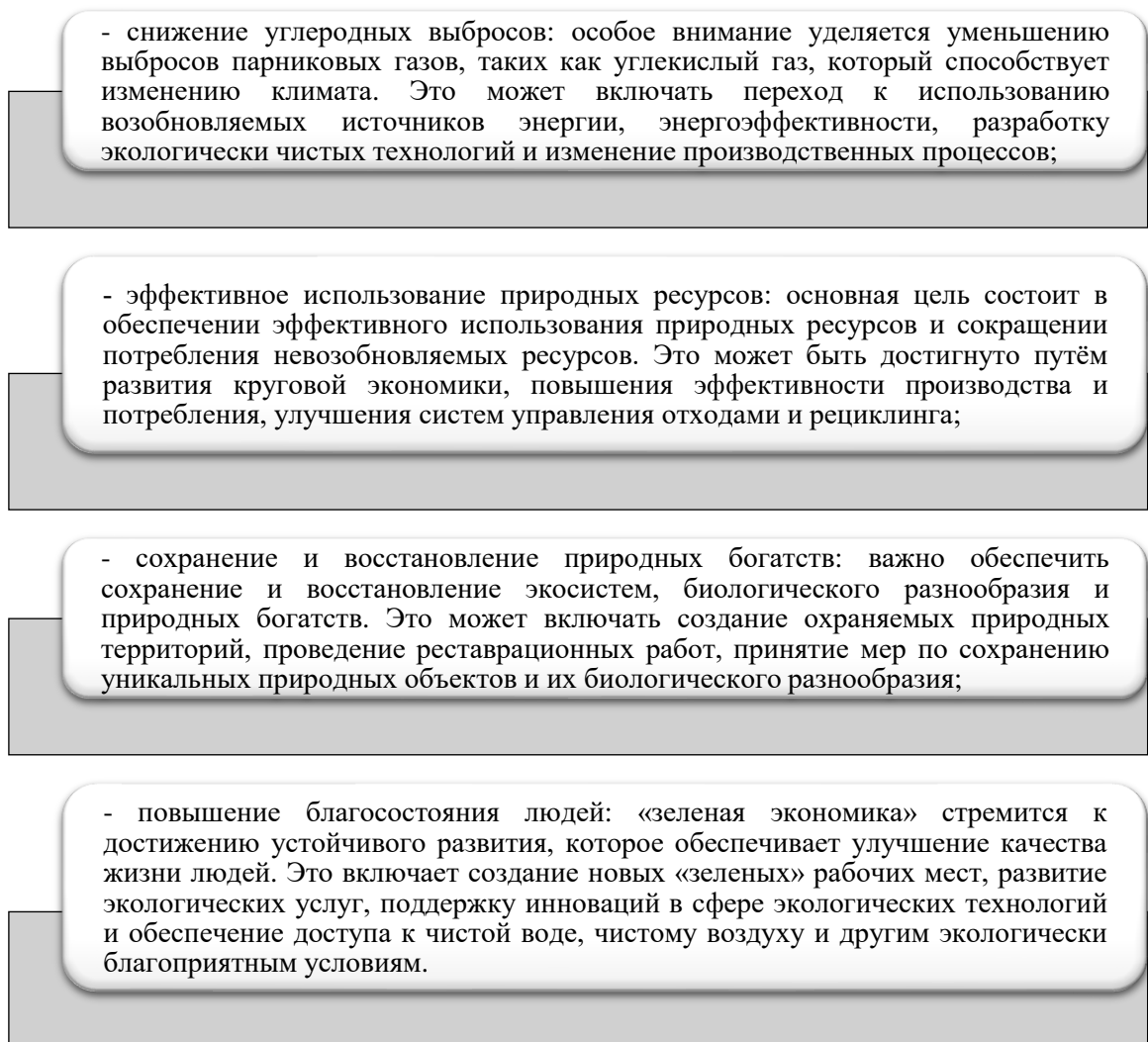


Рисунок 1 – Главные задачи «зеленой» экономики

В целом, переход к «зеленой» экономике представляет собой комплексную стратегию, направленную на более устойчивое и сбалансированное развитие, с учетом не только экономических, но и экологических и социальных аспектов.

Успех реализации различных концепций и инструментов по внедрению экологически чистых технологий становится наиболее значимым. В развитых странах для этого практикуется более 80 экономических инструментов.

Используется стимулирование финансовой системой мобилизации частного капитала для увеличения числа «зеленых» инвестиций и управления рисками, которые связаны с негативным изменением климата. Например, выпуск «зеленых» облигаций и их индексы, денежные поступления с которых будут направляться на финансирование «зеленых» проектов [2].

Отметим, что после развития «зеленых» облигаций началось продвижение принципов «зеленого» кредитования на мировом рынке. Также активно развиваются инвестиционные «зеленые» фонды, которые финансируют только те компании, которые применяют экологически чистые технологии.

Применяются различные технологии и инновации для стимулирования развития «зеленого» роста, развития новых рынков и новых рабочих мест, появления новых совместных экологических инициатив. Используются для переориентации производителей и потребителей различные ценовые, налоговые льготы и трансферты.

Правительством Российской Федерации поставлена цель – снижение на 25% к 2030 году уровня выбросов парниковых газов по отношению к 1990 году. При этом, наиболее действенным механизмом достижения поставленной цели – переход на циркулярную экономику.

Понятие циркулярной экономики глобально по своей природе, которое характеризует важность взаимодействия экологических и социальных аспектов с экономическим развитием.

Отметим, что циркулярность обеспечивается восстановительным и замкнутым характером. Под циркулярностью понимается система производства и потребления при максимальной эффективности использования имеющихся ресурсов, близком к нулю образовании отходов и минимизации воздействия внешних эффектов [3].

Использование инструментов обеспечения циркулярности основано на принципе реализации образовавшихся в производственном процессе ресурсов и отходов для других организаций в другие отрасли. Такой механизм принято называть промышленным симбиозом [4].

Представим на рис. 2 разновидности промышленного симбиоза.

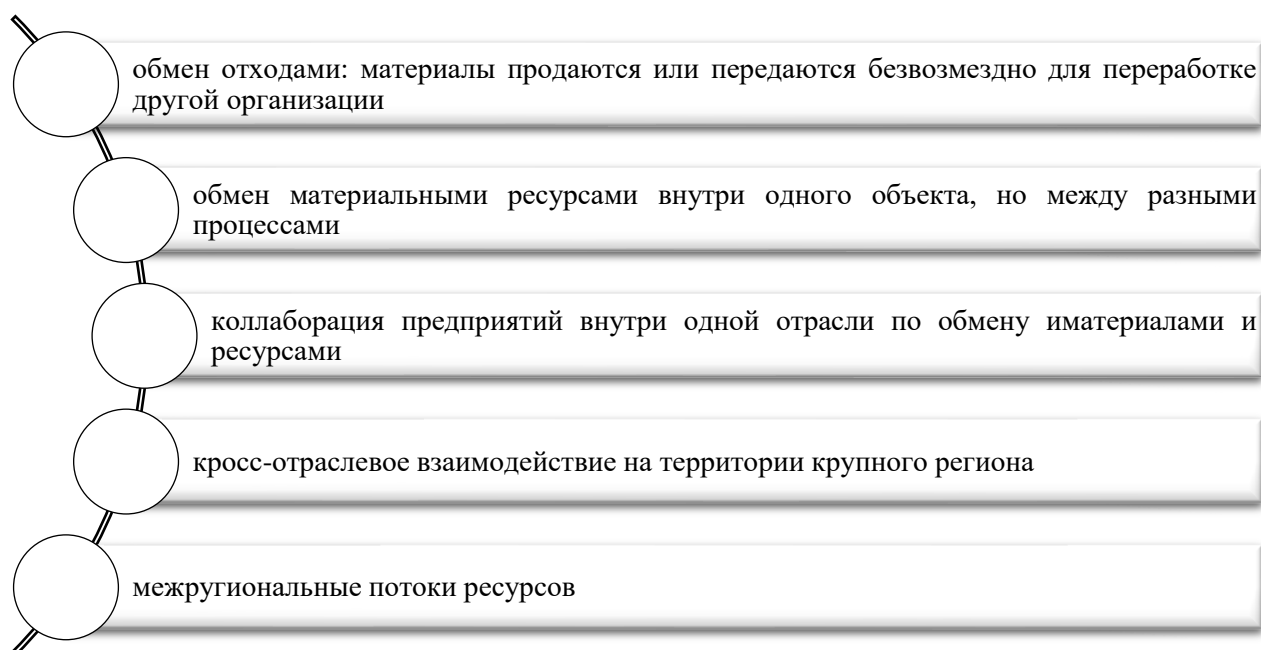


Рисунок 2 – Виды промышленного симбиоза

Примеры промышленного симбиоза в Европе, Америке и Азии представим на рис. 3 [5].

Европа	Америка	Азия
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Великобритания: промышленный симбиоз в регионе Хамбер; промышленный симбиоз в регионе Уэст-Мидлендс;</li> <li>• Швеция: эко-промышленный парк Händelö; промышленный симбиоз в Стенунгсунде; промышленный симбиоз в Линчепинге; промышленный симбиоз в Хельсингборге;</li> <li>• Финляндия: промышленный эко-центр Nahtjavalta; Sodankylä;</li> <li>• Дания: Калуннборг;</li> <li>• Бельгия: промышленный парк Kaiserbaracke;</li> <li>• Нидерланды: промышленный симбиоз Rotterdam Harbor;</li> <li>• Германия: промышленный парк Knapsack;</li> <li>• Франция: промышленный парк Deux Synthe</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• США: продовольственный центр Intervale, Кейстоунский промышленный портывый комплекс;</li> <li>• Пуэрто Рико: Guayama Industrial;</li> <li>• Бразилия: Norte Fluminense, эко-промышленный парк Natura;</li> <li>• Мексика: Альтамира-Тампико</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Южная Корея: эко-промышленный парк Ulsan;</li> <li>• Австралия: промышленная зона Kwinana;</li> <li>• Китай: национальный эко-промышленный демонстрационный парк Lubei; промышленный парк Suzhou;</li> <li>• Индия: промышленная зона Nanjangud; промышленный парк Vatva;</li> <li>• Япония: эко-город Kawasaki</li> </ul>

Рисунок 3 – Примеры промышленного симбиоза в Европе, Америки и Азии

Отметим, что модель промышленного симбиоза только начинается развивается в российской экономике и способна принципиально изменить развитие современных экономических систем различного уровня. В промышленном симбиозе избыточные производственные ресурсы не утилизируются, а используются другими организациями различных отраслей народного хозяйства.

### Список литературы

1. Hsiao-Min Ch., Tsai-Chi K., Ju-Long Ch. Impacts on the ESG and financial performances of companies in the manufacturing industry based on the climate change related risks. *Journal of Cleaner Production*. Volume 380, Part 1, 20 December 2022, 134951. DOI: 10.1016/j.jclepro.2022.134951.
2. Bai X., Han J., Ma Yu., Zhang W. ESG performance, institutional investors' preference and financing constraints: Empirical evidence from China. *Borsa Istanbul Review*. Volume 22, Supplement 2, December 2022, p. S157-S168. DOI: 10.1016/j.bir.2022.11.013.
3. Arruda Erick Hungaro, Brancalhão Melatto Rosângela Andrade Pita, Levy Wilson, de Melo Conti Diego Circular economy: A brief literature review (2015–2020). *Sustainable Operations and Computers*. Vol. 2 pp. 79–86. (2021) DOI: <https://doi.org/10.1016/j.susoc.2021.05.001>.
4. Преображенский Б.Г. Промышленный симбиоз как инструмент циркулярной экономики / Б.Г. Преображенский, Т.О. Толстых, Н.В. Шмелева // *Регион: системы, экономика, управление*. 2020. № 4(51). С. 37-48.

5. Белых А.Л. Модели формирования промышленного симбиоза // Управление. 2023. Т. 11. № 1. С. 51–63. DOI: 10.26425/2309-3633-2023-11-1-51-63.

### References

1. Hsiao-Min Ch., Tsai-Chi K., Ju-Long Ch. Impacts on the ESG and financial performances of companies in the manufacturing industry based on the climate change related risks. *Journal of Cleaner Production*. Volume 380, Part 1, 20 December 2022, 134951. DOI: 10.1016/j.jclepro.2022.134951.

2. Bai X., Han J., Ma Yu., Zhang W. ESG performance, institutional investors' preference and financing constraints: Empirical evidence from China. *Borsa Istanbul Review*. Volume 22, Supplement 2, December 2022, p. S157-S168. DOI: 10.1016/j.bir.2022.11.013.

3. Arruda Erick Hungaro, Brancalhão Melatto Rosângela Andrade Pita, Levy Wilson, de Melo Conti Diego Circular economy: A brief literature review (2015–2020). *Sustainable Operations and Computers*. Vol. 2, pp. 79–86. (2021) DOI: <https://doi.org/10.1016/j.susoc.2021.05.001>.

4. Preobrazhensky, B.G. Industrial symbiosis as a tool of circular economy / B.G. Preobrazhensky, T.O. Tolstykh, N.V. Shmeleva // *Region: systems, economy, management*. 2020. № 4(51). P. 37-48.

5. Belykh, A.L. Models of industrial symbiosis formation // *Management*. 2023. Т. 11. № 1. P. 51-63. DOI: 10.26425/2309-3633-2023-11-1-51-63.

DOI: 10.58168/CIRCULAR2024\_85-90

УДК 614.842

**УМЕНЬШЕНИЕ МАССО-ГАБАРИТНЫХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ СВЯЗНОГО  
ОБОРУДОВАНИЯ НА БОРТУ БПЛА В ЦЕЛЯХ УВЕЛИЧЕНИЯ ВРЕМЕНИ  
НЕПРЕРЫВНОГО МОНИТОРИНГА**

**REDUCING THE WEIGHT AND SIZE PARAMETERS OF THE COMMUNICATION  
EQUIPMENT ON BOARD THE UAV IN ORDER TO INCREASE THE TIME  
OF CONTINUOUS MONITORING**

**Голубин К.В.**, ФГКВОУ ВО «Военный учебно-научный центр Военно-воздушных сил «Военно-воздушная академия имени профессора Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина», Воронеж, МО РФ, Россия

**Сердюкова Н.А.**, кандидат технических наук, ФГКВОУ ВО «Военный учебно-научный центр Военно-воздушных сил «Военно-воздушная академия имени профессора Н.Е.Жуковского и Ю.А. Гагарина», Воронеж, МО РФ, Россия

**Golubin K.V.**, 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

**Serdyukova N.A.**, Candidate of Technical Sciences, 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

**Аннотация:** Лесные пожары представляют собой одну из основных проблем, угрожающих устойчивости лесов. Поэтому необходима система раннего предупреждения лесных пожаров. Для решения проблемы мониторинга лесных пожаров в данной статье предлагается использование радиолокаторов с синтезированной апертурой (РСА) воздушного базирования с формированием радиолокационного изображения непосредственно на борту БПЛА, что позволяет значительно сократить время получения данных о наличии очагов огня и в режиме реального времени принимать решения о необходимости спасательной операции. Таким образом, можно избежать бедствий, связанных с пожарами, и значительно снизить трудовые и материальные затраты на предотвращение и тушение лесных пожаров.

**Abstract:** Forest fires are one of the main problems threatening the sustainability of forests. Therefore, an early warning system for forest fires is needed. To solve the problem of monitoring forest fires, this article proposes the use of synthetic aperture radars (SAR) of air-based radar with the formation of radar images directly on board the UAV, which significantly reduces the time to obtain data on the presence of fire foci and in real time to make decisions about the need for a rescue operation. In this way, fire-related disasters can be avoided and labor and material costs for preventing and extinguishing forest fires can be significantly reduced.

**Ключевые слова:** мониторинг лесных пожаров, радиолокатор с синтезированной апертурой, беспилотный летательный аппарат.

**Keywords:** forest fire monitoring, synthetic aperture radar, unmanned aerial vehicle.

В связи с быстрым развитием общества предъявляются новые требования к экологической среде. Опасность пожара, являющегося одним из восьми основных стихийных бедствий, характеризуется быстрым распространением, сложностью контроля и причинением необратимых разрушений [1]. Таким образом, пожар часто наносит серьезный ущерб экологической среде, а также может угрожать безопасности имущества и жизни.

Существующие методы мониторинга лесных пожаров включают искусственное патрулирование, наблюдательные вышки и дистанционное зондирование со спутников, каждый из которых имеет определенные преимущества и недостатки [2]. Метод ручного патрулирования позволяет гибко выбирать маршрут патрулирования, может углубляться в лесную зону и обладает высокой мобильностью, но с помощью этого метода сложно контролировать слепую зону из-за большого влияния топографии, низкой эффективности и узкого поля зрения. Метод видеомониторинга с вышки позволяет наблюдать за большими лесными массивами в режиме реального времени с помощью телескопов и оборудования для видеомониторинга, но в подлеске в районах с густыми деревьями и ограниченной подвижностью имеется слепая зона. Метод спутникового дистанционного зондирования обладает широким диапазоном обнаружения, высокой точностью определения местоположения и может обеспечивать наблюдение в любую погоду, но его стоимость высока, с его помощью можно идентифицировать только районы с крупными пожарами, а также невозможно точно идентифицировать пожары в условиях тумана. Большинству систем мониторинга необходимо использовать высотные спутники для вспомогательных операций, а структура системы слишком сложна. Поддержание работоспособности системы требует больших инвестиций и высокопрофессионального и технического персонала, что затрудняет удовлетворение реальных потребностей мониторинга лесов подобными проектами. Являясь продуктом быстрого развития науки и технологий, БПЛА обеспечивают преимущества полета на высоких скоростях, простоты управления и высокой производительности в режиме реального времени [2]. Таким образом, БПЛА широко применяются в областях предупреждения и обнаружения лесных пожаров, идентификации поведения пожарных и аварийно-спасательного мониторинга для предотвращения лесных пожаров.

Одним из перспективных направлений развития является разработка БПЛА ближнего действия, используемые на больших и средних высотах при большой продолжительности полета. Размещаемые на таких БПЛА сенсоры в сложных условиях съемки малоэффективны, что ведет к невозможности обеспечения непрерывности мониторинга [3]. Существенного повышения эффективности таких БПЛА можно достигнуть путем размещения на них радиолокационных станций. Но при рассмотрении размеров апертуры, подходящей для установления ее на БПЛА, очевидны заведомо невысокие характеристики таких локаторов. В этой связи имеет смысл применение радиолокатора с синтезированной апертурой (РСА).

РЛС с синтезированной апертурой (СА) антенны излучают зондирующие импульсы и осуществляют обзор поверхности за счет перемещения носителя РЛС.

В связи с необходимостью жестких ограничений массы и габаритных размеров, а также ограничения по энергопотреблению оборудования для БПЛА, размещение новейших серийных образцов РСА невозможно. Даже самые современные БПЛА существенно ограничены по полезной нагрузке. Что подразумевает глубокую модернизацию и миниатюризацию существующих систем для размещения их БПЛА.

Малые размеры БПЛА малой и средней дальности не позволяют использовать существующие образцы РЛС, изначально создававшиеся для пилотируемой техники и требуют разработки компактных РЛС, предназначенных для установки на БПЛА. На рис. 1 показаны возможные варианты реализации систем связи комплексов БПЛА.



Рисунок 1 - Системы связи комплексов БПЛА

Прямая связь между БПЛА и наземным комплексом управления (НКУ) в диапазонах сверхвысоких частот (СВЧ) возможна только в пределах прямой видимости. Для повышения надежности комплекса БПЛА на борту устанавливаются несколько приемопередатчиков различных диапазонов длин волн. Передача телеметрической информации при полетах на большие расстояния может осуществляться с помощью спутниковых систем связи. Высокоскоростная передача информации полезной нагрузки может также осуществляться через малоразмерные спутниковые терминалы, что требует установки на борт ЛА высоконаправленной антенны с возможностью сканирования. В простейшем случае это параболическая антенна на опорно-поворотном устройстве.

Так, некоторые разработчики заявляют о создании малогабаритной РСА весом в 10-60 кг, хотя, например, для БПЛА ближнего действия этот вес неприемлем. Вследствие того,



что общепринятая масса полезной нагрузки легких БПЛА варьируется в пределах 1-4 кг, основным критерием при выборе аналогов РСА для БПЛА ближнего действия являются массогабаритные ограничения.

Одним из самых успешных проектов по созданию малогабаритной многодиапазонной РСА является NanoSAR (ImSAR, США), представленная на рис. 2, а. Радиолокатор (РЛ) работает на частотах UHF, UWB, X, Ku диапазонов, обеспечивает обнаружение и распознавание объектов днем и ночью, в дождь, снег, туман, в условиях запыленности и задымленности района мониторинга. Боковой обзор в обе стороны производится в маршрутном (StripMap), прожекторном или телескопическом (SpotLight), широкозахватном (Circular или ScanSAR) и селекции движущихся целей (СДЦ) (MTI) режимах [4].

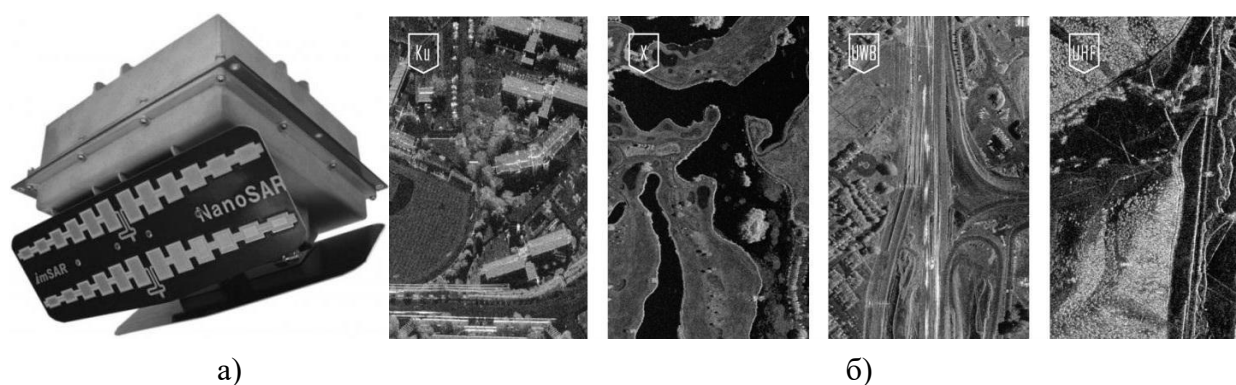


Рисунок 2 – Внешний вид (а) и РЛИ, полученные в Ku, X, UWB и UHF диапазонах частот (б)

Антенная система (АС) состоит из четырех микрополосковых антенных решеток (МПАР), две из которых передающие и две приемные. Кроме того, РЛ сопряжен с наземной аппаратурой обработки данных, позволяющей в реальном масштабе времени (Lisa Image) получать (РЛИ) и видео с возможностью

Несмотря на большое количество возможных вариантов реализации систем передачи командно-телеметрической информации и информации полезной нагрузки, оптимальным и наиболее часто используемым остается вид связи, при котором данные передаются напрямую между БПЛА и НКУ. В этом случае удастся реализовать возможность передачи информации с большой скоростью, недоступной спутниковым системам связи, и при этом не зависеть от стационарных гражданских систем связи. Одним из ограничивающих факторов является расстояние радиовидимости между БПЛА и НКУ.

Без учета рефракции в атмосфере и при отсутствии препятствий на пути распространения радиоволн существует возможность организации прямой связи между БПЛА и НКУ на дальностях до 200–300 км. Для повышения дальности работы системы связи необходимо увеличивать высоту полета ЛА и использовать мачтовые сооружения для антенны НКУ.

Перспективы развития АС ЛА определяются также общими тенденциями развития авиационной техники. Рост скоростей, а, следовательно, и увеличение механических перегрузок и аэродинамического нагрева, приводит к усложнению технологии конструирования антенн и к использованию не выступающих и конформных антенн.

Увеличение числа и круга решаемых задач радиотехническими системами требует усложнения оборудования, создания комплексных устройств, появления многофункциональных комплексов и, соответственно, комплексирования антенн.

Фрактальные антенны – это антенны, полотно которых представляет собой самоподобную геометрическую фигуру. При этом сама антенна может быть практически любого типа – проволочная, щелевая, магнитная, печатная. В результате имитационного моделирования и экспериментов установлено, что фрактальные антенны позволяют получить немного меньший коэффициент усиления, чем обычные, но при меньших габаритах. И самое главное их свойство – это широкополосность, способность принимать и передавать сигнал в большом диапазоне частот [5]. Преимуществом фрактальных антенн перед антеннами хаотической формы является регулярность их структуры и постоянство размерности. Это позволяет создать математический аппарат, корректно определяющий свойства фрактальных антенн и после расчета ее параметров, приступить к реализации в среде MATLAB [6]. Изменяя данные параметры можно генерировать различные фрактальные антенные решетки под заданный диапазон частот (например, 220-400МГц).

После предварительного расчета показателей антенной решетки, ее можно перенести в PCB Antenna Design. Данный тулбокс позволяет исследовать все необходимые характеристики антенны и представить их в графическом виде.

Таким образом, можно смоделировать оптимальные параметры антенны для текущих целей мониторинга лесных пожаров на конкретный БПЛА. Предлагаемая система, включающая в себя фрактальную антенну, направлена на устранение недостатков традиционных систем мониторинга лесных пожаров, таких как низкая производительность, высокие эксплуатационные расходы и большое потребление ресурсов. Так как обработка изображения, используемого для определения того, содержит ли кадр огонь, выполняется в режиме реального времени, а полученная информация необходима для принятия оперативного решения, то очень важно получать с высокой точностью измерения координат и геометрических характеристик объектов, невидимых в оптическом или инфракрасном диапазонах электромагнитного спектра, скрытых дымом или растительным покровом. Применение фрактальных антенн сокращает время обнаружения и повышает точность определения площадей возгорания и их координаты, уменьшает габаритные показатели связного оборудования, тем самым снижая полезную нагрузку БПЛА и увеличивая время непрерывного полета, а следовательно, увеличивая площадь мониторинга.

### Список литературы

1. Сухачев, Н. В. Анализ системы передачи видеоданных при ликвидации пожаров / Н. В. Сухачев, Н. А. Сердюкова // Современные технологии обеспечения гражданской обороны и ликвидации последствий чрезвычайных ситуаций. – 2019. – № 1(10). – С. 413-416.

2. Григорец, Е. А. Сравнительный анализ видов и методов мониторинга лесных пожаров на территории России / Е. А. Григорец // Молодой ученый. – 2015. – № 8 (88). – С. 379-381. – URL: <https://moluch.ru/archive/88/17160/> (дата обращения: 08.05.2024).
3. Бобков, В. И. Подход к исследованию теплопроводности нечеткими численными методами в условиях неопределенности теплофизических характеристик / В. И. Бобков, В. В. Борисов, М. И. Дли // Системы управления, связи и безопасности. – 2017. – № 3. – С. 73-83.
4. Forest fire progress monitoring using dual-polarisation Synthetic Aperture Radar (SAR) images combined with multi-scale segmentation and unsupervised classification / A. Shama, R. Zhang, T. Wang [et al.] // International Journal of Wildland Fire. – 2024. – Vol. 33, No. 1. – DOI 10.1071/wf23124.
5. Савочкин, А. А. Многодиапазонные антенны на основе фрактальных структур / А. А. Савочкин, А. А. Нудьга. – Симферополь: ООО "Научно-издательский центр Инфра-М", 2022. – 125 с. – ISBN 978-5-9558-0550-4. – DOI 10.12737/1862962.
6. Буянов, Ю. И. Распространение радиоволн и антенно-фидерные устройства: Учебное пособие / Ю. И. Буянов, Г. Г. Гошин. – Томск: Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники, 2013. – 300 с.

### References

1. Sukhachev, N. V. Analysis of the video data transmission system during fire elimination / N. V. Sukhachev, N. A. Serdyukova // Modern technologies for civil defense and emergency response. – 2019. – № 1(10). – Pp. 413-416.
2. Grigorets, E. A. Comparative analysis of types and methods of monitoring forest fires in Russia / E. A. Grigorets // Young scientist. – 2015. – № 8 (88). – Pp. 379-381. – URL: <https://moluch.ru/archive/88/17160/> (date of access: 05/08/2024).
3. Bobkov, V. I. An approach to the study of thermal conductivity by fuzzy numerical methods under conditions of uncertainty of thermophysical characteristics / V. I. Bobkov, V. V. Borisov, M. I. Dli // Control systems, communications and security. - 2017. – No. 3. – pp. 73-83.
4. Forest fire progress monitoring using dual-polarisation Synthetic Aperture Radar (SAR) images combined with multi-scale segmentation and unsupervised classification / A. Shama, R. Zhang, T. Wang [et al.] // International Journal of Wildland Fire. – 2024. – Vol. 33, No. 1. – DOI 10.1071/wf23124.
5. Savochkin, A. A. Multiband antennas based on fractal structures / A. A. Savochkin, A. A. Nudga. – Simferopol : Infra-M Scientific Publishing Center LLC, 2022. – 125 p. – ISBN 978-5-9558-0550-4. – DOI 10.12737/1862962.
6. Buyanov, Yu. I. Propagation of radio waves and antenna-feeder devices: Textbook / Yu. I. Buyanov, G. G. Goshin. Tomsk: Tomsk State University of Control Systems and Radioelectronics, 2013. – 300 p.

DOI: 10.58168/CIRCULAR2024\_91-96

УДК 625.7/.8

**НОВЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ПРИ ВОЗВЕДЕНИИ ЗЕМЛЯНОГО ПОЛОТНА  
ЛЕСОВОЗНОЙ ДОРОГИ**

**NEW TECHNOLOGIES IN THE CONSTRUCTION OF SUBSTRATE  
FOR A TIMBER ROAD**

**Гоптарев С.М.**, кандидат технических наук, доцент ФГБОУ ВО «Воронежский государственный лесотехнический университет имени Г.Ф. Морозова», Воронеж, Россия.

**Goptarev S.M.**, candidate of Technical Sciences, associate professor, Voronezh State University of Forestry and Technologies named after G.F. Morozov, Voronezh, Russia.

**Пирыязев К.А.**, студент ФГБОУ ВО «Воронежский государственный лесотехнический университет им. Г.Ф. Морозова», Воронеж, Россия.

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

**Аннотация:** данная статья рассматривает применение специальных полимеров и добавок в дорожных покрытиях для обеспечения их долговечности, безопасности и устойчивости. Применение геофизических методов в строительстве лесовозной дороги. Методов компактирования грунта с использованием наноматериалов. Наночастицы, добавляемые в грунт, способствуют улучшению его свойств и увеличению плотности, что позволяет значительно сократить время и затраты на компактирование грунта, а также повысить качество и долговечность земляного полотна. Этот процесс имеет большое значение, так как от качества компактирования зависит прочность и устойчивость дорожного покрытия к нагрузкам тяжелых грузовиков.

**Abstract:** this article examines the use of special polymers and additives in road surfaces to ensure their durability, safety and sustainability. Application of geophysical methods in the construction of a logging road. Methods of soil compaction using nanomaterials. Nanoparticles added to the soil help improve its properties and increase its density, which can significantly reduce the time and cost of soil compaction, as well as improve the quality and durability of the subgrade. This process is of great importance, since the quality of compaction determines the strength and resistance of the road surface to the loads of heavy trucks.

**Ключевые слова:** земляное полотно, дорожное покрытие, геотекстильные материалы, полимеры, компактирование грунта, грунтовые добавки.

**Keywords:** subgrade, road surface, geotextile materials, polymers, soil compaction, soil additives.

## 1. Использование геосинтетических материалов для укрепления земляного полотна лесовозной дороги.

При возведении земляного полотна лесовозных дорог сегодня широко применяются различные типы геосинтетических материалов, которые позволяют увеличить прочность и долговечность дорожного покрытия. Вот несколько типов геосинтетики, которые эффективно используются в данной области:

1. Геотекстильные материалы применяются для разделения слоев грунта и укрепления основания дороги. Они способствуют равномерному распределению нагрузок и предотвращают размывание грунта.



Рисунок 1 – Конструктивные слои дорожной одежды с применением геотекстильного материала

2. Геосетки обеспечивают укрепление и увеличение прочности земляного полотна. Они помогают удерживать грунт и предотвращают образование трещин и оползней.

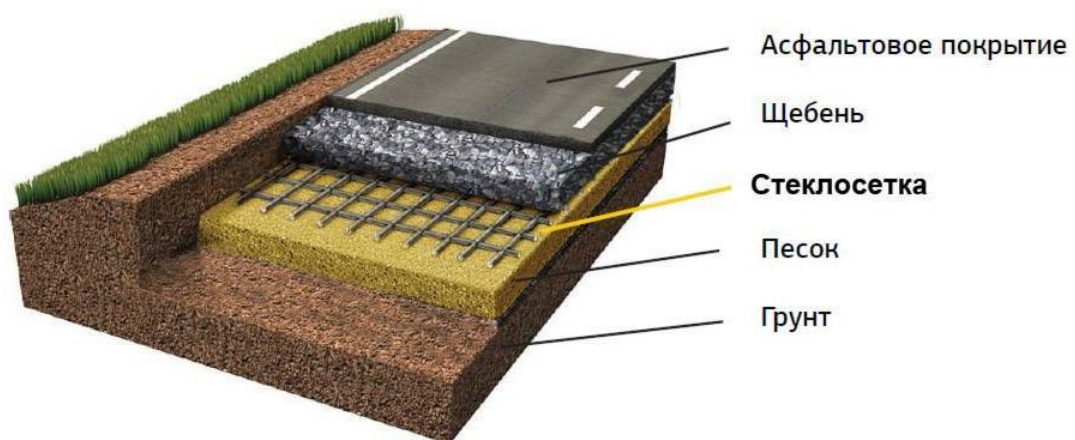


Рисунок 2 – Конструктивные слои дорожной одежды с применением стеклянной геосетки

3. Георешетки используются для укрепления склонов и откосов высоких насыпей и глубоких выемок, что особенно важно при строительстве лесовозных дорог в сложной местности.

4. Геокомпозиты объединяют в себе свойства геотекстиля, геосетки и других материалов, что позволяет создать более надежное и прочное земляное полотно.

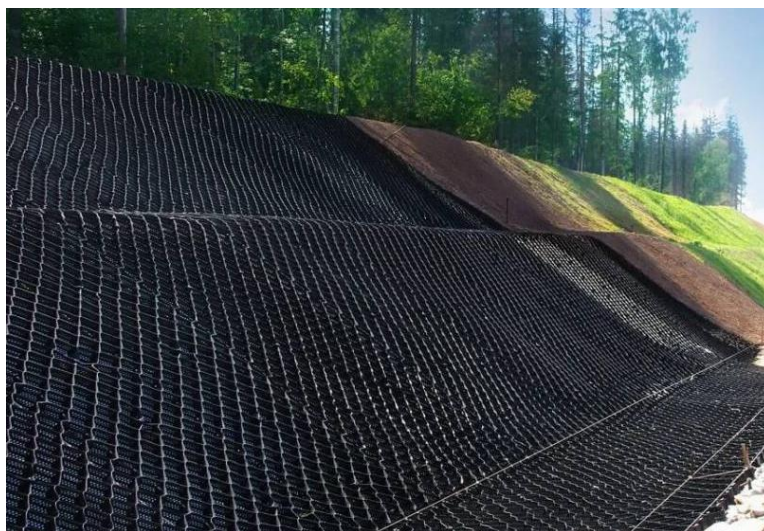


Рисунок 3 – Пластиковые перфорированные полипропиленовые георешетки для удержания земли на крутых склонах

*Геокомпозитный материал* – это сплошной и неоднородный материал, созданный из искусственных компонентов, имеющих разные характеристики и свойства. Чаще всего основой таких материалов является иглопробивной геотекстиль.

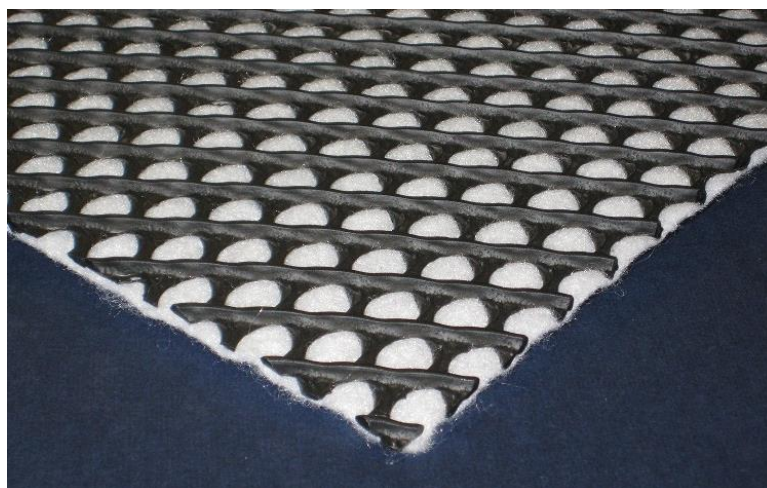


Рисунок 4 – Геокомпозитный материал

Другой важной технологией является применение специальных полимеров и добавок, которые обеспечивают повышенную водостойчивость и устойчивость к износу дорожного покрытия.

Вот несколько основных критериев использования таких материалов:

1. Улучшение адгезии и сцепления: Полимеры могут улучшить адгезию между асфальтным покрытием и основанием дороги, а также сцепление между фракциями щебенки в покрытии. Это поможет предотвратить скольжение и обеспечит безопасность движения.

2. Увеличение устойчивости к износу: Добавка полимеров может улучшить устойчивость дорожного покрытия к износу в результате механического воздействия, например, от движения транспортных средств или погодных условий. Это повысит долговечность работы дорожного покрытия и уменьшит необходимость его ремонта.

3. Защита от влаги и водостойчивость: Специальные полимеры могут обеспечить защиту от влаги, предотвращая проникновение воды в дорожную конструкцию. Это особенно важно в зимний период, когда вода может замерзнуть и привести к образованию трещин, выбоин и ям.

4. Уменьшение деформаций: Полимеры могут улучшить устойчивость дорожного покрытия к деформациям под воздействием температурных изменений и нагрузок. Это помогает предотвратить появление на дороге колеи и волны, а так-же выбоин и трещин.

Таким образом, применение специальных полимеров и добавок в дорожных покрытиях имеет большое значение для обеспечения их долговечности, безопасности и устойчивости. Технологии и материалы постоянно совершенствуются для достижения наилучших результатов в области дорожного строительства.

Это позволяет увеличить срок службы дороги и снизить расходы на ее ремонт и обслуживание.

Кроме того, при возведении земляного полотна лесовозной дороги используются специальные машины, такие как бульдозеры, автогрейдеры, машины для укладки и уплотнения дорожного покрытия (дорожные катки). Это позволяет добиться более высокой эффективности и качества строительства дороги, а также увеличить производительность машин и снизить затраты на ее строительство.

## **2. Инновационные технологии уплотнения грунта при возведении земляного полотна автомобильной дороги.**

Процесс уплотнения мелкодисперсных сыпучих материалов называется компактированием.

Одним из новых методов компактирования грунта является применение ультразвуковых вибрационных устройств. Эти устройства генерируют высокочастотные вибрации, которые позволяют уплотнять грунт на глубине до нескольких метров. Этот метод позволяет значительно увеличить плотность и прочность земляного полотна, что повышает его надежность и стабильность.

Также стоит упомянуть о методе компактирования грунта с использованием наноматериалов (гранул). Наночастицы, добавляемые в грунт, способствуют улучшению его свойств и увеличению плотности. Этот метод позволяет значительно сократить время и затраты на уплотнение грунта, а также повысить качество и долговечность земляного полотна.

Другим инновационным методом компактирования грунта является использование грунтовых добавок. Такие добавки могут включать в себя цемент, известь, песок и другие материалы, которые улучшают свойства грунта и способствуют его лучшему уплотнению. Этот метод позволяет повысить прочность и устойчивость дорожного покрытия.

Также стоит упомянуть о методе компактирования грунта с помощью специальной техники, такой как вибрационные катки или динамические уплотнители. Эти устройства генерируют вибрации или удары, проникающие в грунт и уплотняющие его на микроуровне, что также способствует повышению прочности дорожного покрытия.

### **Выводы**

Таким образом, применение новейших технологий при возведении земляного полотна лесовозной дороги позволяет значительно улучшить качество дорожного покрытия, повысить безопасность движения и снизить эксплуатационные расходы. В результате лесовозные дороги становятся более прочными, долговечными и устойчивыми к неблагоприятным погодным условиям и интенсивному движению техники. Использование геосинтетических материалов при возведении земляного полотна лесовозных дорог не только повышает его прочность, но и уменьшает необходимость в расходных материалах, сокращая сроки строительства и экономя ресурсы. Такие инновационные технологии играют ключевую роль в повышении эффективности и устойчивости дорожного строительства.

Кроме этого, использование инновационных технологий в компактировании грунта при строительстве лесовозных дорог позволяет повысить качество дорожного покрытия, его устойчивость к нагрузкам и снизить вероятность повреждений.

Инновационные технологии в компактировании грунта играют важную роль при возведении земляного полотна лесовозной дороги, позволяя повысить эффективность и надежность строительных работ.

### **Список литературы**

1. Геосинтетические и геопластиковые материалы в дорожном строительстве. – Обзорная информация / Выпуск 7. – Москва 2002.
2. ГОСТ 33382–2015. Дороги автомобильные общего пользования Техническая классификация. Ввел. 08.09.2016. – М.: Стандартинформ, 2016.
3. ГОСТ 33475–2015. Дороги автомобильные общего пользования. Геометрические элементы. Технические требования. Ввел. 08.09.2016. – М.: Стандартинформ, 2016.
4. ГОСТ 32960–2014. Дороги автомобильные общего пользования. Нормативные нагрузки, расчетные схемы нагружения. Ввел. 01.07.2015. – М.: ГУП ЦПП, 2015.
5. ОДМ 218.5.003–2010. Рекомендации по применению геосинтетических материалов при строительстве и ремонте автомобильных дорог. – М., 2010.
6. ОДМ 218.2.046–2014. Рекомендации по выбору и контролю качества геосинтетических материалов, применяемых в дорожном строительстве. – М., 2014.



7. СП 34.13330.2012 Автомобильные дороги. Актуализированная редакция СПиП 2.05.02–85\*/ Минрегион России. Введ. 01.07.2013. – М, 2012.

8. Peter G. Nicholson Geosynthetics for Filtration Drainage, and Seepage Control // Elsevier Science Publishing Company Inc. Soil Improvement and Ground Modification Methods 2015, pp. 189–207.

9. Сушков, С. И. Технология и организация строительства автомобильных дорог : доп. УМО по образованию в обл. лесн. дела в качестве учеб. пособия для студентов высш. учеб. заведений, обучающихся по направлениям подгот. бакалавров и магистров 35.03.02, 35.04.02 «Технология лесозаготов. и деревоперераб. пр-в» по профилю «Лесоинженерное дело» / С. И. Сушков, С. М. Гоптарев. – Воронеж, 2015. – 116 с.

10. Сушков, С. И. Resource forms of investment in transport-logistical systems, road complex / S. I. Sushkov // Строительные и дорожные машины. – 2015. – № 11. – С. 54-56.

### References

1. Geosynthetic and geoplastic materials in road construction. – Review information / Issue 7. – Moscow 2002.

2. GOST 33382–2015. Public automobile roads Technical classification. Entered. 09/08/2016. – М.: Standartinform, 2016.

3. GOST 33475–2015. Public roads. Geometric elements. Technical requirements. Enter 09/08/2016. – М.: Standartinform, 2016.

4. GOST 32960–2014. Public roads. Standard loads, design loading schemes. Enter 07/01/2015. – М.: State Unitary Enterprise TsPP, 2015.

5. ODM 218.5.003–2010. Recommendations for the use of geosynthetic materials in the construction and repair of highways. – М., 2010.

6. ODM 218.2.046–2014. Recommendations for the selection and quality control of geosynthetic materials used in road construction. – М., 2014.

7. SP 34.13330.2012 Highways. Updated edition of SPiP 2.05.02–85\*/ Ministry of Regional Development of Russia. Enter 07/01/2013. - М., 2012.

8. Peter G. Nicholson Geosynthetics for Filtration Drainage, and Seepage Control // Elsevier Science Publishing Company Inc. Soil Improvement and Ground Modification Methods 2015, pp. 189–207.

9. Sushkov, S. I. Technology and organization of highway construction : textbook / S. I. Sushkov, S. M. Goptarev. – Voronezh, 2015. – 116 p.

10. Sushkov, S. I. Resource forms of investment in transport-logistical systems, road complex / S. I. Sushkov // Construction and road machines. – 2015. – No. 11. – P. 54-56.

DOI: 10.58168/CIRCULAR2024\_97-100

УДК 674

**ВЛИЯНИЕ ПОРИСТОСТИ ДРЕВЕСИНЫ НА ЕЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ  
СВОЙСТВА: ОТ СТРУКТУРЫ К АДГЕЗИИ**

**THE INFLUENCE OF WOOD POROSITY ON ITS TECHNOLOGICAL PROPERTIES:  
FROM STRUCTURE TO ADHESION**

**Грачев Д.С.**, студент группы ТД2-201-ОБ **Grachev D.S.**, student of TD2-201-OB group, ФГБОУ ВО «Воронежский государственный Voronezh State University of Forestry and лесотехнический университет имени Technologies named after G.F. Morozov, Г.Ф. Морозова», Воронеж, Россия. Voronezh, Russia.

**Ищенко Т.Л.**, кандидат технических наук, **Ishchenko T.L.**, candidate of Technical Sciences, доцент ФГБОУ ВО «Воронежский Associate Professor, Voronezh State University государственного лесотехнического of Forestry and Technologies named after университета имени Г.Ф. Морозова», G.F. Morozov, Voronezh, Russia. Воронеж, Россия.

**Ефимова Т.В.**, кандидат технических наук, **Efimova T.V.**, candidate of Technical Sciences, доцент, Воронеж, Россия. Associate Professor, Voronezh, Russia.

**Аннотация:** в этой статье мы изучим влияние пористости древесины на впитываемость клея и адгезионную прочность, а также рассмотрим наиболее подходящие клеи для различных областей применения и пород древесины.

**Abstract:** in this article, we will study the effect of wood porosity on adhesive absorbency and adhesive strength, as well as consider the most suitable adhesives for various applications and types of wood.

**Ключевые слова:** древесина, пористость, структура, свойства, впитываемость, адгезия, клей, плотность.

**Keywords:** wood, porosity, structure, properties, absorbency, adhesion, glue, density.

Древесина, применяемая в деревообрабатывающем производстве, должна быть высокого качества и не иметь пороков, снижающих ее прочность. Она должна легко обрабатываться, не изменять приданную ей форму, сопротивляться внешним усилиям и иметь определенную влаго- и теплостойкость. Эти качества составляют технические свойства древесины, которые нужно учитывать при ее использовании. Пористость древесины - показатель количества пустот, содержащихся в древесине. Эти пустоты могут существовать в виде сосудов, трубчатых клеток и тонкостенных тканей. Пористость древесины будет варьироваться в зависимости от породы древесины, плотности древесины и условий произрастания [1, 2].

Пористость древесины является одним из наиболее важных факторов, влияющих на ее адгезию. Она определяет, сколько клея может впитать древесина, что влияет на прочность сцепления, и как следствие прочность клеевого соединения.

Древесина с высокой пористостью впитывает больше клея, чем древесина с низкой пористостью. Это объясняется тем, что древесина с высокой пористостью имеет больше пустот, которые необходимо заполнить клеем.

Древесина с низкой пористостью обычно обладает более высокой прочностью сцепления, чем древесина с высокой пористостью. Это объясняется тем, что клеи в древесине с низкой пористостью могут распределяться более равномерно, что приводит к более прочным клеевым соединениям[3].

Пористость древесины, является одним из наиболее важных факторов, оказывающих влияние на адгезионную прочность склеиваемой древесины, наряду с типом клея и качеством обработки поверхности.

Пористость древесины определяется объемом внутренних пустот (полостей клеток, межклеточных пространств) и выражается в процентах от объема древесины в абсолютно сухом состоянии.

Пористость зависит от плотности древесины: чем больше плотность, тем меньше пористость древесины. Значение пористости колеблется в пределах от 40 до 77 %. Так у хвойных пород пористость 46-81%, у лиственных пород - 32-80%. Если увеличивается плотность, соответственно, пористость уменьшается. В первую очередь, это связано с толщиной клеточных стенок. Чем толще стенки клеток, тем больше адгезионное взаимодействие клея с древесиной и тем больше прочность склеивания. Поэтому участки поздней древесины, имеющие более толстые клеточные стенки, склеиваются прочнее. Они имеют менее резкий рельеф в разрезе, что также способствует лучшему склеиванию.

Условия произрастания дерева могут играть значительную роль в формировании его пористости. Основные факторы, которые могут влиять на пористость древесины: влажность, температура, тип почвы, количество питательных веществ, высота, уклон и прочее.

Чем выше влажность, тем больше пористость древесины. Если температура воздуха положительная, то пористость также будет высокой. Тип почвы также влияет на пористость древесины: например, в песчаной почве она будет больше, а в глинистой — меньше. Кроме того, на пористость может влиять высота над уровнем моря: чем выше растёт дерево, тем больше вероятность, что у него будет высокая пористость. Если дерево растёт на склоне, это тоже может сказаться на повышенной пористости. Однако на пористость могут влиять и другие факторы, такие как генетика дерева, его возраст и наличие дефектов [4].

Порода древесины, то есть индивидуальные особенности строения, также влияет на адгезию. Структура всех пород древесины, встречающихся в зоне умеренного климата, соответствует вегетационным периодам.

Некоторые породы древесины уже по своей природе растут быстрее или медленнее, и при этом образуется более рыхлая или более плотная древесина. Дубы, например, растут очень

медленно, рубить их можно только через 150 лет, в то время как быстро растущие тополя с рыхлой древесиной уже через 20-30 лет считаются «взрослыми».

Рассмотрим некоторые из самых распространенных пород древесины для нашего региона:

Дуб - плотная древесина с низкой пористостью и хорошей адгезией.

Клен - твердая древесина со средней пористостью и хорошей адгезией.

Сосна - разновидность мягкой древесины с высокой пористостью и плохой адгезией.

Береза - твердая древесина с высокой пористостью и плохой адгезией.

Осина - уникальная древесина, которая одновременно обладает свойствами как твердой, так и мягкой породы. В осине, как правило, наблюдается обратная зависимость между плотностью и пористостью.

Пористость древесины является важным фактором, который необходимо учитывать при склеивании древесины. Древесина с высокой пористостью впитывает больше клея, но при этом ее прочность ниже. Древесина с низкой пористостью впитывает меньше клея, но обладает более высокой адгезионной прочностью. Тип используемого клея зависит от породы древесины, ее пористости и требуемой прочности сцепления.

Из-за относительно низкой стоимости и высокой способности склеивания в деревообрабатывающей промышленности чаще всего используются клеи на водной основе. Клеи на водной основе имеют ряд преимуществ:

- имеют более длительное время высыхания, что позволяет производителю изменять положение и вносить коррективы по мере необходимости для получения идеальной подгонки;
- проникают в древесину, создавая прочное соединение;
- растворимы в воде, что облегчает очистку аппликатора столярного клея и сопутствующего оборудования.

К недостаткам можно отнести то, что из-за более длительного времени схватывания нужно, чтобы подложки были сжаты и удерживались вместе в течение длительного периода времени.

Термоклей или клей-расплав представляет собой смесь термопластичных полимеров, которая формируется в горячем состоянии и затвердевает по мере остывания от нескольких секунд до минуты.

Популярность клеев-расплавов в деревообрабатывающей промышленности растет, и ожидается, что этот рост будет продолжаться.

Клеи-расплавы обеспечивают уровень жесткости, намного превышающий тот, который могут обеспечить клеи на водной основе. Благодаря быстрому остыванию и короткому времени схватывания деревянные подложки, соединенные с помощью клея-расплава, не требуют длительного сжатия или времени схватывания. В этом же кроется и недостаток: быстрое время отверждения термоклея означает, что необходимо с первого раза привести подложку в идеальное положение [5].

Таким образом можно сделать вывод, что пористость древесины является важнейшим фактором, оказывающим влияние на адгезионную прочность, и как следствие, определяющим

прочность клеевого соединения. При этом пористость древесины зависит от большого количества факторов – породы, генетики, типа почв, условий произрастания и многого другого.

### Список литературы

1. Прочность сцепления и микромеханика древесины, склеиваемой при низкой температуре. – URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0143749620301603>.
2. Некоторые предыдущие выводы о факторах, влияющих на качество. – URL: <https://www.diva-portal.org/smash/get/diva2:1658920/FULLTEXT01.pdf>.
3. Зависимость между пористостью древесины, плотностью древесины и скоростью пропитки метилметакрилатом. – URL: <https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/17480270802607947>.
4. Анатомия твердой древесины. – URL: <https://www.wood-database.com/wood-articles/hardwood-anatomy/>.
5. Выбор промышленного клея для деревообработки. – URL: <https://altapress.ru/potrebitel/story/vibor-promishlennogo-kleya-dlya-derevoobrabotki-329435>.

### References

1. Adhesion strength and micromechanics of wood glued at low temperature. – URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0143749620301603>.
2. Some previous conclusions about the factors affecting the quality. – URL: <https://www.diva-portal.org/smash/get/diva2:1658920/FULLTEXT01.pdf>.
3. The relationship between the porosity of wood, the density of wood and the rate of impregnation with methyl methacrylate. – URL: <https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/17480270802607947>.
4. The anatomy of solid wood. – URL: <https://www.wood-database.com/wood-articles/hardwood-anatomy/>.
5. The choice of industrial glue for woodworking. – URL: <https://altapress.ru/potrebitel/story/vibor-promishlennogo-kleya-dlya-derevoobrabotki-329435>.

DOI: 10.58168/CIRCULAR2024\_101-106

УДК 630\*26 (477.61)

**ПОЛЕЗАЩИТНЫЕ НАСАЖДЕНИЯ – ИСТОЧНИКИ БИОРАЗНООБРАЗИЯ  
В СТЕПНОЙ ЗОНЕ**

PROTECTIVE PLANTATIONS ARE SOURCES OF BIODIVERSITY IN THE STEPPE ZONE

**Грибачева О.В.**, кандидат **Gribacheva O.V.**, candidate of Biological биологических наук, доцент ФГБОУ ВО Sciences, associate professor, Lugansk State «Луганский государственный аграрный Agrarian University named after К.Е. Voroshilov, университет имени К.Е. Ворошилова», Lugansk, Luhansk People's Republic, Russia. Луганск, Луганская Народная Республика, Россия.

**Аннотация:** Пространственная структура сообщества является показателем имеющегося в данном местообитании разнообразия экологических ниш, богатства и полноты использования сообществом ресурсов среды, Целью наших исследований является определение видового разнообразия древесно-кустарниковых растений лесозащитных насаждений, находящихся на землях ГУП «Агрофонда», испытывающих влияние антропогенной нагрузки и выхлопов автомобильного транспорта. Авторами установлено, что полезащитные лесополосы способствуют накоплению видового биоразнообразия среди объектов животного и растительного мира. В результате исследований выявлено, что при совместном произрастании ясеня обыкновенного и дуба черешчатого, при меньшем диаметре ясеня обыкновенного  $17,9 \pm 0,59$  см диаметр дуба черешчатого был больше, а именно,  $28,4 \pm 6,3$ . И, наоборот, при большем диаметре дуба черешчатого  $24,5 \pm 2,58$  см диаметр ясеня обыкновенного был  $14,7 \pm 0,83$ .

**Abstract:** the spatial structure of the community is an indicator of the diversity of ecological niches available in this habitat, the richness and completeness of the community's use of environmental resources. The purpose of our research is to determine the species diversity of tree and shrub plants of forest stands located on the lands of the State Unitary Enterprise Agrofonda, which are affected by anthropogenic load and exhaust of road transport. The authors found that field-protective forest belts contribute to the accumulation of species biodiversity among objects of fauna and flora. As a result of research, it was revealed that with the joint growth of ordinary ash and petiolate oak, with a smaller diameter of ordinary ash  $17,9 \pm 0,59$  cm, the diameter of petiolate oak was larger, namely,  $28,4 \pm 6,3$ . Conversely, with a larger diameter of oak oak  $24,5 \pm 2,58$  cm, the diameter of ordinary ash was  $14,7 \pm 0,83$ .

**Ключевые слова:** полезащитные лесополосы, ГУП «Агрофонд», древесные породы, видовое биоразнообразие

**Keywords:** protective forest belts, SUE «Agrofond», tree species, species biodiversity

Согласно Лесному кодексу Российской Федерации, лесное законодательство базируется на принципах устойчивого лесопользования и сохранении биологического разнообразия, средообразующей, водоохранной, защитной, санитарно-гигиенической, оздоровительных и иных полезных функций [1, 2, 3]. Под устойчивым природопользованием мы понимаем природопользование при котором сохраняются все ценности леса и он может самовосстанавливаться как естественным, так и искусственным путём. Г.С. Розенберг и Ф.Н. Рянский полагают, что под устойчивым развитием необходимо понимать «допустимое развитие» или «неистощительное развитие» [3].

Сокращение площади естественных лесов и биологического разнообразия в них, изменение климатических показателей на планете, увеличение частоты и площади пожаров ведёт к упрощению биологических систем и, как правило, к выпадению некоторых видов из экосистем в глобальном плане. На современном этапе развития экономики большое внимание уделяется вопросам эффективного использования лесов. Без проведения лесохозяйственных мероприятий и при усилении неблагоприятных природных явлений в регионе наблюдаются процессы деградации сосновых фитоценозов, и как следствие уменьшения численности птиц и млекопитающих в них. Если в аспекте сохранности лесов, то хозяйствование в лесах ведётся на низком уровне, так как без обработки леса фунгицидами и инсектицидами происходит уничтожение его болезнями и вредителями. Это требует дополнительных затрат в проведении лесовосстановительных работ.

Антропогенная деятельность зачастую приводит к прямому или косвенному уничтожению лесов и распаиванию степей. Лесополосы выполняют не только лесозащитную функцию, но и являются средой обитания многих животных и растений. В лесополосах, где состав древесно-кустарниковой растительности первоначально преимущественно определён человеком, лучше просматривается горизонтальная составляющая. Горизонтальная структура и мозаичность лесополос зависит от доминантных растений, образующих её. Следовательно, пространственная структура сообщества является показателем имеющегося в данном местообитании разнообразия экологических ниш, богатства и полноты использования сообществом ресурсов среды, а также показателем относительной устойчивости сообщества и степени антропогенного влияния на него.

Целью наших исследований является определение видового разнообразия древесно-кустарниковых растений лесозащитных насаждений, находящихся на землях ГУП «Агрофонда», испытывающих влияние антропогенной нагрузки и выхлопов автомобильного транспорта.

Поля располагаются за поселком Дзержинского, а также в 3 км от поселка Юбилейный. Протяженность и ширина первой лесополосы составила 298 м и 16 м соответственно, второй – 406 м и 16 м, третьей – 1234 м и 16 м, четвертой – 1502 м и 21 м, пятой – 402 м и 21 м, шестой – 343 м и 21 м, седьмой – 425 м и 16 м. Тогда как площадь первой лесополосы составляет – 4768 м<sup>2</sup>, второй – 6496 м<sup>2</sup>, третьей – 19744 м<sup>2</sup>, четвертой – 31542 м<sup>2</sup>, пятой – 8442 м<sup>2</sup>, шестой – 7203 м<sup>2</sup>, седьмой – 6800 м<sup>2</sup>. Из них пять лесополос 5-ти рядные и две 12-ти рядные. Расстояние между рядами в среднем 2,5 метра, а в ряду 1,5 метра между деревьями. Главная порода –

ясень обыкновенный (*Fraxinus excelsior* L.). Приводим описание одной 5-рядной полосы и одной 12-рядной.

Исследованные поля и лесонасаждения представляют собой небольшие по площади массивы, часто весьма разнообразные по возрастному и породному составу. Характерной особенностью расположения этих полей и лесопосадок, особенно старых, является близость лесов, где наблюдается большое видовое разнообразие лиственных пород. Пробные площади для изучения таксономических показателей закладывали согласно ОСТу 56-69-83 [4].

Диаметр деревьев измеряли стандартной мерной вилкой, если развилка находилась выше 1,3 м, то это один ствол, а если ниже, то два ствола. Для определения среднего диаметра деревьев в учёт брали деревья с диаметром ствола более 4 см. Для изучения видового состава лесопосадок и их экотонов были взяты поперечные лесные полосы ажурно-продуваемой конструкции, разнообразного возраста и породного состава.

Таблица 1 - Биометрические показатели деревьев первой величины в лесополосах на территории ГУП «Агрофонд»

Номер поперечной полосы	Номер повторности	Название древесной породы	Средний диаметр, см
1	1	Ясень обыкновенный	12,6±0,71
	2	Ясень обыкновенный	17,5±0,83
2	2	Ясень обыкновенный	15,4±0,69
3	1	Ясень обыкновенный	21,6±0,60
		Ясень обыкновенный	20,6±0,69
	3	Ясень обыкновенный	17,9±0,59
		Дуб черешчатый	28,4±6,3
	4	Ясень обыкновенный	13,7±0,53
		Дуб черешчатый	42,4±8,32
4	1	Ясень обыкновенный	19,5±0,69
	2	Ясень обыкновенный	17,6±0,48
5	1	Ясень обыкновенный	19,5±0,68
		Дуб черешчатый	20,6±1,73
	2	Ясень обыкновенный	14,7±0,83
		Дуб черешчатый	24,5±2,58
6	1	Ясень обыкновенный	18,1±0,95
	2	Дуб черешчатый	23,4±1,36
	1	Ясень обыкновенный	20,2±0,73
7	1	Ясень обыкновенный	23,3±1,03
	2	Дуб черешчатый	18,8±3,12
	1	Ясень обыкновенный	43,7±2,21
	2	Дуб черешчатый	26,1±1,79



В состав первой лесополосы входят следующие виды древесных растений: ясень обыкновенный (*Fraxinus excelsior* L.), магалебская вишня (*Prunus mahaleb* L.), клен татарский (*Acer tataricum* L.), вяз гладкий (*Ulmus laevis* Pall.). Кустарниковый ярус: жимолость татарская (*Lonicera tatarica* L.), карагана древовидная (*Caragana arborescens* L.), тёрн (*Prunus spinose* L.) (табл. 1).

Видовой состав четвертой лесополосы имеет следующий состав: магалебская вишня (*P. mahaleb* L.), я. обыкновенный (*F. excelsior* L.), в. гладкий (*U. laevis* Pall.), боярышник обыкновенный (*Crataegus laevigata* (Poir.) DC.), яблоня обыкновенная (*Malus sylvestris* L.), абрикос обыкновенный (*Prunus armeniaca* L.), робиния псевдоакация (*Robinia pseudoacacia* L.), дуб черешчатый (*Quercus robur* L.), ж. татарская (*L. tatarica* L.), к. древовидная (*C. arborescens* L.).

Седьмая лесополоса представлена: я. обыкновенный (*F. excelsior* L.), робиния псевдоакация (*Robinia pseudoacacia* L.), я. лесная (*M. sylvestris* L.), д. черешчатый (*Q. robur* L.), б. обыкновенный (*Crataegus laevigata* (Poir.) DC.), тёрн (*P. spinose* L.), м. вишня (*P. mahaleb* L.), к. татарский (*A. tataricum* L.), ж. татарская (*L. tatarica* L.), к. древовидная (*C. arborescens* L.) [5].

Средний диаметр ясеня обыкновенного колеблется от  $12,6 \pm 0,71$  до  $23,3 \pm 1,03$  см, а дуба черешчатого – от  $18,8 \pm 3,12$  до  $42,4 \pm 8,32$  см (табл. 1). Ясень обыкновенный является антогонистом дубу черешчатому, растёт быстрее и угнетает его.

Было выявлено, что при совместном произрастании ясеня обыкновенного и дуба черешчатого, при меньшем диаметре ясеня обыкновенного  $17,9 \pm 0,59$  см диаметр дуба черешчатого был больший, а именно,  $28,4 \pm 6,3$ . И, наоборот, при большем диаметре дуба черешчатого  $24,5 \pm 2,58$  см диаметр ясеня обыкновенного был  $14,7 \pm 0,83$  (табл. 1). Это объясняется тем, что рыхлые кроны ясеней пропускают много света, способствуя задернению почвы и ухудшению поступления влаги к корневым системам дуба черешчатого.

Тогда как средний диаметр клена татарского колебался от  $10,3 \pm 0,73$  см до  $12,4 \pm 0,87$  см, то есть в большинстве случаев данная порода возобновлялась после пожаров и относится к кустарникам третьей величины (табл. 2). Это объясняется и расположением деревьев в лесополосе, так как они в ней занимают крайние ряды.

Древесный состав в полезащитных полосах представлен как лесообразующими породами, так и плодовыми культурами, например, яблоня обыкновенная (*Malus sylvestris* L.), магалебская вишня (*Prunus mahaleb* L.), абрикос обыкновенный (*Prunus armeniaca* L.), груша обыкновенная (*Pyrus communis* L.). Среди кустарниковых пород также имеются представители растительного мира, которые яркой окраской плодов привлекают птиц, а именно, боярышник обыкновенный (*Crataegus laevigata* (Poir.) DC.). Робиния псевдоакация незаменимый ранневесенний медонос и привлекает пчёл. Наличие плодовых культур в полезащитных лесополосах привлекает птиц и животных. Это способствует видовому биоразнообразию как среди растительного мира, так и животного мира.

Таблица 2 - Биометрические показатели деревьев второй величины в лесополосах на территории ГУП «Агрофонд»

Номер полезащитной полосы	Номер повторности	Название древесной породы	Средний диаметр, см
1	1	Клен татарский	10,3±0,73
	2	Груша обыкновенная	19,0±1,87
2	1	Клен татарский	12,0±1,80
3	1	Клен татарский	10,7±0,59
	2	Клен татарский	12,6±0,65
	3	Клен татарский	12,0±0,49
	4	Клен татарский	12,4±0,87
4	1	Вишня магалебская	15,7±0,53
	2	Робиния псевдоакация	20,6±1,21
5	1	Робиния псевдоакация	16,5±1,68
		Абрикос обыкновенный	24,4±3,01
	2	Робиния псевдоакация	17,5±0,98
		Груша обыкновенная	15,3±1,51
6	1	Робиния псевдоакация	20,5±3,97
	1	Робиния псевдоакация	17,4±0,84
7	1	Робиния псевдоакация	24,5±0,93
	2	Яблоня обыкновенная	21,6±3,64
	1	Робиния псевдоакация	25,5±1,12
	2	Груша обыкновенная	15,5±1,52

Таким образом, полезащитные лесополосы способствуют накоплению видового биоразнообразия среди объектов животного и растительного мира. Однако, это возможно только при соблюдении рубок ухода за ними. Было выявлено, что при совместном произрастании ясеня обыкновенного и дуба черешчатого, при меньшем диаметре ясеня обыкновенного 17,9±0,59 см диаметр дуба черешчатого был больше, а именно, 28,4±6,3. И, наоборот, при большем диаметре дуба черешчатого 24,5±2,58 см диаметр ясеня обыкновенного был 14,7±0,83.

### Список литературы

1. Устойчивое природопользование: постановка проблемы и региональный опыт / под ред. В.М. Захарова. – М.: Институт устойчивого развития / Центр экологической политики России, 2010. – 192 с.
2. Лукина, Н.В. Биоразнообразие и климаторегулирующие функции лесов: актуальные вопросы и перспективы исследования / Н.В. Лукина, А.П. Гераськина, А.В. Горнов [и др.] // Вопросы лесной науки. – 2020. – Т.3. – №4. – С. 1-90.
3. Бобровин, Ю.А. Научные основания рационального природопользования и устойчивого развития региона: анализ подходов / Ю. А. Бобровин, В.Ф. Резников // Ползуновский вестник. – 2005. – № 4. – С. 14-22.
4. Площади пробные лесоустроительные. Метод закладки: ОСТ 56-69-83. – М.: Изд-во стандартов, 1984. – 60 с.
5. Грибачева О. В. Пространственная структура полевых защитных полос в агроценозах Луганской области / О. В. Грибачева // Лесотехнический журнал. – 2017. – № 4. – С. 47-55.

### References

1. Sustainable environmental management: problem statement and regional experience / Edited by V.M. Zakharov. – M.: Institute of Sustainable Development / Center for Environmental Policy of Russia, 2010. – 192 p.
2. Lukina, N.V. Biodiversity and climate-regulating functions of forests: topical issues and prospects of research / N.V. Lukina, A.P. Geraskina, A.V. Gornov [et al.] // Questions of forest science, 2020. – Vol. 3. – No.4. – pp. 1-90.
3. Bobrovin, Yu.A. Scientific foundations of rational nature management and sustainable development of the region: an analysis of approaches / Yu. A. Bobrovin, V.F. Reznikov // Polzunovsky bulletin, 2005. – 4. – P. 14-22.
4. Trial forest management areas. The method of laying: OST 56-69-83. – M.: Publishing House of Standards, 1984. – 60 p.
5. Gribacheva O.V. Spatial structure of the protective strip in the agrocenoses of the Luhansk region / O.V. Gribacheva // Forestry Engineering journal. – 2017. – No. 4. – P. 47-55.

DOI: 10.58168/CIRCULAR2024\_107-111

УДК 543.544

**ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ОТХОДОВ ДЕРЕВОПЕРЕРАБАТЫВАЮЩЕЙ И ПИЩЕВОЙ  
ПРОМЫШЛЕННОСТИ ДЛЯ УЛУЧШЕНИЯ СВОЙСТВ ДРЕВЕСНЫХ  
КОМПОЗИТОВ**

**THE USE OF WASTE FROM THE WOOD PROCESSING AND FOOD INDUSTRIES  
TO IMPROVE THE PROPERTIES OF WOOD COMPOSITES**

**Дмитренко А.И.**, кандидат технических наук, доцент ФГБОУ ВО «Воронежский государственный лесотехнический университет имени Г.Ф. Морозова», Воронеж, Россия.

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

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

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

**Dmitrenkov A.I.**, PhD in Engineering, Associate Professor, 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, Voronezh State University of Forestry and Technologies named after G.F. Morozov, Voronezh, Russia.

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

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

**Аннотация:** в работе исследованы новые составы для обработки древесины сосны на основе отходов растительного масла с использованием наноразмерного оксида магния. В качестве наполнителя в составе пропиточных композиций использовали древесную муку хвойных пород в количестве от 1 до 3 %, а также нанопорошок оксида магния в дозировке от 0,01 до 0,1 %. Обработка древесины сосны составами на основе растительного масла с добавками оксида магния позволяет улучшить гидрофобные свойства поверхности древесины, снизить её разбухание, влаго- и водопоглощение. Наиболее оптимальными показателями обладали образцы древесины, обработанные составом, содержащим 1% древесной муки, 0,01 % оксида магния и 1 % сиккатива.

**Abstract:** new formulations for processing pine wood based on vegetable oil waste using nanoscale magnesium oxide have been studied. As a filler in the composition of impregnating compositions, coniferous wood flour was used in an amount from 1 to 3%, as well as magnesium oxide nanopowder in a dosage from 0.01 to 0.1%. Processing pine wood with compositions based on vegetable oil with additives of magnesium oxide allows to improve the hydrophobic properties of the wood surface, reduce its swelling, moisture and water absorption. The most optimal parameters were

obtained from wood samples treated with a composition containing 1% wood flour, 0.01% magnesium oxide and 1% siccative.

**Ключевые слова:** древесина, наноразмерный оксид магния, растительное масло, водопоглощение, влагопоглощение.

**Keywords:** wood, nanoscale magnesium oxide, vegetable oil, water absorption, moisture absorption.

Динамически развивающееся промышленное производство создает все больше отходов и побочных продуктов, которые потенциально могут загрязнять окружающую среду и требуют утилизации. К таким отходам и побочным продуктам относятся отработанные фритюрные масла, которые образуются после приготовления пищи, и требуют затрат и сложного оборудования для их утилизации. Такое использованное подсолнечное масло является дешевым, экологически малоопасным продуктом и может быть применено как индивидуально, так и для получения композиционных составов для защитной обработки древесины и изменения её свойств [1-2].

Растительные масла чаще всего променяют в виде эмульсий. Сканирующей электронной микроскопией (ESEM) показано [3], что ряд штаммов грибов не могут прилипнуть к поверхности древесины после её обработки подсолнечным и рапсовым маслами. Кроме того, результаты показали, что адгезия четырех штаммов грибов была снижена при обработке оливковым и льняным маслами.

Перспективным в создании древесных композитов является использование наночастиц различной природы [4-7]. Исследования по применению нанотехнологий в деревообработке в основном сосредоточены на стабильности размеров и устойчивости к воздействию микроорганизмов. Основным преимуществом применения нанотехнологий в деревообработке является уникальная способность наночастиц легко, равномерно и на существенную глубину проникать в сложные структуры древесного вещества [8, 9], что приводит к появлению новых свойств поверхности природной древесины и получаемых самих древесных композитов. Это связано с тем, что наночастицы имеют размеры существенно меньшие, чем углубления в клеточной стенке природной древесины [10]. Обработка на основе наноматериалов обеспечивает изделиям из древесины лучшие эксплуатационные характеристики, чем обычная обработка древесины, благодаря легкому проникновению и распределению, стабильности диспергирования и свойствам низкой вязкости [4]. Эти обработки могут улучшить устойчивость к царапинам и истиранию, блокировку ультрафиолетового излучения, способность реагировать на огонь и гигроскопичность, не влияя на внешний вид древесины. Наиболее широко для целей обработки древесины применяют наночастицы оксидов титана, цинка, селена, кремния и других [4]. Эти наноразмерные оксидные вещества могут применяться индивидуально или в смеси с другими материалами.

Целью данной работы является исследование составов для модифицирования древесины сосны на основе отходов подсолнечного масла с использованием наночастиц оксида магния.

В качестве объектов исследования были выбраны образцы древесины сосны, высушенных до постоянного веса.

Пропиточная композиция была составлена на основе отработанного рафинированного подсолнечного масла, как самого распространенного растительного масла в пищевом производстве. Для большей эффективности в её состав вводили древесную хвойную муку определенной фракции в количестве от 1 до 3 %, нанопорошок оксида магния с концентрацией от 0,01 до 0,1 %, а также сиккатив НФ-1 с концентрацией от 1 до 3 %. Для получения нанопорошка оксида магния использовали золь-гель метод.

Образцы сосны обрабатывали при температуре 120 °С в течение 30 минут с последующим нахождением образцов древесины в холодном масляном составе в течение того же времени.

Свойства древесины оценивали по таким показателям, как краевой угол смачивания поверхности водой, влагопоглощение, водопоглощение и разбухание в тангенциальном и радиальном направлениях.

В таблице приведены показатели древесины обработанных и необработанных образцов после одних суток испытаний в воде.

Таблица 1 - Показатели содержания пропиточного состава, разбухания, влаго- и водопоглощения для древесины сосны

Состав пропиточной композиции	Содержание пропиточного состава, %	Влагопоглощение, %	Водопоглощение, %	Разбухание в тангенциальном направлении, %	Разбухание в радиальном направлении, %
Контрольный образец без пропитки	-	2,80	54,3	6,67	4,91
Растительное масло без наполнителей	29,3	1,89	31,4	6,31	4,82
Отработанное масло с 1% древесной муки и 0,1 % оксида магния	63,5	1,20	27,9	5,65	4,02
Отработанное масло с 1% древесной муки и 0,01 % оксида магния	54,0	1,10	19,5	5,01	3,97
Отработанное масло с 1% древесной муки, 0,01 % оксида магния и 1 % сиккатива	66,4	0,75	15,3	5,54	4,10

На основании оценки краевого угла смачивания образцов сосны следует, что пропитанная масляной композицией поверхность древесины приобретает

водоотталкивающие свойства и становится сверхгидрофобной, чему способствуют наночастицы применяемого оксидного материала.

Показано, что применение предлагаемых составов для пропитки древесины позволит значительно снизить влаго- и водопоглощение натуральной древесины. Введение в состав пропиточной композиции древесной муки способствует её закреплению в полостях древесины, а наночастицы оксида магния создают дополнительные связи с компонентами древесины. Наиболее оптимальными показателями обладали образцы, пропитанные композицией, содержащей 1 % древесной хвойной муки, 0,01 % нанопорошка оксида магния и 1 % сиккатива НФ-1. Для таких образцов водопоглощение после 1 суток испытаний снизилось почти в 4 раза по сравнению с необработанной древесиной и в 2,5 раза по сравнению с обработанной отработанным растительным маслом без добавок. Водопоглощение модифицированных образцов снизилось в 3,5 раза по сравнению с необработанной древесиной и в 2 раза по сравнению с обработанной чистым растительным маслом. Разбухание модифицированных образцов снижается незначительно.

Таким образом, применение предлагаемых составов для модификации природной древесины позволит использовать отходы пищевой промышленности, также получать экологически безопасные древесные материалы с улучшенными свойствами.

### Список литературы

1. Дмитренко А.И., Никулин С.С., Никулина Н.С., Боровской А.М., Недзельская Е.А. Исследование процесса пропитки древесины берёзы отработанным растительным маслом // Лесотехнический журнал. 2020. Том 10. № 2. С. 161-168.
2. Томина Е.В., Дмитренко А.И., Жужукин К.В. Использование наноразмерного ZnO в составах для защитной обработки древесины. Известия высших учебных заведений. Лесной журнал. 2022. № 4. С. 173-184.
3. Bennouna F. et al. The effect of different vegetable oils on cedar wood surface energy: theoretical and experimental fungal adhesion // International Journal of Biomaterials. 2022. Т. 2022.
4. Papadopoulou A. N. et al. Nanomaterials and chemical modifications for enhanced key wood properties: A review // Nanomaterials. 2019. Vol. 9. №. 4. P. 607.
5. Darweesh, A.A.; Bauman, S.J.; Debu, D.T.; Herzog, J.B. The Role of rayleigh-wood anomalies and surface plasmons in optical enhancement for nano-gratings // Nanomaterials. 2018, Vol. 8. P. 809.
6. Lou, Z.; Zhang, Y.; Zhou, M.; Han, H.; Cai, J.; Yang, L.; Yuan, C.; Li, Y. Synthesis of magnetic wood fiber board and corresponding multi-layer magnetic composite board, with electromagnetic wave absorbing properties // Nanomaterials. 2018, Vol. 8, P. 441.
7. Wegner, T.H.; Jones, P. Nanotechnology for the forest products industry // Wood Fiber Sci. 2005. Vol. 37. P. 549–551.
8. Wegner, T.H.; Jones, P. Advancing cellulose-based nanotechnology // Cellulose 2005, Vol. 13, P. 115–118.

9. Ahmed S., Morén T., Sehlstedt-Persson M. et al Effect of oil impregnation on water repellency, dimensional stability and mold susceptibility of thermally modified European aspen and downy birch wood // *J. Wood Sci.* 2017. Vol. 63(1). P.74.

10. Hill C.A.S., Papadopoulos A.N. A review of methods used to determine the size of the cell wall microvoids of wood // *J. Inst. Wood Sci.* 2001. Vol. 15. P. 337–345.

### References

1. Dmitrenkov A.I., Nikulin S.S., Nikulina N.S., Borovskoy A.M., Nedzelskaya E.A. Study of the process of impregnation of birch wood with waste vegetable oil // *Forestry Journal.* 2020. Vol. 10. No. 2. P. 161-168.

2. Tomina E.V., Dmitrenkov A.I., Zhuzhukin K.V. The use of nano-sized zno in compositions for the protective treatment of wood. News of higher educational institutions. Forest magazine. 2022. No.4. P. 173-184.

3. Bennouna F. et al. The effect of different vegetable oils on cedar wood surface energy: theoretical and experimental fungal adhesion // *International Journal of Biomaterials.* 2022. T. 2022.

4. Papadopoulos A. N. et al. Nanomaterials and chemical modifications for enhanced key wood properties: A review // *Nanomaterials.* 2019. Vol. 9. №. 4. P. 607.

5. Darweesh, A.A.; Bauman, S.J.; Debu, D.T.; Herzog, J.B. The Role of rayleigh-wood anomalies and surface plasmons in optical enhancement for nano-gratings // *Nanomaterials.* 2018, Vol. 8. P. 809.

6. Lou, Z.; Zhang, Y.; Zhou, M.; Han, H.; Cai, J.; Yang, L.; Yuan, C.; Li, Y. Synthesis of magnetic wood fiber board and corresponding multi-layer magnetic composite board, with electromagnetic wave absorbing properties // *Nanomaterials.* 2018, Vol. 8, P. 441.

7. Wegner, T.H.; Jones, P. Nanotechnology for the forest products industry // *Wood Fiber Sci.* 2005. Vol. 37. P. 549–551.

8. Wegner, T.H.; Jones, P. Advancing cellulose-based nanotechnology // *Cellulose* 2005, Vol. 13, P. 115–118.

9. Ahmed S., Morén T., Sehlstedt-Persson M. et al Effect of oil impregnation on water repellency, dimensional stability and mold susceptibility of thermally modified European aspen and downy birch wood // *J. Wood Sci.* 2017. Vol. 63(1). P. 74.

10. Hill C.A.S., Papadopoulos A.N. A review of methods used to determine the size of the cell wall microvoids of wood // *J. Inst. Wood Sci.* 2001. Vol. 15. P. 337–345.



DOI: 10.58168/CIRCULAR2024\_112-118

УДК 330.15

**ОСОБО ОХРАНЯЕМЫЕ ПРИРОДНЫЕ ТЕРРИТОРИИ: ДИНАМИКА И РАЗВИТИЕ**  
**SPECIALLY PROTECTED NATURAL AREAS: DYNAMICS AND DEVELOPMENT**

**Добросоцкий М.К.**, докторант ФГБОУ ВО «Воронежский государственный лесотехнический университет имени Г.Ф. Морозова», Воронеж, Россия.

**Морковина С.С.**, доктор экономических наук, профессор ФГБОУ ВО «Воронежский государственный лесотехнический университет имени Г.Ф. Морозова», Воронеж, Россия.

**Dobrosotsky M.K.**, doctoral student, Voronezh State University of Forestry and Technologies named after G.F. Morozov, Voronezh, Russia.

**Morkovina S.S.**, doctor of Economics, Professor, Voronezh State University of Forestry and Technologies named after G.F. Morozov, Voronezh, Russia.

**Аннотация:** в статье рассмотрены вопросы по поддержанию особо охраняемых территорий в контексте глобальных усилий по сохранению биоразнообразия. Разные страны и регионы определяют и обозначают охраняемые территории по-разному в соответствии со своими внутренними правилами, политикой и законодательством. В Российской Федерации, несмотря на важность выполняемых функций, количество ООПТ снижается по причине недофинансирования содержания ценных природных объектов. Сохранение лесов в рамках ООПТ зависит от таких факторов, как признание на местном уровне важности охраняемых экосистем, лесоводственно-биологических характеристик, наличия финансовой поддержки, кадров и охраны заповедной территории, а также действенных механизмов управления.

**Abstract:** the article examines issues of maintaining specially protected areas in the context of global efforts to conserve biodiversity. Different countries and regions define and designate protected areas differently according to their internal regulations, policies and legislation. In the Russian Federation, despite the importance of the functions performed, the number of protected areas is decreasing due to underfunding for the maintenance of valuable natural objects. Forest conservation within protected areas depends on factors such as local recognition of the importance of protected ecosystems, silvicultural and biological characteristics, the availability of financial support, personnel and protection of the protected area, as well as effective management mechanisms.

**Ключевые слова:** охраняемые природные территории, природопользование, менеджмент.

**Keywords:** protected natural areas, environmental management, management.

По данным ФАО, примерно около 11,5 % лесов мира в той или иной степени признаются особо охраняемыми территориями и внесены в Список охраняемых территорий ООН (ФАО, 2000). Однако количество особо охраняемых лесов существенно различаются в разных странах.

Остальная часть лесов планеты – это с различной степенью управляемые леса, которые подвержены как вырубкам, в силу удовлетворения общественных потребностей в древесине, так и процессам лесовосстановления.

В мире насчитывается более 238 563 охраняемых территорий, существенно различающихся по протяженности, уровню защиты и типу управления.

Отметим, что в соответствии с принятой членами ООН Повесткой в области устойчивого развития на период до 2030 года, направленной на ликвидацию нищеты, сохранение ресурсов планеты и обеспечение благополучия для всех, охраняемые природные территории признаны ключевым элементом стратегии устойчивого развития.

Помимо сохранения природы, охраняемые территории имеют решающее значение для востребованных экосистемных услуг. Охраняемые природные территории создают многочисленные блага, включая сохранение генетических ресурсов, обеспечение водой, отдыхом и туризмом, а также защиты от климатических изменений и стихийных бедствий.

Разные страны и регионы определяют и обозначают охраняемые территории по-разному в соответствии со своими внутренними правилами, политикой и законодательством. За последние десятилетия многие страны, включая развивающиеся, значительно расширили территорию своих земель, обозначенных как охраняемые природные территории [1]. Более того, экологи и общественные организации продолжают призывать к увеличению площади лесов в составе особо охраняемых территорий [2].

При этом многие забывают, что придание статуса охраны территории в первую очередь означает дополнительные издержки на ее содержание и управление.

С 1979 года Международный союз охраны природы ввёл систему номенклатуры, применяемой в настоящее время на международном уровне, и служащей основой для сравнения различных охраняемых территорий.

В системе выделено шесть различных категорий охраняемых территорий в зависимости от их цели создания и управления, отличительных особенностей и доступности для населения [3] (табл. 1).

Придание статуса охранных территориям во многом основано на убеждении, что государственная охрана в сочетании с ограниченными видами использования позволит сохранить их для будущих поколений. Почти все ООПТ привязаны к границам урбанизированных территорий, при этом местное население может влиять на их состояние через увеличение антропогенной нагрузки и расширения землепользования [4]. Это определяет необходимость формирования стратегий природопользования, ориентированных на сохранение охраняемых территорий.

Отметим, что выделенные категории предназначены для всех видов охраняемых территорий. При этом некоторые из них могут полностью быть представлены лесными экосистемами, другие будут состоять лишь из частично из лесов, а у некоторых лесные насаждения будут полностью отсутствовать.

Роль особо охраняемых территорий в последние десятилетия существенно возрастает по причине беспрецедентных климатических изменений и многократно возросшей

антропогенной нагрузки на природные системы. Более того, в условиях роста потребления природных ресурсов создание сети особо охраняемых природных территорий (ООПТ) на различных уровнях, от регионального до международного позволяет поддерживать биоразнообразие и снизить риски разрушения экологического каркаса региональных систем и городов [5].

Таблица 1 – Классификация охраняемых территорий

Категории Ia и b: строгий природный резерват	В категорию отнесены большие территории с нетронутой природой. Предусмотрена полная охрана, комплекс мер по защите биоразнообразия. Посещение и использование ограничены и строго контролируются. Открыты для изучения и мониторинга.
Категория II: национальный парк	В категорию отнесены большие природные или прилегающие к природным территории, отведенные для защиты экосистем и протекающих экологических процессов. Предусмотрена охрана экосистем, сочетающаяся с туризмом. Возможно посещение для экологических, культурно-духовных, научных, образовательных и туристических целей.
Категория III: памятник природы	В категорию отнесены территории, выделенные для защиты конкретного памятника природы. Небольшие охраняемые территории, имеющие культурно-историческую, экологическую ценность в конкретном регионе. Предусмотрена охрана природных достопримечательностей. Открыты для посетителей.
Категория IV: заказник	В категорию отнесены территории, обеспечивающие защиту конкретных видов растений или животных, а также среды обитания. Предусмотрено сохранение местообитаний и видов через контроль и активное управление. Открыты для посетителей.
Категория V: охраняемые наземные и морские ландшафты	В категорию отнесены территории особого характера, имеющие значительную экологическую, биологическую, культурную и историческую ценность. Предусмотрено обеспечение целостности и охраны наземных и морских ландшафтов. Открыты для посетителей, туризма, рекреации.
Категория VI: охраняемые территории с управляемыми ресурсами	В категорию отнесены территории, включающие преимущественно неизменные природные системы, управляемые с целью обеспечения долгосрочного сохранения и поддержания биологического разнообразия при одновременном обеспечении устойчивого потока природных товаров и услуг для удовлетворения общественных потребностей. Открыты для посетителей, осуществления отдельных видов хозяйственной деятельности.

Статус особо охраняемых природных территорий в Российской Федерации определяется Федеральным законом от 14.03.1995 № 33-ФЗ «Об особо охраняемых природных территориях» [6].

Согласно которому к особо охраняемым природным территориям (далее - ООПТ) относятся участки земли, водной поверхности и воздушного пространства над ними, где располагаются природные комплексы и объекты, объекты растительного и животного мира, естественные экологические системы, которые имеют особое природоохранное, научное, культурное, эстетическое, рекреационное и оздоровительное значение, которые изъяты решениями органов государственной власти полностью или частично из хозяйственного использования и для которых установлен режим особой охраны.

Данный Федеральный закон регулирует отношения в области охраны и использования, в том числе создания, особо охраняемых природных территорий в целях сохранения уникальных и типичных природных комплексов и объектов, объектов растительного и животного мира, естественных экологических систем, биоразнообразия, проведения научных исследований в области охраны окружающей среды, экологического мониторинга, экологического просвещения.

Придания территории статуса ООПТ осуществляется в рамках территориального планирования с учетом важных критериев:

- важности территории для поддержания биологического разнообразия;
- наличия ценных научных, культурных или эстетических объектов.

Следует отметить, что ООПТ разнообразны и включают в себя национальные парки, государственные природные заповедники, в том числе биосферные заповедники, государственные природные заказники, природные парки, дендрологические парки и ботанические сады, существенно различающиеся по целевым установкам и выполняемым функциям (рис. 1).

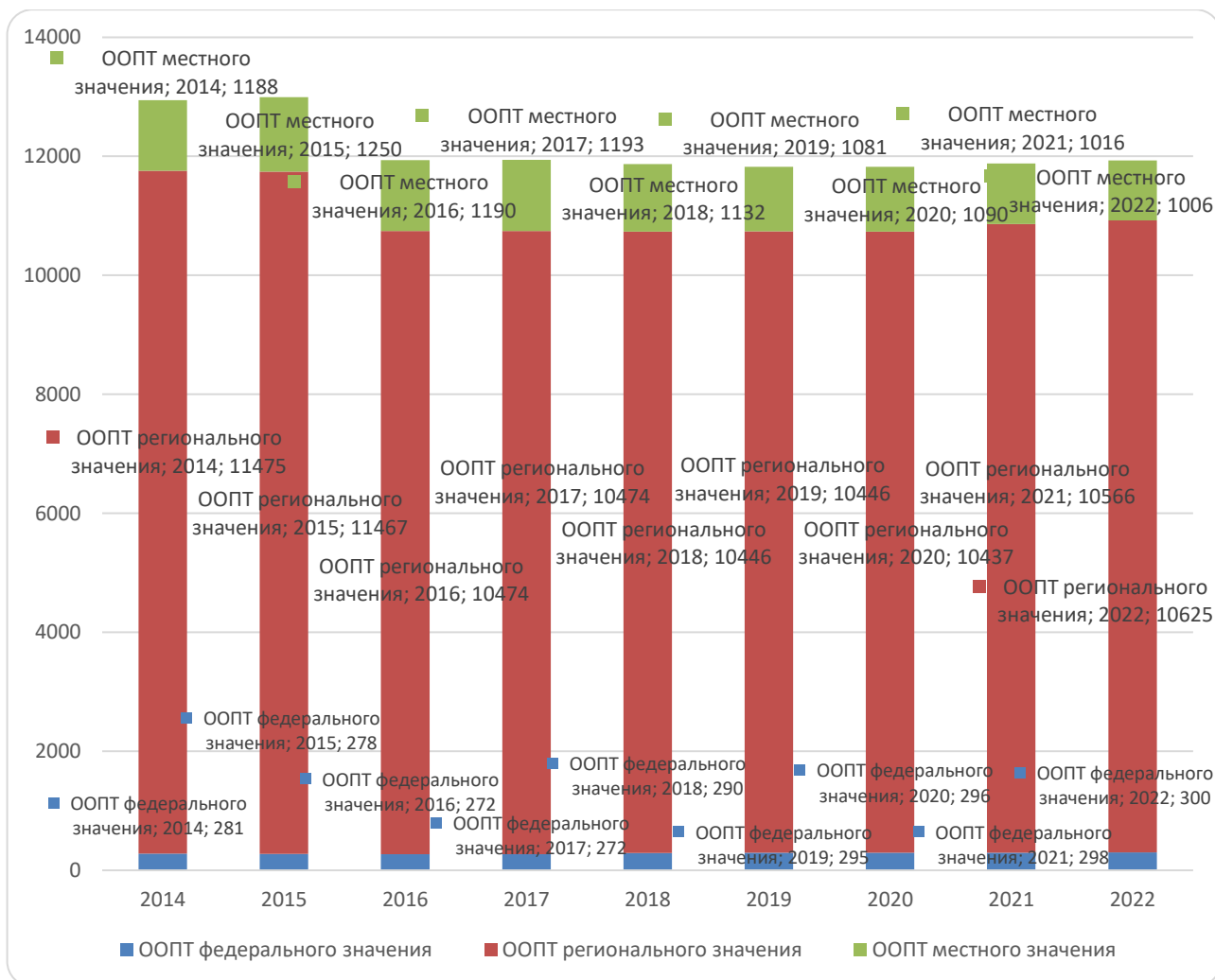


Рисунок 1 – Динамика количества ООПТ, ед

Согласно положениям законодательства ООПТ могут иметь федеральное, региональное или местное значение и находиться в ведении соответственно федеральных органов исполнительной власти, органов исполнительной власти субъектов Российской Федерации и органов местного самоуправления.

В Российской Федерации в 2022 году числилось 11931 ООПТ, которые занимали площадь чуть более 244 млн.га. Примечательно, что начиная с 2014 количество ООПТ снижалось и к концу 2022 года это падение составило на 8%. Наибольшие темпы снижения числа ООПТ были в региональных системах, в то время как на федеральном уровне количество охраняемых природных комплексов возросло с 281 до 300 единиц к 2022 году.

Причины выбытия территорий различны, однако одной из наиболее весомых является хроническое недофинансирование содержания ценных природных объектов.

Органы местного самоуправления создают особо охраняемые природные территории местного значения на земельных участках, находящихся в собственности соответствующего муниципального образования. В случае, если создаваемая особо охраняемая природная территория будет занимать более чем пять процентов от общей площади земельных участков, находящихся в собственности муниципального образования, решение о создании особо

охраняемой природной территории орган местного самоуправления согласовывает с органом государственной власти соответствующего субъекта Российской Федерации. Особо охраняемые природные территории являются самостоятельными природными объектами, ресурсами; они объединяют, как правило, уникальные участки земель, недр, лесов, водоемов, объекты животного и растительного мира, ландшафты. В то же время они одновременно выступают и особыми самостоятельными формами охраны окружающей среды. Создание и режим указанных объектов, территорий регулируются двумя важными Федеральными законами: «Об особо охраняемых природных территориях» (от 14 марта 1995 г. N 33-ФЗ) и «О природных лечебных ресурсах, лечебно - оздоровительных местностях и курортах» (от 23 февраля 1995 г. N 26-ФЗ).

Следует отметить, что сформированная система особо охраняемых природных территорий является одним из наиболее значимых природоохранных достижений нашей страны. Однако и несмотря на увеличение количества ООПТ как в нашей стране, так и во всем мире, их общая эффективность в поддержании биоразнообразия все чаще ставится под сомнение [7].

В работах исследователей данной проблематики неоднократно подчеркивалось, что особо охраняемые природные территории предназначены для сохранения типичных и уникальных природных ландшафтов, разнообразия животного и растительного мира, охраны объектов природного и культурного наследия, при этом объемов выделяемого финансирования для их поддержания недостаточно [8].

Считаем, что сохранение лесов в рамках ООПТ зависит от целого ряда факторов, таких как признание на местном уровне важности ООПТ, лесоводственно-биологические характеристики экосистем, наличие финансовой поддержки, кадры и охрана заповедной территории, а также механизмы управления. Законодательство об ООПТ может обеспечить институциональную основу природопользования, но именно местные пользователи ресурсов определяют, будет ли политика в области охраняемой территории успешной.

### Список литературы

1. 003 United Nations List of protect areas vii (Stuart Chape et al., compilers, 2003), available at [http://www.unep-wcmc.org/index.html?http://www.unep-wcmc.org/protected\\_areas/UN\\_list/~main](http://www.unep-wcmc.org/index.html?http://www.unep-wcmc.org/protected_areas/UN_list/~main).
- 2 Richard E. Rice et al., Sustainable forest management: a review of conventional wisdom (2001); World Wildlife Federation, Are protected areas working? An analysis of forest protected areas by WWF (2004) , available at [http://www.panda.org/downloads/forests/areprotectedareas\\_working.pdf](http://www.panda.org/downloads/forests/areprotectedareas_working.pdf); Francis E.
3. Putz et al., Tropical Forest Management and Conservation of Biodiversity: An Overview, CONSERVATION BIOLOGY 7 (2001); Richard E. Rice et al., Can Sustainable Management Save Tropical Forests, 276 SCI. AM. 44 (1997).
4. Cota, M. 2018. Pseudocalotes khaonanensis. The IUCN Red List of Threatened Species 2018: e.T104651572A104651577. <http://dx.doi.org/10.2305/IUCN.UK.2018-2.RLTS.T104651572A104651577.en>.

5. Pourmajidian, Mohammad & Yousefi Valikchali, Majid & Darvishi, Leila. Protected Areas in the Face of Environmental Challenges. The Iranian National Conference on Environment and Energy (INCEE 2014). -2014 [https://www.researchgate.net/publication/265377143\\_Protected\\_Areas\\_in\\_the\\_Face\\_of\\_Environmental\\_Challenges](https://www.researchgate.net/publication/265377143_Protected_Areas_in_the_Face_of_Environmental_Challenges).

6. Федеральный закон от 14.03.1995 №33-ФЗ «Об особо охраняемых природных территориях».

7. Forest ecosystem services in the system of sustainable forest use of sparsely forested regions of Russia / N. N. Kharchenko, S. S. Morkovina, D. Y. Kapitonov, O. S. Lisova // Journal of Engineering and Applied Sciences. – 2018. – Vol. 13, No. 10. – P. 3567-3572. – DOI 10.3923/jeasci.2018.3567.3572. – EDN VBXKHW.

8. Butchart, S. et al. (2012). Protecting Important Sites for Biodiversity Contributes to Meeting Global Conservation Targets. PLoS One 7(3): e32529. doi:10.1371/journal.pone.0032529 DOI : 10.1371/journal.pone.0032529.

### References

1. 003 United Nations List of protect areas vii (Stuart Chape et al., compilers, 2003), available at [http://www.unep-wcmc.org/index.html?http://www.unep-wcmc.org/protected\\_areas/UN\\_list/~main](http://www.unep-wcmc.org/index.html?http://www.unep-wcmc.org/protected_areas/UN_list/~main).

2 Richard E. Rice et al., Sustainable forest management: a review of conventional wisdom (2001); World Wildlife Federation, Are protected areas working? An analysis of forest protected areas by WWF (2004) , available at <http://www.panda.org/downloads/forests/areprotectedareasworking.pdf>; Francis E.

3. Putz et al., Tropical Forest Management and Conservation of Biodiversity: An Overview, CONSERVATION BIOLOGY 7 (2001); Richard E. Rice et al., Can Sustainable Management Save Tropical Forests, 276 SCI. AM. 44 (1997).

4. Cota, M. 2018. Pseudocalotes khaonanensis. The IUCN Red List of Threatened Species 2018: e.T104651572A104651577. <http://dx.doi.org/10.2305/IUCN.UK.2018-2.RLTS.T104651572A104651577.en>.

5. Pourmajidian, Mohammad & Yousefi Valikchali, Majid & Darvishi, Leila. Protected Areas in the Face of Environmental Challenges. The Iranian National Conference on Environment and Energy (INCEE 2014). -2014 [https://www.researchgate.net/publication/265377143\\_Protected\\_Areas\\_in\\_the\\_Face\\_of\\_Environmental\\_Challenges](https://www.researchgate.net/publication/265377143_Protected_Areas_in_the_Face_of_Environmental_Challenges).

6. Federal Law of March 14, 1995 No. 33-FZ “On Specially Protected Natural Areas.”

7. Forest ecosystem services in the system of sustainable forest use of sparsely forested regions of Russia / N. N. Kharchenko, S. S. Morkovina, D. Y. Kapitonov, O. S. Lisova // Journal of Engineering and Applied Sciences. – 2018. – Vol. 13, No. 10. – P. 3567-3572. – DOI 10.3923/jeasci.2018.3567.3572. – EDN VBXKHW.

8. Butchart, S. et al. (2012). Protecting Important Sites for Biodiversity Contributes to Meeting Global Conservation Targets. PLoS One 7(3): e32529. doi:10.1371/journal.pone.0032529 DOI : 10.1371/journal.pone.0032529.

DOI: 10.58168/CIRCULAR2024\_119-124

УДК 624

**СОВРЕМЕННЫЕ ДРЕВЕСНЫЕ МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ СОЗДАНИЯ  
ПРОЧНЫХ И СТИЛЬНЫХ ТЕРРАС НА ОТКРЫТОМ ВОЗДУХЕ****MODERN WOOD MATERIALS FOR BUILDING DURABLE  
AND STYLISH OUTDOOR PATIOS**

**Елфимова Ю.П.**, студент ФГБОУ ВО «Воронежский государственный лесотехнический университет имени Г.Ф. Морозова», Воронеж, Россия. **Elfimova Yu.P.**, student, Voronezh State University of Forestry and Technologies named after G.F. Morozov, Voronezh, Russia.

**Лавлинская О.В.**, кандидат технических наук, доцент ФГБОУ ВО «Воронежский государственный лесотехнический университет им. Г.Ф. Морозова», Воронеж, Россия. **Lavlinskaya O.V.**, candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Voronezh State University of Forestry and Technologies named after G.F. Morozov, Voronezh, Russia.

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

**Аннотация:** в данной статье при планировании создания современных прочных и стильных террас на открытом воздухе, возникает вопрос о выборе материала. Изучив различные варианты используемых материалов, можно остановиться на выборе материала на основе древесно-полимерного композита. Рассмотрим плюсы и минусы, технологию производства, характеристики данного материала, а также уделим внимание его разновидностям.

**Abstract:** in this paper, when planning to create modern durable and stylish outdoor terraces, the question of material selection arises. Having studied various variants of used materials, it is possible to stop on a choice of material on the basis of wood-polymer composite. Let's consider the pros and cons, production technology, characteristics of this material, as well as pay attention to its varieties.

**Ключевые слова:** древесно-полимерный композит, декинг, террасная доска, древесная мука, полимеры, экструзия

**Keywords:** wood-polymer composite, decking, terrace board, wood flour, polymers, extrusion.

Изучив различные современные древесные материалы для террас на открытом воздухе, мы остановили свой выбор на декинге, а именно на древесно-полимерном композите (ДПК). Композитная террасная доска – это покрытие, в котором 50-70 % составляет древесная мука и



25-50% полимер. Данные пропорции позволяют обеспечить устойчивость к влажной среде, препятствуя процессам гниения. В состав ДПК входят не только древесные частицы и термопластичные полимеры, а также комплекс химических добавок (экодобавки), модификаторов и красители. Данный материал отличается высокой износостойкостью, простотой монтажа и эксплуатации, и долговечностью. Эти свойства позволяют стелить террасную доску на открытом воздухе даже рядом с водой.

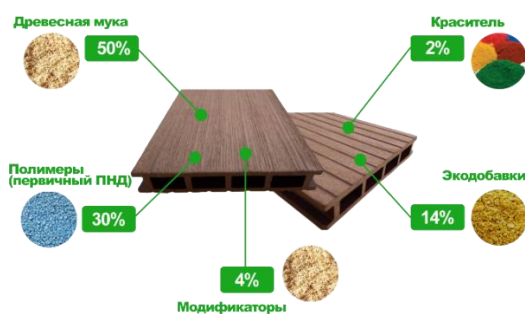


Рисунок 1 – Состав ДПК

Если заглянуть в историю создания выбранного композита, то становится известно, что в самом начале для его производства использовались плотные породы древесины с большим количеством смолы. В настоящее время в качестве сырья выбирают древесину хвойных, лиственных пород или их смесь. Так же в состав ДПК входят полимеры. Они бывают трёх видов: ПВХ (поливинилхлорид), ПЭ (полиэтилен) и ПП (пропилен). Соотношение древесины и полимера может быть различным. Для создания композитной доски используют различные рецептуры: в некоторых 70 % составляет древесина, а остальное полимер, а в других соотношение древесина-полимер могут быть 50/50 %. Состав ДПК влияет на свойства материала. Если в составе больше древесины, то доска имеет «деревянный» вид, но тогда она становится более мягкой. Также выбор полимера влияет на внешний вид, например, самый «натуральный» вид на основе ПП, а вот самый «пластиковый» с ПВХ. Для декинга предпочтение отдается ПЭ. Для придания необходимых эксплуатационных свойств композитной террасной доске добавляют модификаторы. Например, введение акриловых модификаторов способствует повышению ударной вязкости материала и минимальному короблению при нагреве на открытом воздухе.

Древесно-полимерный композит является современным материалом искусственного происхождения. Производится он преимущественно методом экструзии. Выделяют три основных способа. Прямая одноступенчатая схема предполагает подачу в экструдер всех компонентов одновременно, предварительно смешанных в смесителе. Второй способ - двухступенчатая схема с предварительной грануляцией всех компонентов, обеспечивающая более стабильный процесс экструзии, чем при первом способе. Экструзия с вводом древесного наполнителя в зону пластикации экструдера представляет собой третий способ изготовления ДПК.

Рассмотрим процесс одноступенчатой схемы при котором прямая экструзия подачи измельченных древесных частиц, полимера и добавок вводится через систему объемного дозирования в экструдер. Системы объемного дозирования контролируют фракционный состав древесного наполнителя. Для древесной муки размеры частиц должны соответствовать 0,01-1 мм. Требования по влажности древесного наполнителя могут быть различны в зависимости от применяемого типа оборудования. Для одного типа станков рекомендуемая влажность 3 %, а для другого типа – 10-12%.

Метод прямой экструзии заключается в том, что в зону предварительного плавления вводятся добавки и полимеры, а древесная мука загружается в полученную расплавленную массу через отдельное отверстие. Далее смесь перемешивается до однородного состояния и под давлением подается в специальные формирующие отверстия-фильеры и продавливаются через них. Сформованное изделие перемещается по конвейеру для дальнейшей обрезки в заданный размер.



Рисунок 2 – Внешний вид экструдера

Полученная продукция получается ровной и глянцевой, что не очень практично для последующего использования. С этой целью производится финишная обработка. В неё может входить шлифовка, брашинг или же 3D-тиснение.

Рассмотрим виды террасных досок из ДПК. Полнотелая представляет собой сплошной композит без пустот, такой вид больше всего подходит для общественных мест, где на материал нагрузка приходится в большей степени. Второй вид - пустотелая - идеально подходит для частного использования.

Так же террасные доски различают по способу настила. Традиционно применяются два типа настила: сплошной настил и с зазорами. Сплошной заключается в том, что настил имеет шпунт и паз. Этим способом настил укладывается практически без зазоров. Конечно, при такой укладке есть свои минусы: вода уходит медленно и при сильных дождях образуются лужи. Так же у сплошного настила есть и плюсы: в щели не упадут мелкие вещи, а дамам на каблуках можно спокойно ходить по этому настилу и не бояться, что каблук застрянет в щели. Не сплошной настил обычно укладывается с зазором в несколько миллиметров, что позволяет воде не скапливаться на поверхности и уходить под настил.

Террасные настилы различают по видам поверхности. Так ДПК может иметь большое разнообразие поверхностей, но есть два основных типа: с канавками (вельвет) и с имитацией под древесину.

Несмотря на то, что ДПК по составу препятствует процессу гниения, её необходимо дополнительно обрабатывать. Рекомендуются два типа лакокрасочных состава для защиты: протекторные пропитки, эмали и лаки. Самым главным требованием для защитно-декоративных покрытий является наличие пометок «для наружных работ» и «для террас».

Если важно сохранить вид ДПК, но при этом защитить изделие от негативных факторов, то протекторная пропитка станет лучшим выбором. Она проникает в волокна, что позволит защитить от гниения и появления насекомых, а также не создаст пленку на поверхности. Из пропитки можно выделить три самых подходящих варианта: антисептический грунт, декоративно-защитные пропитки, огнебиозащитные составы.



Рисунок 3 – Виды ДПК

Используя эмали и лаки получают покрытия отличающиеся от указанного выше. Наоборот они создают твердые плёнки, что позволит упростить уборку террас, но при термическом расширении покрытие будет растрескиваться. Единственный лак, который подходит больше всего и позволит ДПК переносить воздействие окружающей среды – это яхтный лак. Он производится на алкидно-уретановой основе. При эксплуатации изделий покрытие предотвращает выгорание древесины, её загрязнение и намокание. Но защитный слой недолговечен, поэтому его придется обновлять каждые 1-2 сезона.

Рассмотрим плюсы и минусы композитной террасной доски.

К преимуществам можно отнести гидрофобность. Несмотря на обилие воды на поверхности свойства и внешний вид досок не изменятся при их эксплуатации. Водопоглощение материала составляет всего 1-2%. Отсутствие привлекательности для насекомых – синтетическая смесь не подвергается воздействию живых организмов. Следует отметить экологичность материала, так как не выделяется в атмосферу токсичных веществ. Пожаробезопасность – при пожаре она будет тлеть, но для этого температура должна быть отметки 600°C и выше. Следует отметить, что специальная обработка композитных досок исключает скольжение. Композит имеют высокую долговечность, производители дают гарантийный срок на свою продукцию 30-50 лет. Хорошо переносит жесткие условия эксплуатации, диапазон температур от -50 до +50°C.

К недостаткам следует отнести большое температурное расширение ДПК. Декинг требует периодического обновления защитного покрытия. При установке террас на открытом воздухе возникает проблема монтажа в зависимости от уровня покрытия.

Рассмотрев различные технологии изготовления террасных досок для открытого воздуха можно сделать вывод, что метод прямой экструзии позволяет снизить энерго-затраты на производство. Различные составы ДПК позволят получить изделия с заранее заданными характеристикам. При анализе литературных источников выяснили, что полнотелые конструкции ДПК востребованы для создания террас в общественных местах, а пустотелые для частных владений.

Изучив все вышеуказанные характеристики древесно-полимерного композита можно сказать, что он является современным древесным материалом для создания прочных и стильных террас на открытом воздухе.

### Список литературы

1. Древесно-полимерный композит // Википедия: официальный сайт . – URL: [https://ru.wikipedia.org/wiki/Древесно-полимерный\\_композит](https://ru.wikipedia.org/wiki/Древесно-полимерный_композит).
2. Как делают террасную доску – технология изготовления: официальный сайт Instylewood. – URL: <https://instylewood.ru/blog/kak-delayut-terrasnuyu-dosku>.
3. Древесно-полимерный композит: виды, свойства, характеристики: официальный сайт Страна. – URL: <https://m-strana.ru/articles/drevesno-polimernyy-kompozit/>.
4. Террасная доска (декинг) из ДПК: что это, виды, размеры, выбор, монтаж: официальный сайт Stroychik. – URL: <https://stroychik.ru/strojmaterialy-i-tehnologii/terrasnaya-doska-dpk?ysclid=lvvaa9u3tq409039182>.
5. ДПК что это такое, характеристики, особенности и виды древесно-полимерного композита // Wooddecker. – URL: <https://wooddecker.ru/articles/chto-takoe-dpk>.
6. Файзуллин И. З. Древесно-полимерные композиционные материалы на основе полипропилена и модифицированного древесного наполнителя: дисс. ... канд. техн. наук. - Казань, 2015. – 203 с.
7. Получение и применение изделий из древесно-полимерных композитов с термопластичными полимерными матрицами: учебное пособие / В. В. Глухих, Н. М. Мухин, А. Е. Шкуро, В.Г. Бурындин; УГЛТУ. - Екатеринбург: УГЛТУ, 2014.- 85 с.

### References

1. Wood-polymer composite // Wikipedia: official Website. – URL: [https://ru.wikipedia.org/wiki/Древесно-полимерный\\_композит](https://ru.wikipedia.org/wiki/Древесно-полимерный_композит).
2. How to make a decking board – technology of manufacturing: official site Instylewood. - URL: <https://instylewood.ru/blog/kak-delayut-terrasnuyu-dosku>.

3. Wood-polymer composite: types, properties, characteristics: Country official website. - URL: <https://m-strana.ru/articles/drevesno-polimernyy-kompozit/>.
4. Terrace board (decking) from WPC: what it is, types, sizes, choice, installation: official site Stroychik. - URL: <https://stroychik.ru/strojmaterialy-i-tehnologii/terrasnaya-doska-dpk?ysclid=lvvaa9u3tq409039182>.
5. WPC what it is, characteristics, features and types of wood-polymer composite // Wooddecker. - URL: <https://wooddecker.ru/articles/chto-takoe-dpk>.
6. Faizullin I. Z. Wood-polymer composite materials on the basis of polypropylene and modified wood filler: dissertation for the degree of Candidate of Technical Sciences. - Kazan, 2015. - 203 p.
7. Obtaining and application of products from wood-polymer composites with thermoplastic polymer matrices: textbook / V. V. Glukhikh, N. M. Mukhin, A.E. Shkuro, V.G. Buryndin; UGLTU. - Ekaterinburg: UGLTU, 2014.- 85 p.

DOI: 10.58168/CIRCULAR2024\_125-130

УДК 338.012

**МЕРЫ ГОСУДАРСТВЕННОЙ ПОДДЕРЖКИ СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА  
В ВОРОНЕЖСКОЙ ОБЛАСТИ**

**MEASURES OF STATE SUPPORT FOR AGRICULTURE IN THE VORONEZH REGION**

**Жильцова Э.Л.**, преподаватель ФГБОУ ВО «Воронежский государственный лесотехнический университет имени Г.Ф. Морозова», Воронеж, Россия. **Zhiltsova E.L.**, Lecturer, Voronezh State University of Forestry and Technologies named after G.F. Morozov, Voronezh, Russia.

**Дрёмова Д.А.**, студентка ФГБОУ ВО «Воронежский государственный лесотехнический университет имени Г.Ф. Морозова», Воронеж, Россия. **Dremova D.A.**, student, Voronezh State University of Forestry and Technologies named after G.F. Morozov, Voronezh, Russia.

**Аннотация:** в условиях современного экономического развития страны растет значение государства как ключевого фактора в достижении экономического прогресса и укрепления социальной стабильности. Сельское хозяйство, из-за своей особенной природы функционирования, требует дополнительного регулирования и поддержки от государства.

**Abstract:** in the context of modern economic development of the country, the importance of the state as a key factor in achieving economic progress and strengthening social stability is growing. Agriculture, due to its special nature of functioning, requires additional regulation and support from the state.

**Ключевые слова:** АПК, сельскохозяйственные производители, экономика сельского хозяйства, аграрная сфера, экспорт, господдержка, инвестиционный климат, конкурентоспособность, технологические процессы.

**Keywords:** agro-industrial complex, agricultural producers, agricultural economics, agricultural sector, exports, state support, investment climate, competitiveness, technological processes.

В условиях современного экономического развития страны растет значение государства как ключевого фактора в достижении экономического прогресса и укрепления социальной стабильности. Сельское хозяйство, из-за своей особенной природы функционирования, требует дополнительного регулирования и поддержки от государства.

Существующий уровень развития сельскохозяйственной отрасли, низкая привлекательность для инвестиций, и высокий уровень риска в предпринимательской деятельности подчеркивают необходимость более осмысленного и комплексного подхода со стороны федеральных и региональных властей к формированию аграрной политики [1]. Агропромышленный комплекс, представляет собой совокупность отраслей народного

хозяйства, связанных с развитием сельского хозяйства, обслуживанием его производства и доведением сельскохозяйственной продукции до потребителя.

Основными социально-экономическими целями развития АПК являются:

- развитие устойчивого роста сельхозпроизводства;
- изучение и принятие решения продовольственных проблем страны;
- удовлетворение спроса непродовольственными товарами из сельскохозяйственного сырья различных слоев населения;
- перестройка агропромышленного производства на преимущественно интенсивную форму развития, обеспечение опережающего роста производства конечной продукции;
- улучшение использования ресурсного потенциала и повышение на этой основе эффективности производства;
- изменение структуры внешнеторгового оборота в целях постепенного превращения страны в экспортера продовольственной продукции. [2].

С переходом России к рыночной экономике проблемы государственного регулирования аграрной сферы стали немаловажны. Сельское хозяйство как особая отрасль, практически в любой стране отстает от других отраслей и во всех странах она наиболее поддерживается государством, в том числе и России. Воронежская область является не исключением.

Ключевой отраслью экономики среди других отраслей для Воронежской области является сельское хозяйство.



Рисунок 1 - Земельные ресурсы Воронежской области

Воронежская область входит в пятерку лучших аграрных регионов России. По предварительным данным, в прошедшем году 4,4 % продукции сельского хозяйства Российской Федерации и 15,5 % продукции Центрального Федерального округа было произведено в Воронежской области [3].

Для поддержки развития сельского хозяйства в регионе принимаются различные меры государственной поддержки, которые способствуют увеличению производства, повышению качества продукции и развитию сельских территорий.

В качестве мер поддержки сельского хозяйства в Воронежской области являются: предоставление субсидий и грантов производителям сельскохозяйственной продукции. Эти меры направлены на компенсацию затрат на закупку семян, удобрений, топлива, а также на поддержку молодых фермеров и сельхозпредприятий. Благодаря субсидиям и грантам сельскохозяйственные производители могут улучшить технологические процессы, повысить эффективность использования земли и увеличить объем производства.

В 2023 году Воронежская область заняла второе место в Центральном федеральном округе и третье среди регионов России по объему средств государственной поддержки сельского хозяйства и агропромышленного комплекса. Согласно данным воронежского филиала ФГБУ "Центр Агроаналитики", общая сумма выделенных субсидий составила 7,93 миллиарда рублей. Это на 24,4% больше, чем в предыдущем году. Из этой суммы 6,8 миллиарда рублей поступили из федерального бюджета, а 1,1 миллиарда рублей были выделены из региональной казны для поддержки сельского хозяйства и сельских территорий. Мерами поддержки в итоге воспользовались 1 215 организаций: 798 крестьянско-фермерских хозяйств, 344 сельхозпредприятия, 33 личных подсобных хозяйств, 26 предприятий пищевой и перерабатывающей промышленности и 14 сельхозкооперативов [4]. Данная информация наглядно представлена на рис. 1.

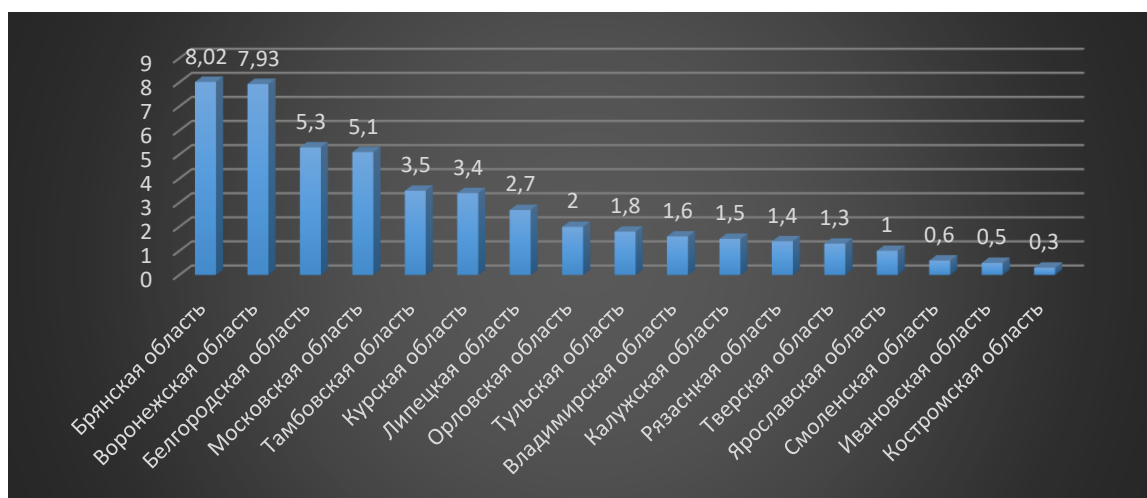


Рисунок 2 - Рейтинг регионов ЦФО по объёму перечисленных средств господдержки АПК в 2023 году (млрд руб.)





Рисунок 3 - Объем государственной поддержки отдельных направлений АПК в Воронежской области на 2023 год [2]

На поддержку по отдельным подотраслям растениеводства и животноводства планируется направить федеральных 1 949,30 млн руб., региональных 317,30 млн руб. денежных средств из бюджета, 66 процентов от плана сельхозпроизводители уже получили. Для погашения инвестиционных займов в агропромышленном комплексе регионом заложено 1 100 млн. руб. из бюджета РФ и 4901 млн руб. из бюджета области. Всего 1 591 млн руб. из которых получателям уже выплачено 53,5 процентов этих средств.

Также до Воронежских предпринимателей - аграриев в целях стимулирования подотраслей АПК выделено 981,4 млн. руб. в том, числе 844 млн. руб. - федеральные средства и 137,4 млн/ руб. - региональные. На развитие сельских территорий Воронежской области предусмотрено 622,4 млн. руб.

В полном объеме в размере 521 млн. руб. средства господдержки выделены и выплачены на производство и реализацию зерновых культур. Всего в прошлом году было профинансировано для поддержки фермеров в Воронежской области Объем финансирования на создание системы поддержки фермеров 46,5 млн. руб. Получателям этой государственной поддержки уже было выплачено более половины этой суммы – 24,3 млн. руб., что составляет 52,2 процента.

В текущем году на аккредитацию совершенно нового направления - ветеринарных лабораторий в национальной системе аккредитации — заложено 43 млн. руб. (из них 42,1 млн руб. из бюджета РФ и 0,9 млн руб. из бюджета Воронежской области). Получатели уже в первом квартале получили около 75% выделенных средств [5].

Еще одной важной мерой поддержки сельского хозяйства в регионе является создание инфраструктуры для сельскохозяйственных предприятий. Воронежская область активно развивает сельские дороги, орошаемые земли, склады хранения сельскохозяйственной продукции и другие объекты инфраструктуры, которые обеспечивают нормальное функционирование сельскохозяйственных предприятий. Это способствует увеличению объемов производства, снижению затрат и повышению конкурентоспособности сельского

хозяйства Воронежской области. Кроме того, в Воронежской области предусмотрена также поддержка развития сельского туризма и агропромышленного комплекса. Эти меры способствуют увеличению доходов сельскохозяйственных предприятий за счет дополнительных услуг и продукции, таких как организация экскурсий на фермы, проведение мероприятий на природе или созданием агропарков. Это способствует развитию сельских территорий, увеличению туристического потока и повышению интереса к сельскому хозяйству.

В 2023 году Воронежская область - крупный поставщик сельскохозяйственной продукции. Здесь производят зерно (в основном пшеницу), сахарную свёклу, подсолнечник и другие технические культуры, картофель и овощи. В целом профиль сельского хозяйства - свекловичный с посевами подсолнечника и зерновых культур, молочно-мясным скотоводством, свиноводством и овцеводством. Вот одна из самых крупнейших в России экспортеров сельскохозяйственной продукции (пшеницы, ячменя, кукурузы, и др.) компания «Деметра Трейдинг», которая работает на рынке с 2014 года. Она поставляет свою продукцию в более чем в 30 стран мира.

Именно благодаря поддержке со стороны государства Россия за прошедший год экспортировала 60 млн. тонн, которые оказались рекордными в сравнении с аналогичным периодом так, например, общий объем экспорта в 2022 году 157,7 млн. тонн зерна, из них 104,2 млн. тонн пшеницы, в 2021 году урожай составил 121,4 млн. тонн, из них 76,1 млн. тонн пшеницы. По данным мониторинга Минсельхоза со ссылкой на оперативные данные ФТС России, экспорт зерна из РФ в 2022 сельхозгоду составил 38,1 млн. тонн, в том числе экспорт пшеницы - 30,7 млн тонн.

Подводя итоги, следует подчеркнуть, что с помощью системы рычагов и стимулирования, которыми государство влияет на рыночную экономику обеспечивается и поддерживается устойчивое аграрное производство сельхозпродукции внутри страны. Это особенно важно, поскольку кризис в этой отрасли может быть вызван различным рядом экономических факторов в проведении аграрной политики государства, а также связанных с природными условиями (восстановление потерянного плодородия почв на это может уйти более 20 лет).

### Список литературы

1. Баклаженко Г. Реформирование административной системы в АПК – №6. – 2022.
2. Статистические данные Территориального органа Федеральной службы государственной статистики по Воронежской области. – URL: <http://voronezhstat.gks.ru/>
3. Меньше, но лучше. Росстат представил предварительные итоги сельхозмикрорепериси // Территориальный орган Федеральной службы государственной статистики по Воронежской области. – URL: <https://36.rosstat.gov.ru/news/document/165617?ysclid=1w08waybez343174996>.

4. Господдержка АПК и сел Воронежской области в 2023 году составила почти 8 млрд руб. // URL: <https://specagro.ru/news/202401/gospodderzhka-apk-i-sel-voronezhskoy-oblasti-v-2023-godu-sostavila-pochti-8-mlrd-rub?ysclid=lw090xrjq3979609252>.

5. Лешович Н.В., Елесина М.В., Рашкева И.В. Сельское хозяйство Воронежской области и перспективы его развития // Гуманитарные, социально-экономические и общественные науки.

### References

1. Baklazhenko G. Reforming the administrative system in the agro-industrial complex – No.6. - 2022.

2. Statistical data of the Territorial body of the Federal State Statistics Service for the Voronezh region. – URL: <http://voronezhstat.gks.ru/>

3. Smaller, but better. Rosstat presented the preliminary results of the agricultural micro-census // The territorial body of the Federal State Statistics Service for the Voronezh Region URL: <https://36.rosstat.gov.ru/news/document/165617?ysclid=lw08waybez343174996>

4. State support for the agro-industrial complex and villages of the Voronezh region in 2023 amounted to almost 8 billion rubles. // URL: <https://specagro.ru/news/202401/gospodderzhka-apk-i-sel-voronezhskoy-oblasti-v-2023-godu-sostavila-pochti-8-mlrd-rub?ysclid=lw090xrjq3979609252>.

5. Levoshich N.V., Yelesina M.V., Rashkeeva I.V. Agriculture of the Voronezh region and prospects for its development // Humanities, socio-economic and social sciences.

DOI: 10.58168/CIRCULAR2024\_131-136

УДК 684

## ОСНОВНЫЕ АСПЕКТЫ СОВРЕМЕННОГО ДИЗАЙНА МЕБЕЛИ

### KEY ASPECTS OF MODERN FURNITURE DESIGN

**Жиляева С.В.**, студент ФГБОУ ВО «Воронежский государственный лесотехнический университет имени Г.Ф. Морозова», Воронеж, Россия.

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

**Стородубцева Т.Н.**, доктор технических наук, профессор ФГБОУ ВО «Воронежский государственный лесотехнический университет имени Г.Ф. Морозова», Воронеж, Россия.

**Storodubtseva T.N.**, doctor of Technical Sciences, Professor, Voronezh State University of Forestry and Technologies named after G.F. Morozov, Voronezh, Russia.

**Аннотация:** в данной работе проведен анализ и рассмотрены основополагающие аспекты современного дизайна мебели и его основные стилистические направления. В основу статьи положено рассмотрение актуальных мебельных стилей, а также рассмотрение материалов и мебельных форм, присущих каждому из стилей. Также рассмотрены основные проблемы современной мебельной индустрии в России.

**Abstract:** in this work, an analysis is carried out and the fundamental aspects of modern furniture design and its main stylistic directions are considered. The article is based on a consideration of current furniture styles, as well as a consideration of the materials and furniture forms inherent in each style. The main problems of the modern furniture industry in Russia are also considered.

**Ключевые слова:** стиль, интерьер, мебель, материал, декорация.

**Keywords:** style, interior, furniture, material, decoration.

Дизайн мебели не только занимает важную роль в создании комфортной и функциональной обстановки, но и отражает эстетические потребности общества. Дизайнер в свою очередь - это специалист, который способен анализировать потребности и желания клиентов, генерировать идеи и концепции, разрабатывать эскизы и чертежи, создавать прототипы и модели, тестировать и улучшать продукты, а также реализовывать и продвигать свои работы. На него возлагается значительное количество требований: учитывать факторы, такие как эстетика, функциональность, удобство, безопасность, долговечность, экологичность и стоимость, что обуславливает актуальность данной темы, также основополагающие аспекты дизайна мебели и его основные стилистические направления [1-3]. И тенденции, основывающиеся представлении о мебельном дизайне на данный момент, а также состояние мебельной индустрии в России.

Тенденции в современном мебельном дизайне. Современное оформление интерьера можно охарактеризовать как поиск комфорта и уюта. В мире мебельного дизайна преобладают

практичные дизайнерские решения, на пике популярности остаются уникальные и смелые интерьеры, оформленные как в классическом, так и современном стиле. Ниже рассмотрим основные стилистические направления, актуальные в дизайне мебели на сегодняшний день [1-3].

Винтажная мебель и стиль ретро. В первую очередь стиль ретро отсылает нас к мебельным стилям прошлых лет, ведь в своей основе ретро и винтаж имеют общие черты, включая в себя состаренные и старинные вещи, имитацию промышленного дизайна прошлых лет. Винтажный дизайн ассоциируется с атрибутами, возраст которых составляет не менее 50 лет. Выбранную винтажную стилистику поддерживают характерные для той или иной эпохи формы, состаренные элементы.

Лофт-стиль. Лофт интерьеры стали популярными благодаря своей индустриальной атмосфере и использованию простых материалов. Стиль вышел за рамки нежилой недвижимости и активно применяется в новостройках. Обнаженные фактуры, такие как голый бетон и блоки, являются характерными чертами современного дизайна в стиле лофт. Игра на контрастах, сочетание небрежной отделки с изысканной мебелью и светильниками создает богемный контраст. Мебель в интерьерах может быть разнообразной, с обивкой из бархата, позолоченными подлокотниками и отделкой стразами. Цветовая гамма в стиле лофт включает черный, серый и белый, с использованием терракотового для поддержки кирпича. Материалы мебели включают бетон, дерево, стекло, черный стальной профиль и металлическую сетку, а готовое изделие имеет простые и массивные формы, с открытыми металлическими каркасами и квадратным сечением профиля [2-4].

Скандинавский стиль. Мебель в скандинавских домах отличается простотой, минимализмом и функциональностью и часто выглядит аскетично, с прямыми линиями и светлыми цветами отделки. Стиль сочетает экологически чистую древесину, натуральный текстиль и добротную кожу, создавая гармоничное сочетание красоты и функциональности. Материалы изготовления скандинавской мебели часто включают в себя недорогие породы древесины, чистые металлы и матовое стекло.

Философия данного направления основана на демократических идеалах и бережном отношении к природе, выраженном в лаконичности дизайна и простоте, где мебель создает уютное жилое пространство, используя минимум мебели и оставляя только функциональное.

Минимализм. Мебель в стиле минимализм отличается простотой очертаний и четкими формами. Характерная особенность такой мебели - отсутствие декора (рис. 1).



Рисунок 1 - Интерьер в стиле минимализм

Основное требование к мебели - практичность и функциональность. Стиль исключает пёстрые узоры и излишние декоративные элементы. Минимализм в оформлении интерьера является наиболее популярным, особенно у современной молодёжи. Отличительная особенность мебели - multifunctionality, помогающая сделать жизнь максимально уютной и комфортной.

Экостиль – это тренд, который стремительно развивается в современном дизайне мебели и интерьера. Дизайн основан на гармонии с природой и использовании натуральных материалов. Цветовая гамма включает природные оттенки, сочетающиеся с пейзажами, а мебель и декор изготавливаются из природных материалов (дерева, камня, глины, стекла и др.

В экостиле уделяется особое внимание защите окружающей среды, включая использование экологически чистых материалов и энергосберегающих технологий. Предметы декора должны приближать к природе и нести в себе дополнительную функциональную нагрузку (рис. 2).



Рисунок 2 - Интерьер в экостиле

Основные аспекты современного мебельного дизайна. По итогам рассмотрения основных стилистических мотивов современности можно вывести основные черты, характеризующие современный дизайн:

1. Мягкие формы и текстуры, создающие ощущение уюта и безопасности - дизайнеры часто отказываются от традиционных форм, в частности прямых углов. Новые изделия обладают скругленными формами, что позволяет им успешно интегрироваться в любые интерьерные решения.

2. Использование натуральных материалов, таких как дерево, камень и текстиль в теплой цветовой гамме.

3. Работа с яркими акцентными предметами интерьера.

4. Многофункциональность.

5. Использование умных технологий - диваны и кресла могут иметь встроенные USB-порты для зарядки устройств, а столы – сенсорные панели для управления освещением и музыкой.

6. Экологичность – стремление к экологически чистому производству и материалам, а также к использованию технологий вторичной переработки.

7. Персонализация – создание предметов интерьера, соответствующих личным предпочтениям жильцов.

8. Функциональность и удобство.

Несмотря на смелые эксперименты с формами и материалами, к мебели предъявляются традиционные требования к функциональности и комфортности в использовании [5, 6].

Актуальные проблемы мебельной промышленности в России. На сегодняшний день мебельная отрасль столкнулась с рядом трудностей по причине санкций и логистических проблем. Большая часть оборудования для производства мебели зависит от импорта, и отечественные производители мебели имеют проблемы с поставками некоторых материалов и комплектующих. На рис. 3 представлена диаграмма динамики объемов производства мебели в РФ, 2015–2022 гг., в Российской Федерации, согласно которой мы видим явное увеличение объемов производства в последние года, однако для стабилизации цен на рынке этого все еще не достаточно.

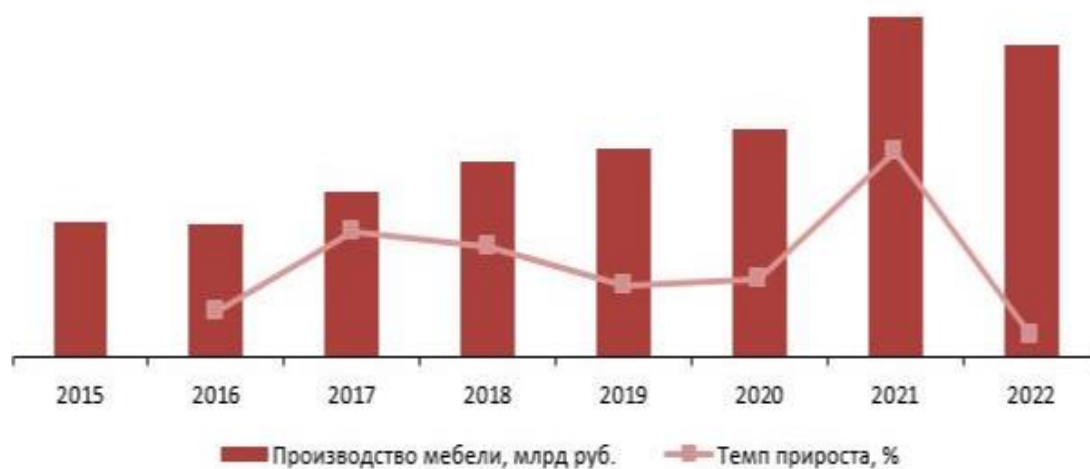


Рисунок 3 - Диаграмма динамики объемов производства мебели в РФ, 2015–2022 гг., млрд руб.

Выходом из сложившейся ситуации могут быть изменения в импорте и экспорте мебели, посредством смещения акцентов на страны, не введшие санкции.

Следующей проблемой мебельной индустрии является рекордно высокие стоимость и спрос на продукцию, причиной чему послужил уход с отечественного рынка крупных компаний продавцов и поставщиков. Для удержания цен на мебель необходимо стабилизировать цены на комплектующие и сырье, производимые в России. Мебельная отрасль ожидает поддержки от государства, включая разработку решений для замены импортных товаров и решение логистических проблем [2, 3].

Таким образом, рассмотрены основные тенденции и стили, основывающие представление о мебельном дизайне на данный момент, такие как лофт, сканди, минимализм, эко стиль и винтаж, которые в общей сложности отражают стремление современного общества к комфорту и уюту. Исходя из рассмотренных стилистических тенденций были выведены основные наиболее актуальные аспекты дизайна: мягкие формы и текстуры, использование натуральных материалов, работа с яркими акцентными предметами интерьера, многофункциональность, внедрение умных технологий, персонализация и функциональность.

Также рассмотрены основные проблемы современной мебельной индустрии в России: логистические проблемы на почве введения санкций и проблемы высокой стоимости на мебельную продукцию.

### Список литературы

1. Черепахина, Анна Николаевна. История художественной обработки изделий из древесины : учебник для сред. ПТУ / Москва : Высш. школа, 1982. - 192 с.
2. Лукаш А.А., Романов В.А., Чернышев О.Н. Основы дизайна и конструирования мебели : учебное пособие / Издательство: Инфра-Инженерия, 2023 г. URL: <https://www.labyrinth.ru/books/951429/> (дата обращения: 21.04.2024).
3. Дюла Кес. Стили мебели // Издательство Академии Наук Венгрии, Будапешт, 1981. - 272 с.
4. Богданов Г.М. Проектирование изделий. Организация и методика постановки задачи. – М.: Изд-во стандартов, 1995. - 144 с.
5. Кирьянов О.И. Интерьеры Древнего Рима: этнокультурная специфика // «Белые пятна» российской и мировой истории. 2019. № 4-5. С. 44-64.
6. Белозёрова В.Г. Традиционная китайская мебель / Москва: Наука, 1980. – 144 с.

### References

1. Cherepakhina, Anna Nikolaevna. History of artistic processing of wood products: Textbook for the Vocational school / Moscow: Higher. school, 1982. - 192 p.



2. Lukash A.A., Romanov V.A., Chernyshev O.N. Fundamentals of design and construction of furniture: textbook / Publisher: Infra-Inzheneriya, 2023. URL: <https://www.labirint.ru/books/951429/> (date of access: 04/21/2024).
3. Gyula Kes. Furniture styles // Publishing House of the Hungarian Academy of Sciences, Budapest, 1981 - 272 p.
4. Bogdanov G.M. Product design. Organization and methodology for setting the task. M.: Publishing House of Standards, 1995. - 144 p.
5. Kiryanov O.I. Interiors of Ancient Rome: ethnocultural specifics // “Blank Spots” of Russian and World History. 2019 No. 4-5. - P. 44-64.
6. Belozeroва V. G. Traditional Chinese furniture. – Moscow: Nauka, 1980. – 144 p.

DOI: 10.58168/CIRCULAR2024\_137-141

УДК 316.35

**ЭФФЕКТИВНОЕ УПРАВЛЕНИЕ ОТХОДАМИ: СТРАТЕГИИ И ПЕРСПЕКТИВЫ**  
**EFFECTIVE WASTE MANAGEMENT: STRATEGIES AND PROSPECTS**

**Жужукин К.В.**, кандидат технических наук, преподаватель ФГБОУ ВО «Воронежский государственный лесотехнический университет имени Г.Ф. Морозова», Воронеж, Россия.

**Жужукин Н.В.**, преподаватель ФГБОУ ВО «Воронежский государственный лесотехнический университет имени Г.Ф. Морозова», Воронеж, Россия.

**Савченко С.И.**, преподаватель ФГБОУ ВО «Воронежский государственный лесотехнический университет имени Г.Ф. Морозова», Воронеж, Россия.

**Дмитренко А.И.**, кандидат технических наук, доцент 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.

**Zhuzhukin N.V.**, lecturer, Voronezh State University of Forestry and Technologies named after G.F. Morozov, Voronezh, Russia.

**Savchenko S.I.**, lecturer, Voronezh State University of Forestry and Technologies named after G.F. Morozov, Voronezh, Russia.

**Dmitrenkov A.I.**, lecturer, Voronezh State University of Forestry and Technologies named after G.F. Morozov, Voronezh, Russia.

**Аннотация:** в статье рассматривается роль переработки отходов в контексте устойчивого развития и её экологические и экономические выгоды. Анализируются сокращение выбросов парниковых газов, снижение потребления природных ресурсов, загрязнение окружающей среды и зависимость от нефтепродуктов. Рассматриваются также экономические выгоды, такие как создание рабочих мест, стимулирование инноваций и развитие новых рынков.

**Abstract:** the article examines the role of waste recycling in the context of sustainable development and its environmental and economic benefits. The reduction of greenhouse gas emissions, reduction of consumption of natural resources, environmental pollution and dependence on petroleum products are analyzed. Economic benefits such as job creation, stimulating innovation and developing new markets are also considered.

**Ключевые слова:** переработка отходов, устойчивое развитие, экологические выгоды, экономические выгоды, утилизация отходов, загрязнение окружающей среды.

**Keywords:** waste recycling, sustainable development, environmental benefits, economic benefits, waste disposal, environmental pollution.

В последние два десятилетия наблюдается стремительный рост населения Земли, что влечёт за собой увеличение объёмов отходов [1]. Одной из ключевых причин такого роста является значительное увеличение численности городского населения, отсутствие адекватных моделей потребления и активное использование пластиковой упаковки. Эти факторы являются ключевыми аспектами урбанизации и обращения с твёрдыми отходами.

В текущих обстоятельствах разработка методов по управлению отходами считается одной из самых передовых и перспективных наук во всем мире, а также и неотъемлемой частью городского и федерального управления. Динамика обращения с твердыми отходами (в том числе и бытовыми) сложен из-за значительного количества факторов и их параметров, обуславливающих влияние друг на друга. Следовательно, необходимы инструменты для их анализа и системные подходы, всесторонне учитывающие взаимодействие между их основными элементами, эволюцию с течением времени. В связи с этим управление отходами имеет отношение к таким факторам, как: производство, сбор, транспортировка, удаление и вторичная переработка, что обуславливает необходимость сотрудничества нескольких учреждений для надлежащего выполнения этого процесса и достижения устойчивого развития.

Сфера управления в этой категории обширна и изменчива, в связи с чем для решения данной проблемы необходимо качественно применять стратегическое планирование. В данной статье будут представлены некоторые преимущества и недостатки существующих некоторых стратегий, а также способы минимизации затрат на обращение с отходами. Для этого рассмотрены исследования в разных областях науки: сохранение природных ресурсов, снижение экологических рисков, различные подходы к обращению с отходами, что позволит обеспечить подходящую, простую и понятную платформу для исследователей, интересующихся управлением и планированием в этой области.

С другой стороны, в обрабатывающей промышленности, независимо от воздействия отходов, особенно образующихся на свалках, которые вызывают загрязнение воздуха и воды, деградацию почвы и широко распространенные последствия, такие как кислотные дожди, глобальное потепление и разрушение озонового слоя, для создания более устойчивых методов необходимо изменить отношение к контролю, предотвращению различных видов загрязнения и управлению ими.

Исходя из этого, возможно предложить способы минимизации отходов как отличительный подход к предотвращению дальнейшего загрязнения, связанный уменьшением количества отходов от источника, до этапов обращения (сбор, транспортировка, хранение, обработка материалов, эксплуатация на месте, разделение, повторное использование и переработка отходов и окончательное удаление) путем понимания их первопричин образования и реинжиниринга текущих практик.

Переработка отходов — это важный процесс, который помогает сократить выбросы парниковых газов и количество свалок. Несмотря на некоторые усилия, разработка эффективных схем переработки твердых отходов является основной проблемой во многих системах УО в крупных, особенно густонаселенных городах. В частности, в слаборазвитых

городах доступные технологии переработки ТБО просты, трудоемки и требуют больших затрат труда. В то время как современные страны часто используют ограниченные планы утилизации отходов на обочинах для сортировки и сбора отходов с целью рекуперации и вторичной переработки, другие используют людей с очень низким доходом в социальном секторе в качестве подметальщиков или мусорщиков для управления такой деятельностью. Чтобы пролить больше света на осведомленность и просвещение работников и общественности, повысить заработную плату рабочих и смежных работников и использовать надлежащие методы повседневного производства, теории, стратегии, философии и принципы, связанные с бережливым производством, являются основными факторами, которые подталкивают центры переработки к созданию эффективной системы. Следует отметить, что бережливое производство - это общепризнанная методология, которая, как считается, сокращает затраты и время, а также повышает качество и производительность за счет одной из распространенных бережливых практик, называемой сокращением VSM (составление карт потока создания ценности) отходов. Если быть точным, это позволяет выявить систематические возможности путем анализа многокритериальных решений для сокращения времени выполнения заказа и повышения производительности, а также с целью изучения эффективных планов переработки твердых отходов [2].

Независимо от того, насколько эффективна схема переработки, сортировка необходима для цикла переработки. На самом деле, как было заявлено, технология разделения отходов выступает в качестве основы любого процесса переработки и / или рекуперации материалов для удобства использования. Следовательно, неудачная операция разделения автоматически приведет к неудачному процессу переработки / рекуперации, о чем свидетельствуют низкая чистота и качество переработанных продуктов. В интегрированной системе управления отходами одним из распространенных методов фракционирования является сортировка отходов у источника из-за возможности получения данных о качестве фракции / фрагмента и образовании отходов. Анализ основных компонентов, проведенный в рамках программы сортировки на уровне домохозяйств, показал, что осведомленность, знания и оборудование являются тремя наиболее важными компонентами, касающимися разделения отходов. Этот результат был получен на основе исследования, в котором корреляции между разделением. Продукты питания, электрические отходы, бумага, металл, стекло, пластик и батарейки были категориями, которые домашние хозяйства использовали в процессе разделения [3].

В настоящее время инженерия, управление отходами и создание более чистого производства считаются одной из передовых наук в мире и являются неотъемлемой частью городского управления. Отходы бывают разных форм, и их характеристики могут выражаться по-разному, включая муниципальные отходы, производимые промышленностью и в результате медицинской деятельности.

Частота образования муниципальных отходов значительно выше, чем других отраслях. В связи с чем наиболее значимыми видами обращения с твердыми бытовыми отходами, влияющими на окружающую среду, являются: а) захоронение на свалках (метан, образующийся на свалка, а также сточные воды производят примерно 90% от общего объема

выбросов мирового сектора различных отходов, б) сжигание, вызывающие летальные заболевания, (саркома мягких тканей и неходжкинская лимфома) и в) переработка отходов и их транспортировка, что вызывает заражение и серьезный ущерб живым организмам. твердые отходы содержат различные типы компонентов, таких как бумага, дерево, стекло, металл, пищевые продукты и т.д. Вклад различных видов компонентов отходов в общее образование отходов различен. Согласно отчету, опубликованному Всемирным банком в 2018 году, основным источником твердых отходов являются пищевые и экологически чистые отходы (44%), которые относятся к категории биоразлагаемых отходов, за которыми следуют отходы бумаги и картона (17%). На долю прочих отходов приходится 14% от общего объема отходов. В то время как пластиковые отходы составляют 12% и являются четвертым по величине источником. Пластиковые отходы не поддаются биологическому разложению, с ними нелегко обращаться, и поэтому сейчас они рассматриваются как критическая проблема, не менее важная, чем изменение климата. На стекло, металлы, древесину, резину и кожу приходится 5%, 4%, 2% и 2% соответственно от общего количества отходов

Подводя итог, улучшение в этой области является своего рода непрерывным и устойчивым улучшением в развитых странах. Но согласно исследованиям, мы обнаружили, что; то, как мы обращаемся с отходами, растет и меняется с течением времени. Эти изменения обусловлены ростом численности населения наряду с производством большего количества отходов, а также новых и различных видов отходов (таких как электронные отходы, ядерные отходы и т.д.), Каждый из которых следует за появлением новой технологической эры. Эти разработки также прокладывают путь к представлению моделей оптимизации. Результат свидетельствует о том, что в большинстве статей описательно рассматривалось совершенствование процессов управления и анализировались данные исследований с использованием существующих моделей, и в очень немногих случаях были внедрены новые модели для оптимизации вопросов, связанных с управлением отходами. Более того, можно сказать, что эти модели сосредоточены на таких областях, как проекты повторного использования и переработки отходов, воздействие на окружающую среду, улучшение разделения отходов, оптимизация затрат на транспортировку и сбор, а также определение местоположения сбора. Наконец, как представляется, проблема отходов никогда не исчезает и всегда является одним из влиятельных элементов в жизни современного человека.

### Список литературы

1. Abd Manaf L., Samah M. A. A., Zukki N. I. M. Municipal solid waste management in Malaysia: Practices and challenges //Waste management. – 2009. – Т. 29. – №. 11. – С. 2902-2906.
2. Singh A. et al. Municipal solid waste management challenges and health risk problematic solutions at Agra city, UP, India //Adv. Appl. Sci. Res. – 2014. – Т. 5. – С. 397-403.
3. Abualfaraa W. et al. Lean-green manufacturing practices and their link with sustainability: A critical review //Sustainability. – 2020. – Т. 12. – №. 3. – С. 981.

### References

1. Abd Manaf L., Samah M. A. A., Zukki N. I. M. Municipal solid waste management in Malaysia: Practices and challenges //Waste management. – 2009. – Vol. 29. – №. 11. – P. 2902-2906.
2. Singh A. et al. Municipal solid waste management challenges and health risk problematic solutions at Agra city, UP, India //Adv. Appl. Sci. Res. – 2014. – Vol. 5. – P. 397-403.
3. Abualfaraa W. et al. Lean-green manufacturing practices and their link with sustainability: A critical review //Sustainability. – 2020. – Vol. 12. – №. 3. – P. 981.

**РОССИЯ НА ПУТИ К ЦИРКУЛЯРНОЙ ЭКОНОМИКЕ**  
**RUSSIA IS ON THE WAY TO A CIRCULAR ECONOMY**

**Зиновьева И.С.**, доктор эк. наук, профессор ФГБОУ ВО «Воронежский государственный лесотехнический университет имени Г.Ф. Морозова», Воронеж, Россия.

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

**Zinovyeva I.S.**, doctor of Economic Sciences, Professor, Voronezh State University of Forestry and Technologies named after G.F. Morozov, Voronezh, Russia.

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

**Аннотация:** В последнее десятилетие Россия направила вектор своего развития в сторону циркулярной экономики. Это новая модель экономического прогресса, которая является основным элементом стратегии устойчивого развития. В данной статье рассмотрены главные цели и задачи, а также базовые аспекты циркулярной экономики. Приведены примеры успешной реализации «зеленых проектов» в России. Отмечена важность комплексного и системного подхода при решении экологических проблем, с целью трансформации всей экономической системы по циркулярному типу.

**Abstract:** in the last decade, Russia has directed its development vector towards a circular economy. This is a new model of economic progress, which is the main principle of the sustainable development strategy. This article discusses the main goals and objectives, as well as the basic aspects of the circular economy. Examples of successful implementation of “green projects” in Russia are given. The importance of an integrated and systematic approach to solving environmental problems is noted, with the goal of transforming the entire economic system in a circular manner.

**Ключевые слова:** цикличная экономика, переработка отходов, окружающая среда, устойчивое развитие, природные ресурсы, зеленые технологии.

**Keywords:** circular economy, waste recycling, environment, sustainable development, natural resources, green technologies.

На протяжении века, с момента начала процесса индустриализации, мы наращиваем темпы экономического роста, путем давления на природу. Растрачивая природные ресурсы и не возвращая обратно ничего, мы нарушаем естественную цикличность природных процессов. Более того, производимые товары и материалы превратили Землю в свалку бытовых отходов, а выбросы предприятий отравили воздух, воду и почву. Это создало критическую экологическую ситуацию на планете, возникла угроза выживания биологических видов, экосистемы утрачивают способность к самовосстановлению и саморегуляции. Но ведь

человек часть природы, он, так же, как и все живое, чтобы существовать нуждается в кислороде, чистой воде и плодородной почве, благоприятной температуре. Уничтожая природу, мы убиваем себя, хотя именно природа демонстрирует пример гармоничного сосуществования, который мы видим перед собой каждый день. В природной экосистеме все объекты связаны и взаимодействуют между собой, там нет отходов, а используемые ресурсы впоследствии только приносят пользу.

Цикличность природных процессов – это фундаментальное свойство природы, циклы присутствуют во всех ее сферах от физических и химических процессов до биологических и климатических изменений. Осознание цикличности природных процессов поможет лучше понять мир вокруг нас и сотрудничать с природой для достижения устойчивого развития. Существовавшая линейная экономика разрушила равновесие в природе и вычеркнула человека как естественное звено экосистемы. Важно осознавать свою ответственность за сохранение окружающей среды, ведь человек имеет возможность влиять на нее не только негативно, но и положительно. Необходима новая модель экономического прогресса, ею должна стать циркулярная экономика. Именно эта модель является основным элементом стратегии устойчивого развития. Циркулярная экономика природопользования – это подход, который предполагает минимизацию отходов и максимальное повторное использование ресурсов. Ее основной целью является удовлетворение растущих потребностей человека без нанесения ущерба окружающей среде. В России данный подход становится все более актуальным в свете усиливающихся экологических проблем и необходимости эффективного управления природными ресурсами.

Развитие циркулярной экономики природопользования в России можно рассматривать с нескольких точек зрения. Во-первых, важно осознание необходимости изменения потребительских привычек и промышленных процессов в сторону экологической ответственности. Это включает в себя трансформацию технологий переработки отходов, внедрение инноваций, предполагающих производство экологичных товаров с использованием в производстве возобновляемых источников энергии, новых или переработанных материалов с возможностью рециклинга и рекупирации отходов, поиск цифровых решений и научные исследования, создание инфраструктуры для сбора и переработки вторсырья, стимулирование производства экологически чистых товаров. Еще на стадии проектирования продукции, необходимо задуматься над тем, насколько безопасна она будет и сможет ли она вернуться в оборот после использования и дать начало новому циклу, что позволит экономить первичные ресурсы.

Во-вторых, важно развитие законодательства, которое бы способствовало устойчивому природопользованию. Это подразумевает внедрение экономических механизмов поощрения цикличности использования ресурсов, введение экологических стандартов и нормативов, контроль за соблюдением экологических требований.

Третье направление развития циркулярной экономики природопользования – это образование, информационная работа с населением и полное реконструирование бизнеса. Важно увеличить осведомленность граждан о проблемах экологии, а также обучить их



разделять и перерабатывать отходы. Бизнесу необходимо помогать переходить на «зеленые» технологии и стандарты. Для успешной реализации циркулярной экономики природопользования в России необходимо также обеспечить согласованность действий государственных органов, бизнеса и общественности. Важно продвижение принципов циркулярной экономики среди населения и формирование экологической культуры. Ранее в России этот процесс носил несистемный характер. В 2018 году был сформирован национальный проект «Экология», в рамках которого реализуются много федеральных программ, направленных на сохранение окружающей среды, в том числе федеральный проект «Экономика замкнутого цикла» [7]. Первостепенной его задачей является добиться к 2030 году 100% сортировки твердых отходов, половина которых должна отправляться на переработку для повторного использования, а также постепенная ликвидация мусорных полигонов и несанкционированных свалок, ведь именно отходы – это первопричина всех экологических проблем на земле.

Можно привести немало примеров успешной реализации «зеленых проектов» в России на пути к циркулярной экономике, одна из главных целей которых является возвращение в оборот компонентов, которые можно извлечь из отходов производства и потребления. В 2023 году закончено строительство в Подмоскowie крупнейшего комплекса по рециклингу пластика Эколайн – Вторпласт. Это станет примером экотехнопарка полного цикла, которые в дальнейшем должны заменить полигоны, тем самым решая вопрос с промышленными и бытовыми отходами.

Заслуживает внимания производство полимерных шпал в Калуге [3]. Это экологичная технология дает возможность повторного использования переработанного пластика, а также сократить использование древесины и сохранить тысячи деревьев за год. К тому же пластиковые шпалы обладают особой прочностью, не разрушаются от влаги и плесени, подходят для использования в любых климатических условиях, их срок службы превышает 40 лет, тогда как деревянных, даже пропитанных креозотом, ограничивается десятилетием, а их утилизация вызывает сложности, ввиду того, что креозот является сильнейшим канцерогеном. Следует отметить, что во многих метрополитенах городов России уже проложены сотни тысяч полимерных шпал, все больше трамвайных линий используют композиционные материалы, но, к сожалению, на железнодорожных линиях общего пользования они пока широко не применяются. Причиной тому является нехватка промышленных мощностей и технологий по переработке отходов композитных материалов.

Проблема с органическими отходами также довольно сложная, скопление органики на полигонах вызывает гниение, при котором выделяются сероводород и метан, которые увеличивают парниковый эффект и способствуют возгоранию свалок, а продукты гниения загрязняют почву, грунтовые воды. Органические отходы должны полностью идти на переработку и использоваться для компостирования почв, строительства дорог и т.д. Российская некоммерческая организация АСИ разрабатывает инициативы по переработке органических отходов и в целом по сокращению потерь продовольствия [6].

Цикличность производства продукции является несомненно ключевым фактором на пути к устойчивому развитию, но говоря о циркулярной экономике, нельзя забывать о комплексном и системном подходе к решению экологических проблем, преобразование должно охватывать каждую сферу деятельности, должна трансформироваться экономическая система в целом. Ее базовыми аспектами должны стать энергоэффективность, ресурсосбережение, органическое сельское хозяйство и переработка его отходов, взаимодействие между объектами промышленности, при котором отходы одного производства становятся полезным ресурсом другого. К сожалению, на практике осуществить это довольно сложно, не каждый производитель, особенно в регионах решится внедрять новые «зеленые» технологии, это является немалой финансовой нагрузкой для бизнеса, в результате, как правило внедряют прежде всего выгодные инвестиционные проекты, не задумываясь об экологической стороне вопроса. Но тем не менее растет число субъектов, для которых деградация экологии стоит на первом месте. Некоторые регионы России стремятся построить экополисы или внедрить экотехнологии в уже существующие. Таким примером может быть Байкальск, Сэнгилей, а самым крупным проектом стал экополис на Сахалине [5]. Проект на Сахалине – это инновационная идея создания устойчивого экологического поселения, которое станет образцом сбалансированного взаимодействия человека и природы. Сахалин, как остров с уникальной природой и богатыми природными ресурсами, станет отличной площадкой для реализации подобного проекта, задачей которого, является создание уникальной модели города, в котором каждый аспект жизни будет ориентирован на экологическую устойчивость, с целью сохранить хрупкую экосистему острова. В основе концепции экополиса лежит принцип «нулевого следа», который подразумевает минимальное воздействие на природу и максимальное использование альтернативных источников энергии, будут использоваться энергосберегающие технологии, внедрены системы сбора и переработки отходов, построены энергоэффективные малоэтажные здания из экологичных материалов с солнечными панелями и ветрогенераторами, большая ставка делается на использование водородной энергетики, интеллектуальные системы будут управлять ресурсами для оптимизации их использования. Город рассчитан на 25 тыс. жителей, не менее 50% территории будут занимать природные зоны. Шаговая доступность важных объектов инфраструктуры, позволит передвигаться пешком, на велосипеде или использовать экологичные виды транспорта, предполагается внедрение беспилотных транспортных средств, передвигающихся с помощью системы автономного управления. Экополис на Сахалине также будет способствовать развитию экотуризма и привлечению инвестиций в области экологически чистых технологий. Участие жителей острова в принятии решений, экологическое образование и воспитание способствует осознанному потреблению, стимулирует экологически ответственное поведение и формирует экологическую культуру. Совместные усилия всех заинтересованных сторон позволят создать устойчивую модель циркулярного экологического поселения, которая станет примером для других регионов и стран.

Таким образом, циркулярная экономика – это актуальная необходимость в современном мире. Она открывает огромные перспективы, дает возможность не только

заботиться о планете, но и создавать новые экономические возможности, стимулировать инновации и повышать конкурентоспособность. Переход к этой модели – сложный и многогранный процесс, это не только концепция экономического развития, но и философия жизни, направленная на сохранение ресурсов для будущих поколений и обеспечение устойчивости экосистем, это инвестиция в будущее планеты.

### Список литературы

1. Боева О.С. Формирование экономики замкнутого цикла в сфере обращения с отходами: необходимость и перспективы // Экономика и управление предприятиями, отраслями, комплексами на современном этапе глобализации: Сборник научных трудов V Международной научно-практической конференции. – 2020. – С. 102 – 106.

2. Зиновьева И.С. Трансформация окружающей среды под влиянием промышленного производства / И.С. Зиновьева, М.А. Антипова // Экономические аспекты рационального природопользования: традиции и инновации: Материалы Международной научно-практической конференции. Отв. редактор Е.В. Титова. Воронеж, 2023. – С. 42-48.

3. Попов В. Г. Экологические аспекты применения шпал из полимерных композитных материалов / В.Г. Попов, Ю.Н. Боровков, И.В. Нефедова // Московский экономический журнал. - №5 – 2022.

4. Фильченкова О. А Переход Российской Федерации к циркулярной экономике с учетом международного опыта // Актуальные вопросы экономики и управления: материалы VII Междунар. науч. конф. – 2019. – С.11 – 16.

5. Экополис на Сахалине: новый шаг в развитии городской инфраструктуры. URL: <https://kabelirkutsk.ru/news/ehkopolis-na-sahaline-novyj-shag-v-razvitii-gorodskoj-in>

6. АСИ запустило первый в России навигатор решений по борьбе с органическими отходами «Без потерь». URL: <https://asi.ru/news/197966/>

7. Национальные проекты РФ: Экология. URL: <https://xn--80aарамремсчfmo7a3с9ehj.xn--p1ai/projects/ekologiya>

### References

1. Boeva O.S. Formation of a circular economy in the field of waste management: necessity and prospects // Economics and management of enterprises, industries, complexes at the present stage of globalization: Collection of scientific papers of the V International Scientific and Practical Conference. – 2020. – P. 102 – 106.

2. Zinovieva I.S., Antipova M.A. Transformation of the environment under the influence of industrial production // Economic aspects of rational environmental management: traditions and innovations: Materials of the International Scientific and Practical Conference. Rep. editor E.V. Titova. Voronezh, 2023. – pp. 42-48.

3. Popov V.G., Borovkov Yu.N., Nefedova I.V. Environmental aspects of the use of sleepers made of polymer composite materials // Moscow Economic Journal. - No. 5 – 2022.

4. Filchenkova O. A Transition of the Russian Federation to a circular economy taking into

account international experience // Current issues of economics and management: materials of the VII International. scientific conf. – 2019. – P.11 – 16.

5. Ecopolis on Sakhalin: a new step in the development of urban infrastructure. URL: <https://kabelirkutsk.ru/news/ehkopolis-na-sahaline-novyj-shag-v-razvitii-gorodskoj-in>

6. ASI launched Russia's first navigator of solutions to combat organic waste "No Losses". URL: <https://asi.ru/news/197966/>

7. National projects of the Russian Federation: Ecology. URL: <https://xn--80aapampemchfmo7a3c9ehj.xn--p1ai/projects/ekologiya>.

DOI: 10.58168/CIRCULAR2024\_148-152

УДК 63

**ПЕРЕРАБОТКА МАКУЛАТУРЫ И СОХРАНЕНИЕ ЛЕСОВ РОССИИ**  
**RECYCLING WASTE PAPER AND CONSERVING FORESTS IN RUSSIA**

**Зяблова А.А.**, аспирант ФГБОУ ВО «Воронежский государственный лесотехнический университет имени Г.Ф. Морозова», Воронеж, Россия. **Zyablova A.A.**, graduate student, Voronezh State University of Forestry and Technologies named after G.F. Morozov, Voronezh, Russia.

**Аннотация:** Россия занимает первое место в мире по запасам древесины, проблема вырубки лесов для производства бумаги очень актуальна для нашей страны. Леса играют ключевую роль в балансировании потребностей общества в изделия из древесины и защита окружающей среды за счет увеличения чистого выброса углерода секвестрация в наземных поглотителях углерода, удаляющая атмосферный CO<sub>2</sub>.

Связывание углерода лучше всего проявляется при выращивании молодых деревьев и переработке леса путем сбора урожая, и посадка деревьев имеют важное значение.

Бумага переработка играет важную роль в предотвращении заваливания свалок, что приводит к фатальным выбросам одного из парниковых газов метан, для сохранения природных ресурсов и сокращения количества электричество, используемое при производстве бумаги, для сокращения выбросов парниковых газов. Необходимо с большой ответственностью подходить к переработке макулатуры. Это очень важно для экологии и человечества в целом.

**Abstract:** Russia ranks first in the world in terms of timber reserves; the problem of deforestation for paper production is very relevant for our country. Forests play a key role in balancing society's needs for wood products and protecting the environment by increasing net carbon emissions by sequestering land-based carbon sinks that remove atmospheric CO<sub>2</sub>.

Carbon sequestration is best achieved by growing young trees and processing the forest through harvesting, and tree planting is important.

Paper recycling plays an important role in preventing landfills from filling up, which leads to fatal emissions of one of the greenhouse gases, methane, to conserve natural resources and reduce the amount of electricity used in paper production to reduce greenhouse gas emissions. It is necessary to approach waste paper recycling with great responsibility. This is very important for the environment and humanity as a whole.

**Ключевые слова:** переработка макулатуры, вторичное сырье, переработка, сохранение лесов, бумага.

**Keywords:** waste paper processing, secondary raw materials, recycling, forest conservation, paper.

Современное общество сталкивается с рядом экологических проблем, среди которых особое место занимает вырубка лесов. Россия занимает одно из лидирующих мест в мире по объемам древесины, производимой из лесов, что ставит под угрозу биоразнообразие и экологическое равновесие. Поэтому одним из эффективных способов борьбы с этой проблемой является переработка макулатуры, что позволяет снизить спрос на древесину и сохранить леса.

Переработка макулатуры имеет большой потенциал как инструмент сохранения лесов России. Однако для масштабного использования этого метода необходимо усилить усилия по сбору и переработке макулатуры, а также создать необходимые условия для развития отрасли. Только совместными усилиями государства, бизнеса и общественности можно добиться значительных результатов в сохранении лесов и улучшении экологической ситуации в стране.

Согласно данным статистики, в России каждый год производится огромное количество макулатуры, большая часть которой идет на свалку. При этом переработка макулатуры является прибыльным и экологически целесообразным процессом, который способствует сокращению объемов вырубки лесов. Однако существующие проблемы в сборе и переработке макулатуры, а также нехватка специализированных предприятий, ограничивают возможности использования данного метода на практике.

Россия занимает первое место в мире по запасам древесины, проблема вырубки лесов для производства бумаги очень актуальна для нашей страны. При современном развитии общества, когда созданы интернет, электронные носители документы человек привык потреблять огромное количество бумаги. Эта очень серьезная проблема оказала огромное влияние на окружающую среду, сокращая биологическое разнообразие, вызывая изменение климата, исчезают редкие породы древесины, постоянно меняющееся законодательство не работает, продолжается неразбериха в государственных органах управления лесами, отрасль становится все более коррумпированной. Большое количество расходов бумаги при адекватной экономии можно было бы избежать.

Ежедневно мы сталкиваемся с большим потоком разнообразной и зачастую не нужной корреспонденции, включающей рекламные брошюры, счета, газеты и журналы. Многие из этой корреспонденции можно перевести с бумажного носителя на электронный. Тем самым снизить потребление бумаги. Потому что огромная часть этого бумажного потока сливается в мусорные контейнеры и, в конечном итоге, попадает на свалку. Так же гораздо более предпочтительным вариантом было бы направить эту бумагу на процесс переработки.

Сбор макулатуры - прекрасный способ заботиться о окружающей среде и снизить количество мусора, который попадает на свалки или загрязняет нашу природу. Макулатура включает в себя использованные газеты, журналы, бумажные упаковки и другие бумажные изделия.

Виды макулатуры:

1. Группа А - макулатура высшего качества. В этом списке - бывшая в использовании белая мелованная и немелованная бумага (кроме газетной), бумажные пакеты

без ламинированного покрытия, мешочная, упаковочная и другая «серая» бумага. Количество примесей в таком материале минимально.

2. Группа Б. Вторсырье среднего качества. Это старые книги без переплета, гофрокартон и листовой картон хром-эрзац, каталоги, блокноты, журналы без обложки. Самая массовая группа макулатуры.

3. Группа В. Сырье низкого качества. Сюда относят цветную, черную и коричневую бумагу и картон, старые газеты, картон с полимерным покрытием (например, тара из-под соков и молока), упаковку из литой бумаги и картона (например, лотки для яиц), картонные втулки, тубусы, шпули.

В последнее время значительное внимание стало уделяться лесам в контексте изменения климата. Леса играют ключевую роль в балансировании потребностей общества в изделия из древесины и защита окружающей среды за счет увеличения чистого выброса углерода секвестрация в наземных поглотителях углерода, удаляющая атмосферный CO<sub>2</sub>. Устойчивое площадь управляемых лесов в 2023 году составила 187 миллионов га и увеличивается на 4,5 миллиона га в год по всему миру мир. Один из методов управления лесами, отбор элитных деревьев может улучшить леса в рост, обеспечивающий эффективный способ удаления большего количества атмосферного CO<sub>2</sub>.

Связывание углерода лучше всего проявляется при выращивании молодых деревьев и переработке леса путем сбора урожая, и посадка деревьев имеют важное значение.

Из заготовленных деревьев было произведено всего 179 млн тонн бумажной продукции в год 2023 года выпуска [1]. Бумажная продукция обретает новую жизнь в качестве вторичного сырья материалы после потребления и сбора отдельно. Всего извлечено 146 млн тонн бумаги производилось в год в 2023 году, а мировой уровень переработки составляет 44,9% [2]. Бумага переработка играет важную роль в предотвращении заваливания свалок, что приводит к фатальным выбросам одного из парниковых газов метан, для сохранения природных ресурсов и сокращения количества электричество, используемое при производстве бумаги, для сокращения выбросов парниковых газов.

В настоящее время разработаны технологии производства из вторичной целлюлозы широкого ассортимента товаров:

1. строительных, изоляционных и отделочных материалов;
2. некоторых разновидностей технических и декоративных тканей;
3. автомобильных аксессуаров и покрытий;
4. одноразовой посуды.

В первую очередь, конечно, макулатура - это главное сырьё для производства картона, различного вида упаковки, офисной, газетной и обёрточной бумаги, средств личной гигиены.

Механизм переработки бумаги заключается в следующем [3]. Бумагу образуют главным образом водородная связь между волокнами. Когда вода удаляется во время сушки, значительное поверхностное натяжение возникает между набухшими или разделенными пластинками в стенке волокна и между волокнами уплотняет и стягивает волокна в более жесткие водородные связи. Когда бумага диспергируется в воде, вода снова набухает стенки

волокон и расщепляет межволоконное соединение в структуру «волоконно-вода-волоконно» для каждого волокна.

Однако многократное намочение и высыхание вызывают расслоение, образование трещин и усадка стенки волокна, приводящая к инактивации поверхности стенки с образованием слабого водорода связи между волокнами, портиться и меньше набухать в воде. Следовательно, волокна недостаточно для переработки в новую бумажную продукцию из-за коротких и слабых волокон.

Таким образом, скорость промышленной переработки ограничена примерно в три раза, а наименьшая волокна теряются в процессе изготовления бумаги. Это похоже на то, как мы можем мыть хлопчатобумажная рубашка, в основном состоящая из той же целлюлозы, что и бумага, только трижды. Однако, программа разведения деревьев никогда не была направлена на переработку бумаги.

Необходимо информировать население о способах сдачи макулатуры. Организовать, как можно больше способов приёма макулатуры. Население нужно оповещать в СМИ, а также путём рассылки электронных писем. Нужно организовать общественный сбор макулатуры. Для этого следует организовывать также сбор макулатуры в школах, колледжах, университетах, при этом объясняя студентам, как это важно для экологии. Необходимо установить специализированные боксы для сбора макулатуры. Так же нужно мотивировать население для сбора макулатуры, а также разъяснить важность сбора макулатуры. Население должно понимать, насколько это важно для нашей Земли.

Для эффективного решения проблемы сохранения лесов через переработку макулатуры необходимо принять комплекс мер, включающих в себя следующие шаги:

1. Развитие системы сбора макулатуры среди населения и предприятий.
2. Создание специализированных предприятий по переработке макулатуры.
3. Внедрение новых технологий и методов переработки макулатуры для повышения эффективности процесса.
4. Проведение образовательной работы среди населения о важности переработки макулатуры для сохранения лесов.

### **Список литературы**

1. Авдеев Ю.М., Хамитова С.М. Внутривидовое биоразнообразие как фактор устойчивости, качества и фитосанитарного состояния древесных экосистем // Актуальные проблемы и перспективы развития лесопромышленного комплекса: сб. науч. тр. III Междунар. науч. техн. конф. – Кострома, 2015. – С. 54–55.
2. Ванчаков М.В., Кулешов А.В., Коновалова Г.Н. Технология и оборудование для переработки макулатуры. Санкт-Петербург, 2011. 101 с.
3. Online-журнал ЛесПромИнформ № 2(15) за 2004 год. URL: <http://www.lesprominform.ru/>
4. Вторая жизнь килограмма макулатуры. URL: <http://www.ecobumaga.ru/>



5. Переработка макулатуры: спасет ли она тропические леса? URL: <http://vyvoz-othodov.ru/pererabotka-makulatury-spasyot-li-ona-tropicheskie-lesa.html>

### References

1. Avdeev Yu.M., Khamitova S.M. Intraspecific biodiversity as a factor of sustainability, quality and phytosanitary condition of tree ecosystems // Current problems and prospects for the development of the timber industry: collection of articles. scientific tr. III Int. scientific and technical conf. – Kostroma, 2015. – pp. 54–55.

2. Vanchakov M.V., Kuleshov A.V., Konovalova G.N. Technology and equipment for recycling waste paper. St. Petersburg, 2011. 101 p.

3. On-line magazine: LesPromInform No. 2 (15) for 2004. URL: <http://www.lesprominform.ru/>

4. Second life of a kilogram of waste paper. URL: <http://www.ecopaper.ru/>

5. Recycling waste paper: will it save tropical forests? URL: <http://vyvoz-othodov.ru/pererabotka-makulatury-spasyot-li-ona-tropicheskie-lesa.html>.

DOI: 10.58168/CIRCULAR2024\_153-157

УДК 674.023

## К ОПРЕДЕЛЕНИЮ НЕКОТОРЫХ ПАРАМЕТРОВ ИНСТРУМЕНТОВ ДЛЯ РЕЗАНИЯ ДРЕВЕСИНЫ МАЛОЙ ПЛОТНОСТИ

### TO DETERMINE SOME PARAMETERS OF LOW-DENSITY WOOD CUTTING TOOLS

**Ивановский В.П.**, кандидат технических наук, доцент ФГБОУ ВО «Воронежский государственный лесотехнический университет имени Г.Ф. Морозова», Воронеж, Россия.

**Ivanovsky V.P.**, Candidate of Technical Sciences, associate professor, Voronezh State University of Forestry and Technologies named after G.F. Morozov, Voronezh, Russia.

**Колбешкин И.С.**, студент ФГБОУ ВО «Воронежский государственный лесотехнический университет имени Г.Ф. Морозова», Воронеж, Россия.

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

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

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

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

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

**Аннотация:** в тексте рассматривается влияние заднего угла инструмента на его заднюю поверхность, определяемую формой, положением и состоянием относительно поверхности резки. Состояние задней поверхности влияет на коэффициент трения и может вызвать вибрации при резке мягкой древесины. Текст также обсуждает конструкции инструментов для механической обработки мягкой древесины. Основная мысль заключается в том, что задний угол инструмента играет важную роль в его эффективности и влияет на процесс обработки материала, особенно в случае работы с мягкой древесиной. Анализ состояния задней поверхности и выбор правильной конструкции инструмента являются ключевыми аспектами для достижения оптимальных результатов при механической обработке материалов.

**Abstract:** the text examines the effect of the rear angle of the tool on its back surface, determined by the shape, position and condition relative to the cutting surface. The condition of the back surface affects the coefficient of friction and can cause vibrations when cutting soft wood. The text also discusses the designs of tools for machining soft wood. The main idea is that the rear angle of the tool plays an important role in its effectiveness and affects the processing of the material, especially in the case of soft wood. Analyzing the condition of the back surface and choosing the right tool design are key aspects to achieve optimal results in machining materials.

**Ключевые слова:** древесина, плотность, мягкая древесина, резка.

**Keywords:** wood, density, softwood, cutting.

Задний угол инструмента, по мнению большинства исследователей, оказывает значительное воздействие на заднюю поверхность инструмента, определяемую его формой, положением относительно поверхности резки и состоянием этой поверхности. Состояние задней поверхности инструмента характеризуется качеством ее поверхности, которое определяет коэффициент трения. Резка мягкой древесины может вызвать вибрации во время резки. Конструкции инструментов для механической обработки мягкой древесины представлены на рис. 1.

Значение заднего угла у таких инструментов превышает 20 градусов. Вместе с увеличением прочности режущей кромки необходимо увеличение угла резки.

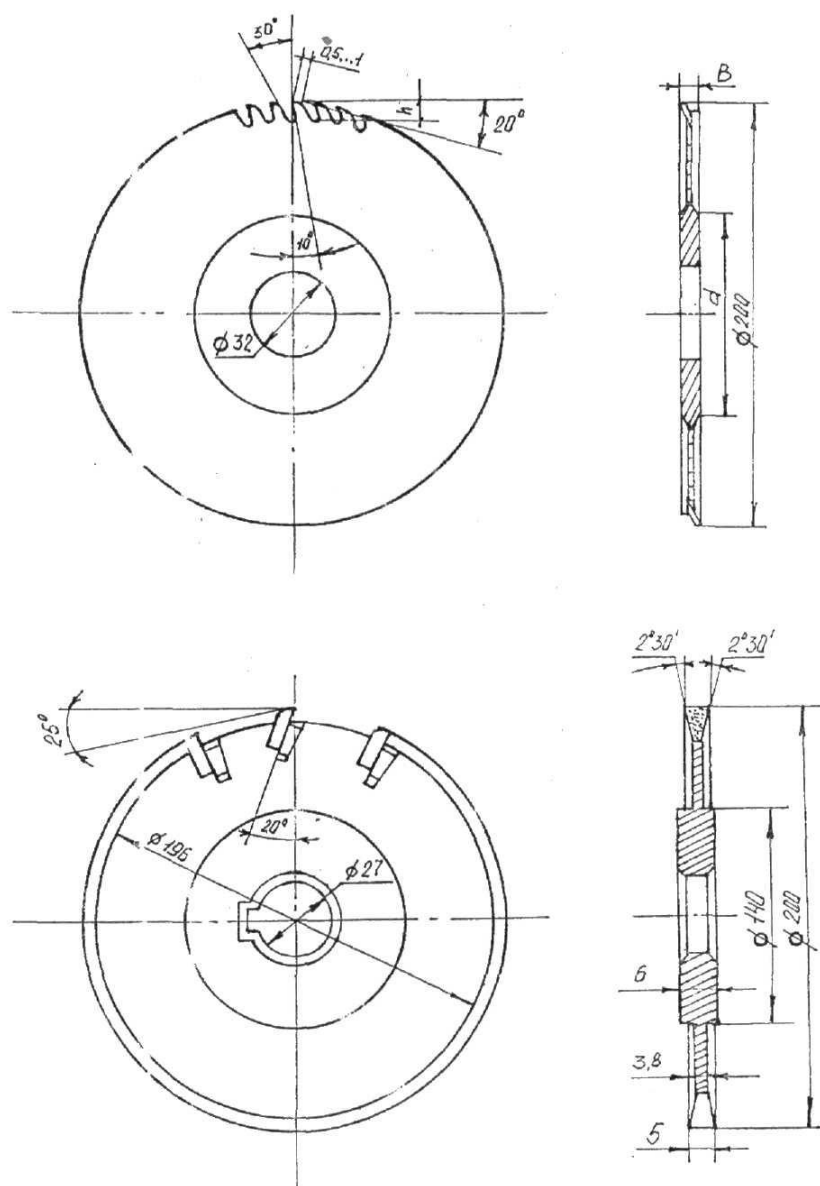


Рисунок 1 – Высокопроизводительная отрезная фреза и фреза с механическим креплением пластинок из твердого сплава ВКБ

Существуют два типа разрушений, которые могут произойти со стружкой инструмента: выкрашивание и локальные сколы. Исследования показали, что  $K_0$  - некоторый коэффициент, больший 1 (безразмерная величина).

Режущая кромка подвергается хрупкому разрушению ближе к точкам максимальной нагрузки, которые значительно превышают номинальные. Величину таких нагрузок можно оценить с помощью коэффициента:

$$K_H = \frac{P_{max}}{P} = \frac{K_{п}}{K} \quad (1)$$

где  $P_{max}$  - действующая пиковая сила, Н/мм<sup>2</sup>;

$P$  - сила резания, Н/мм<sup>2</sup>;

$K_{п}$  - удельная пиковая сила, Н/мм<sup>2</sup>;

$K$  - удельная сила резания, Н/мм<sup>2</sup>.

Для повышения стойкости инструмента можно применить такие методы, как торможение роста микротрещин в режущей части с помощью электроискрового упрочнения, алмазного выглаживания и магнитной обработки.

Ограничение по остроте зубьев (резцов) разрешается путём использования связи между затуплением инструмента, силовыми показателями процесса резания и качеством обработанной поверхности.

Ограничения по условиям вывода стружки из зоны резания разрешается связью между ёмкостью впадины и количеством стружки.

Ограничение по жесткости инструмента определяется максимальной нагрузкой, допускаемой жесткостью

$$N_{(жс)} = \frac{3y \cdot EJ}{C^3}, \text{ Н} \quad (2)$$

где  $y$  - допускаемая величина прогиба резца, мм;

$E$  - модуль упругости материала, Н/см<sup>3</sup>;

$J$  - момент инерции сечения резца, кг×м<sup>2</sup>.

Для сверл, необходимо учитывать не только их жесткость, но и устойчивость к осевой силе. Важным фактором также является вибростойкость инструмента.

Для обработки бамбука рекомендуется использовать строгальные пилы диаметром 125 мм, толщиной 1-1,2 мм, с 60 зубьями и углом поднутрения от периферии к центру 0,25-0,35°.

Для выборки профиля используется шарошка: стальной диск диаметром 300-350 мм и толщиной 15 мм с большим количеством насечек. Частота вращения диска составляет 1500 об./мин.

Слои ранней древесины состоят главным образом из тонких сосудов, а поздняя древесина содержит в основном толстостенные сосуды, которые обеспечивают жесткость материала. В древесине может быть от одного до стогодичных слоев. С точки зрения резания, влажное состояние древесины благоприятно. Наличие смоляных каналов (у хвойных деревьев) слабо влияет на процесс обработки резанием.

Структура волокнисто-слоистой древесины, содержащей большие пустоты, вносит свои коррективы при выборе инструментов и определении режимов резания. В то же время, древесина является твердым материалом, структура которого состоит из элементов с упругими и вязкопластическими свойствами. Вязкопластические свойства тесно связаны с элементами, в которых главную роль играет лигнин. Один из таких элементов – межклеточная пластина, связывающая волокна. Вязкая пластичность древесины чрезвычайно чувствительна к воздействию времени. Минимальные и длительные напряжения могут быть причиной трещин в межклеточной пластине. Различные методы модификации древесины позволяют снизить ее анизотропию без изменения структуры. Древеснослоистые пластикаты (ДСП) представляют собой материал, состоящий из пропитанных синтетической смолой шпоновых листов, склеенных между собой при термической обработке под давлением.

Например, исследования колебаний круглых дисков показали наличие резонансных областей, связанных с увеличением частоты вращения инструмента.

При продольной распиловке древесины вектор скорости режущего элемента зуба пилы встречается с волокнами дерева по-разному.

Поэтому зубья пил для поперечной распиловки имеют косую заточку боковых режущих кромок.

В круглых пилах уширение пропила также можно достичь без развода и плющения, установив плоский диск под определенным углом к оси вращения.

Рассмотрим особенности различных способов уширения пропила.

Ширина пропила определяется из выражения:

$$b = S + 2S_0 \quad (3)$$

где  $S_0$  – величина развода (или плющения) зуба на одну сторону полотна пилы.

$S$  – толщина инструмента.

Какие же параметры вызывают наибольшее изменение сил резания и влекут изменение качества поверхности?

Способность древесины деформироваться при торцовом сжатии и достаточная прочность изделий при таком нагружении создают возможность для её обработки давлением.

*Выводы.* Процесс прессования сопровождается малой энергоёмкостью, не требуют дополнительных расходов сырья и материалов, но вызывает необходимость более глубокого изучения деформативно-прочностных свойств древесины. Деформативность древесины, особенно мягких пород, в значительной степени может увеличиться под воздействием внешних факторов.

### Список литературы

1. Амалицкий, В.В. Деревевообрабатывающие станки и инструменты : учебник / В.В. Амалицкий, В.В. Амалицкий. – М. : ИРПО : Издательский центр «Академия», 2002. – 400 с.
2. Амалицкий, В.В. Оборудование и инструмент деревообрабатывающих предприятий : учеб. / В.В. Амалицкий, В.И. Санев. – М. : Экология, 1992. – 479 с.

3. Воронин, В.В. Система управления температурой круглой пилы / В.В. Воронин, А.И. Цуриков // Современные проблемы технологии деревообрабатывающей промышленности : сб. науч. тр. / ВГЛТА. – Воронеж, 1995. – с.17-18
4. Воронин, В.В. Теория резания и дереворежущий инструмент. / В. В. Воронин, А. Д. Платонов, В.П.Ивановский, А. И. Цуриков, А. О. Сафонов. – Воронеж, 1998.- 70 с.
5. Грубе, А. Э. Характер изменения температуры по радиусу дисковых пил и влияние температурного перепада на поперечные колебания / А.Э. Грубе, В.И. Санев, В.К. Пашков // Изв. Вузов. Лесн. журн. – 1969. – с. 60-66
6. Дереворежущий инструмент : каталог / Инжиниринго-консалтинговая группа «Удача ХТ». – Киев, 2004. – 240 с.
7. Дереворежущий инструмент. Каталог / Н.И. Крюков, В.Н. Позднякова, Е.С. Баранкова, Е.И. Сапожников. – 2-е изд., перераб. и дополн. – М. : 1997. – 272 с.
8. Есипов, П. П. Исследование профилировки зубьев круглых пил для поперечного пиления сосновой древесины / П.П. Есипов. – Архангельск : кн. изд-во, 1961. – 81 с.
9. Зотов, Г.А. Повышение стойкости дереворежущего инструмента : учеб. / Г.А. Зотов, Е.А. Памфилов. – М. : Экология, 1991. – 304 с.

### References

1. Amalitsky, V.V. Woodworking machines and tools : textbook / V.V. Amalitsky, V.V. Amalitsky. – М.: IRPO: Publishing center "Academy", 2002. – 400 p.
2. Amalitsky, V.V. Equipment and tools of woodworking enterprises : textbook / V.V. Amalitsky, V.I. Sanev. – М.: Ecology, 1992. – 479 p.
3. Voronin, V.V. The temperature control system of a circular saw / V.V. Voronin, A.I. Tsurikov // Modern problems of woodworking industry technology: collection of scientific tr. / VGLTA. – Voronezh, 1995. – pp.17-18
4. Voronin, V.V. Theory of cutting and woodworking tools / V. V. Voronin, A. D. Platonov, V.P.Ivanovsky, A. I. Tsurikov, A. O. Safonov // VGLTA. – Voronezh, 1998. - 70 p.
5. Grube, A. E. The nature of temperature changes along the radius of circular saws and the effect of temperature drop on transverse oscillations / A.E. Grube, V.I. Sanev, V.K. Pashkov // Izv. Vuzov. Lesn. zhurnal. – 1969. – pp. 60-66
6. Woodworking tools : catalog / Engineering and consulting group "Luck HT". – Kiev, 2004. – 240 p.
7. Wood-cutting tools. Catalog / N.I. Kryukov, V.N. Pozdnyakova, E.S. Barankova, E.I. Sapozhnikov. – 2nd ed., reprint. and supplement. – М.: 1997. – 272 p.
8. Esipov, P. P. The study of profiling the teeth of circular saws for cross-sawing pine wood / P.P. Esipov. Arkhangelsk : Publishing House, 1961. – 81 p.
9. Zotov, G.A. Increasing the durability of wood-cutting tools : textbook / G.A. Zotov, E.A. Pamfilov. - М. : Ecology, 1991. – 304 p.

DOI: 10.58168/CIRCULAR2024\_158-164

УДК 674.053

**СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ БЕССТРУЖЕЧНОГО ДЕЛЕНИЯ  
ДРЕВЕСИНЫ ДИСКОВЫМИ НОЖАМИ И ШТАМПАМИ  
IMPROVEMENT OF THE PROCESSES OF CHIPLESS DIVISION OF WOOD  
WITH DISC KNIVES AND STAMPS**

**Ивановский В.П.**, кандидат технических наук, доцент ФГБОУ ВО «Воронежский государственный лесотехнический университет имени Г.Ф. Морозова», Воронеж, Россия.

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

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

**Ivanovsky V.P.**, Candidate of Technical Sciences, associate professor, Voronezh State University of Forestry and Technologies named after G.F. Morozov, Voronezh, Russia.

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

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

**Аннотация:** в статье рассматривается проблема недоиспользования мягколиственной древесины в деревообрабатывающей промышленности из-за ее худших физико-механических свойств по сравнению с хвойными породами. Авторы предлагают комплексный подход к переработке мягколиственной древесины на технологическую щепу и обсуждают варианты оптимизации процессов деформирующей обработки. Результаты исследований ГОУ ВО ВГЛТУ позволили повысить эффективность обработки древесины мягких лиственных пород, снизить энергоемкость и разработать новые методы обработки. Важными моментами являются использование бесстружечного резания, оптимальный выбор параметров инструмента и учет особенностей деформирования древесины. Результаты исследований позволяют сделать вывод о значительном превосходстве новых конструкций инструментов по качеству и производительности в сравнении с традиционными методами.

**Abstract:** the article deals with the problem of underutilization of soft-leaved wood in the woodworking industry due to its inferior physical and mechanical properties compared to coniferous species. The authors propose an integrated approach to the processing of soft-leaved wood into technological chips and discuss options for optimizing the processes of deforming processing. The results of the research conducted by the GOE in the VGLTU made it possible to increase the efficiency of processing soft hardwood, reduce energy consumption and develop new processing methods. The important points are the use of chipless cutting, the optimal choice of tool parameters and taking into account the peculiarities of wood deformation. The research results allow us to

conclude that the new tool designs are significantly superior in quality and performance compared to traditional methods.

**Ключевые слова:** древесина, дисковые ножи, бесстружечное пиление, обработка.

**Keywords:** wood, disc knives, chipless sawing, processing.

*Введение.* Ввиду растущего дефицита хвойных и твердых лиственных пород древесины, деревообрабатывающая промышленность и строительство все чаще вынуждены использовать низкосортную мягколиственную древесину. Ежегодно объемы переработки такой древесины увеличиваются, однако в Европейской части страны остается до 40 миллионов кубических метров неиспользованной мягколиственной древесины. Это связано с тем, что мягколиственная древесина обладает худшими физико-механическими свойствами по сравнению с хвойными породами, а также с отсутствием специальных технологических процессов и оборудования для комплексной переработки мягколиственной древесины и ее отходов. Наиболее эффективное использование мягколиственной древесины достигается при ее комплексной переработке на заготовки и технологическую щепу из отходов. В лесной отрасли важными направлениями развития являются разработка новых методов модифицирования древесины, использование быстрорастущих малоценных пород и безотходное производство. Это позволит более рационально использовать лесные ресурсы и сохранить их. Обработка резанием остается основным способом разделения и формообразования древесины, однако также существуют нетрадиционные способы механической обработки, такие как бесстружечное резание. Этот метод эффективно применяется в процессах деструкции древесины, например, при производстве древесных композитов или биотоплива. Кроме того, актуальным направлением является поиск альтернативных источников сырья для замены древесины. Например, использование сельскохозяйственных отходов, таких как солома, стебли хлопчатника, бамбук и другие однолетние растения. Они могут служить сырьем для производства древесных плит, бумаги, биотоплива и других продуктов. Еще одной перспективной технологией является выращивание быстрорастущих древесных культур на специальных плантациях. Это позволяет получать древесину в больших объемах за более короткие сроки по сравнению с традиционным лесным хозяйством. Таким образом, для решения проблемы дефицита качественной древесины необходим комплексный подход, включающий рациональное использование имеющихся ресурсов, внедрение новых технологий переработки и поиск альтернативных источников сырья. Это позволит обеспечить устойчивое развитие лесной и деревообрабатывающей промышленности в долгосрочной перспективе.

*Результаты и обсуждение.* Целью исследований, которые провели в ГОУ ВО ВГЛТУ выяснилось повышение эффективности технологических процессов деформирующей обработки древесины мягких лиственных пород, а именно: увеличение качества обработки и полезного выхода древесины, снижение энергоемкости и трудоемкости разделительных и формоизменяющих операций путем разработки научных основ их проведения, обоснования параметров и разработки новых инструментов.



В процессе обработки бесстружечным способом отсутствуют некоторые силы, которые расходуются на отделение и перемещение стружки, что влияет на меньшую энергоемкость процессов по сравнению с традиционными видами обработки резанием: пилением, фрезерованием и других.

Бесстружечное резание - это метод обработки древесины, который основан на способности древесины деформироваться при изменении объема и ее низком сопротивлении внедрению тела из более твердого материала. Этот процесс включает в себя два важных аспекта: деформирование и трение.

Деформирование древесины происходит из-за изменения объема материала под воздействием внешних сил. При бесстружечном резании, инструмент, как правило, изготовлен из более твердого материала, чем древесина, и поэтому может легко проникать внутрь материала, вызывая его деформацию. Трение также играет важную роль в процессе бесстружечного резания. При воздействии инструмента на древесину возникает сила трения, которая способствует удалению материала и формированию нужной формы. Одним из ключевых преимуществ бесстружечного резания является возможность получения более гладкой поверхности древесины по сравнению с другими методами обработки. Этот метод также позволяет снизить количество отходов и повысить эффективность процесса. Важно отметить, что для успешного применения бесстружечного резания необходимо учитывать различные факторы, такие как тип используемого инструмента, свойства древесины и требуемый результат. Тщательный подбор параметров позволит добиться оптимальных результатов и сохранить качество обработки древесины. Раскрой материалов по плоскости дисковыми и другими ножами — прогрессивный и энергосберегающий процесс. Он обуславливает высокое качество поверхности реза, а, с приложением внешней силы, превышающей предел текучести, деформация с течением времени возрастает неограниченно. В качестве реологической модели древесины при сжатии вдоль волокон нам подходит механическая модель Максвелла-Кельвина-Фойгхта и более точная, О. Р. Дорняк, учитывающая характеристики влажности и пористости древесины.

Анализ силового взаимодействия инструмента с древесиной проведен на основе выбранных типовых элементов рельефов при прямом смятии древесины и косом с учетом следующей функциональной зависимости:

$$P_{сж} = f(h, \rho, W, T, \alpha); \quad (1)$$

где  $h$  – глубина внедрения пуансона,  $\rho$  - плотность,  $W$  – влажность древесины,  $T$  – температура пуансона,  $\alpha$  - угол между направлением волокон и конусной поверхностью инструмента (при косом смятии – угол «атаки»). Разработаны и реализованы на ЭВМ программы для расчетов основного разрушающего фактора – величины внешнего усилия. Предел прочности древесины уменьшается при увеличении сжимающего напряжения (чем больше деформация, тем меньше предел прочности). Упрощенные методы расчета силовых параметров не дают четкую картину взаимодействия дискового ножа и древесины, в общем виде усилие деления определяется удельной силой  $F_{уд}$ , Н/мм<sup>2</sup> и площадью контакта диска с древесиной.:

$$P = F_{уд} S_k \quad (2)$$

Отсюда следует, что для снижения усилия резания необходимо уменьшить  $S_k$ , т.е. площадь контакта диска с древесиной. Деформация изделия при сжатии, тем ниже его прочность).

$$F_{\text{хц}} = F_{\text{хср}} Z_p, \text{ где } Z_p \text{ — число режущих элементов} \quad (3)$$

Для определения средней касательной силы резания используем принцип независимости составляющих:  $P_{\text{хср}} = P_{\text{хл}} + 2P_{\text{хн}} + 2P_{\text{хб}}$  (4)

где  $P_{\text{хл}}$  — усилие надрезания волокон древесины лезвием;  $P_{\text{хн}}$  — сопротивление на наклонных поверхностях режущих элементов;  $P_{\text{хб}}$  — сила трения на боковых поверхностях элементов (если таковые имеются).

$$P_{\text{хср}} = K_{\text{уд. л.}} l + K_{\text{уд. н.}} l + K_{\text{уд. б.}} l, \quad (5)$$

где:  $K_{\text{уд}}$  — удельное усилие внедрения лезвия, наклонных граней режущих элементов и боковых граней, Н/мм;  $l$  — длина контакта режущего элемента с древесиной, мм.

В процессах деления древесины мягких пород дисками, используемыми взамен круглых пил, основная энергия тратится на преодоление сил трения, возникающих по боковым поверхностям дисков. Специфика работы диска обуславливается величиной температурного перепада между режущими элементами и центральной частью диска. Расчет температурных напряжений проводился двумя методами через напряжения и по экспериментально найденным величинам жесткости. Следствия проверки сходимости расчетных данных показали, что ошибка не превышает 2%. В конце раздела проведено обоснование ключевых параметров инструментов начальный диаметр окружности резания, толщина диска и диаметр зажимных шайб, число режущих элементов, угловые характеристики инструментов.

Исследование силового взаимодействия инструмента с древесиной показал значимость расчетов по выбору величины наружного деформирующего усилия. Оптимизация математической модели контактного взаимодействия дискового ножа с древесиной позволила выявить численные значения контактного давления от угла контакта с древесиной до угла контакта  $90^\circ$ , величина контактного давления практически не меняется, а затем резко возрастает. Теоретическое рассмотрение кинематики встречного и попутного деления с учетом температурного перепада по корпусу диска до  $90^\circ \text{C}$ , позволило выявить преимущественные средние окружности резания 200-400 мм на основе расчетов на ЭВМ критических частот вращения, а также максимально возможной скорости подачи заготовок до 40 м/мин при встречном и попутном делении. Установлено, что по сравнению с радиальными тангенциальными напряжениями по сечению диска всегда имеют большее численное значение, но, даже на промышленных частотах вращения инструмент имеет значительный запас прочности. Величина действующих напряжений в корпусе инструмента обуславливается квадратичной зависимостью от его угловой скорости. Хотя сохранились до конца не выяснены некоторые конструктивно-технологические параметры инструментов, среди которых углы заострения и поднутрения, рациональная протяженность затылка режущего элемента. В представленных зависимостях не предусмотрены основные деформативно-прочностные характеристики мягколиственной древесины.

В экспериментальных исследованиях были задействованы не только специализированные экспериментальные установки, но и серийно выпускаемые позиционные станки. Одним из таких станков стал универсальный заточный станок 3Е642Е. Его универсальность выявляется в использовании не только ради заточки деревообрабатывающих инструментов, но и для исполнения разделительных операций с заготовками из древесины мягких лиственных пород.

Разработан комплексный критерий оценки качества инструментов и определили экономичную скорость резания для приводных инструментов. Полученное при этом качество поверхности соответствует техническим требованиям, предъявляемым к декоративным элементам и срезкам. Уменьшение упругих деформаций сможет достигнуть применением минимальной скорости нагружения, применением ступенчатого режима нагружения или с предварительной подпрессовкой образцов. Разработаны практические рекомендации по увеличению эффективности технологических процессов подготовка заготовок и выбор рациональных режимов резания с расчетом коэффициентов пропаривания на ЭВМ, организация дереворежущего инструмента и оценка качества изделий. На поверхности рельефов при штамповании наблюдаются трещины и разрывы, а также, главным повреждением можно считать неточное исполнение заданной формы, из-за упругого восстановления волокон древесины и ее мгновенно упругих свойств, релаксации, завышенного усилия прессования, брака сырья и др. Точное воссоздание контуров рельефов может быть достигнуто лишь в том случае, если в древесине образовались остаточные деформации необходимой величины при достаточном усилии деформирования. Таким образом, основным технологическим фактором, характеризующим качество рельефного рисунка и самого деформируемого элемента, является усилие прессования. С использованием наименьшей величины внешней нагрузки необходимо задействовать реологические свойства древесины, т. пластифицировать поверхность образцов, снизить трение между древесиной и штампом, увеличить длительность воздействия нагрузки.

*Выводы.* Разработанные конструкции инструментов для бесстружечного деления древесины, с параметрами, предусматривающими специализированные деформативно-прочностные свойства мягколиственной древесины и поставленные режимы резания, обеспечивают максимальные производительность и качество реза, наименьшие энергоемкость и надежность, низкую трудоемкость и необходимую универсальность в обслуживании. Новые конструкции инструментов превышают не только отечественные, но и зарубежные аналоги по комплексному критерию качества (более 70 %). Данный критерий сконструирован для относительной оценки дереворежущих инструментов (существующих и проектируемых), определен критический порог в использовании инструмента, равный 30 % по комплексному критерию качества (с учетом критериев безопасности, производительности, качества обработки, экономичности и стойкости).

### Список литературы

1. Патент № 2726557 РФ, МПК В27В 33/02. Режущий диск для мягколиственной древесины : № 2019107993 : заявл. 20.03.2019 : опубл. 14.07.2020 / Ивановский Владимир Павлович, Платонов Алексей Дмитриевич, Волганкин Александр Михайлович, Недиков Роман Анатольевич ; патентообладатель(и): Воронежский государственный лесотехнический университет имени Г.Ф. Морозова. - 2020. - eLIBRARY. - Бюл. № 20.

2. Свидетельство 2009611214 РФ. Программа для расчета режимов резания древесины / Е.С. Хухрянская, А.В. Ивановский ; заявитель и патентообладатель ГОУ ВПО «ВГЛТА». - №2008616255 ; заявл. 29.12.2008 ; опубл. 26.02.2009.

3. Свиридов, Л. Т. Основы научных исследований : учеб. пособие / Л.Т. Свиридов. – Воронеж : ВГЛТА, 2003. – 314 с.

4. Шамаев В.А., Паринов Д.А. и Полилов, А. 2018 Исследование подшипников скольжения из модифицированной древесины для высоконагруженных узлов трения. Журнал машиностроения и надежности. 47. 168-172. 10.3103 / S1052618818020115.

5. Christian Brischke and Lone Ross Gobakken 2020 Protecting wood infrastructure and mass timber buildings. *Wood Material Science & Engineering*, 15:6, 325, DOI: 10.1080/17480272.2020.1799242.

6. Fomin A.A. 2013 Vibrational Motion of a Complex Mill under the Action of the Cutting Force. *Russian Engineering Research*. 2013. Vol. 33. № 1, pp. 57 – 60. Grün K. Lexikon tropickych Drevin –Prace yud Sv1/(1971)-Praha -332S.

7. James A. Brient, Mark J. Manning and Mike H. Freeman 2020 Copper naphthenate - protecting America’s infrastructure for over 100 years and its potential for expanded use in Canada and Europe, *Wood Material Science & Engineering*, 15:6, 368-376, DOI: 10.1080/17480272.2020.1837948

8. Lulu X, Ye X, Baokang D, Zhangning Ye, Chunde J, Qingfeng S and Xiaohong Yu 2019 In-situ anchoring of Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub>/ZIF-67 dodecahedrons in highly compressible wood aerogel with excellent microwave absorption properties. *Materials & Design*, Volume 182, 2019, 108006, ISSN 0264-1275, <https://doi.org/10.1016/j.matdes.2019.108006>.

### References

1. Patent No. 2726557 RF, IPC B27B 33/02. Cutting disc for softwood: No. 2019107993: appl. 03/20/2019: publ. 07/14/2020 / Ivanovsky Vladimir Pavlovich, Platonov Alexey Dmitrievich, Volgankin Alexander Mikhailovich, Nedikov Roman Anatolyevich; patent holder(s): Voronezh State Forestry University named after G.F. Morozova. - 2020. - eLIBRARY. - Bull. No. 20.

2. Certificate 2009611214 RF. Program for calculating wood cutting conditions / E.S. Khukhryanskaya, A.V. Ivanovsky; applicant and patent holder State Educational Institution of

Higher Professional Education “VGLTA”. - No. 2008616255; application 12/29/2008; publ. 02/26/2009.

3. Sviridov, L. T. Fundamentals of scientific research : textbook / L.T. Sviridov. – Voronezh: VGLTA, 2003. – 314 p.

4. Shamaev V.A., Parinov D.A. and Polilov, A. 2018 Study of sliding bearings made of modified wood for highly loaded friction units. Journal of Mechanical Engineering and Reliability. 47. 168-172. 10.3103/S1052618818020115.

5. Christian Brischke and Lone Ross Gobakken 2020 Protecting wood infrastructure and mass timber buildings. Wood Material Science & Engineering, 15:6, 325, DOI: 10.1080/17480272.2020.1799242.

6. Fomin A.A. 2013 Vibrational Motion of a Complex Mill under the Action of the Cutting Force. Russian Engineering Research. 2013. Vol. 33. No. 1, pp. 57 – 60. Grün K. Lexikon tropických Drevin –Prace yyud Sv1/(1971)-Praha -332S.

7. James A. Brient, Mark J. Manning and Mike H. Freeman 2020 Copper naphthenate - protecting America's infrastructure for over 100 years and its potential for expanded use in Canada and Europe, Wood Material Science & Engineering, 15:6, 368- 376, DOI: 10.1080/17480272.2020.1837948

8. Lulu X, Ye X, Baokang D, Zhangning Ye, Chunde J, Qingfeng S and Xiaohong Yu 2019 In-situ anchoring of Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub>/ZIF-67 dodecahedrons in highly compressible wood aerogel with excellent microwave absorption properties. Materials & Design, Volume 182, 2019, 108006, ISSN 0264-1275, <https://doi.org/10.1016/j.matdes.2019.108006>

DOI: 10.58168/CIRCULAR2024\_165-168

УДК 674

**ГЛУБОКАЯ ПЕРЕРАБОТКА ДРЕВЕСИНЫ: ПРОБЛЕМЫ И ПЕРСПЕКТИВЫ****DEEP PROCESSING OF WOOD: PROBLEMS AND PROSPECTS**

**Ищенко Т.Л.**, кандидат технических наук, доцент ФГБОУ ВО «Воронежский государственный лесотехнический университет имени Г.Ф. Морозова», Воронеж, Россия.

**Ефимова Т.В.**, кандидат технических наук, доцент, Воронеж, Россия.

**Грачев Д.С.**, студент группы ТД2-201-ОБ ФГБОУ ВО «Воронежский государственный лесотехнический университет имени Г.Ф. Морозова», Воронеж, Россия.

**Шарыгин Н.С.**, студент группы ТД2-201-ОБ ФГБОУ ВО «Воронежский государственный лесотехнический университет имени Г.Ф. Морозова», Воронеж, Россия.

**Ishchenko T.L.**, candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Voronezh State University of Forestry and Technologies named after G.F. Morozov, Voronezh, Russia.

**Efimova T.V.**, candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Voronezh, Russia.

**Grachev D.S.**, student of TD2-201-OB group, Voronezh State University of Forestry and Technologies named after G.F. Morozov, Voronezh, Russia.

**Sharygin N.S.**, student of TD2-201-OB group, Voronezh State University of Forestry and Technologies named after G.F. Morozov, Voronezh, Russia.

**Аннотация:** в этой статье рассмотрены проблемы и перспективы развития отраслей промышленности, связанные с глубокой переработкой древесины. А также возможные пути выхода из сложившихся проблем развития отрасли.

**Abstract:** this article discusses the problems and prospects for the development of industries related to deep processing of wood. As well as possible ways out of the existing problems of the industry development.

**Ключевые слова:** переработка, древесина, развитие, стратегия, конкуренция, результат, внутренний рынок.

**Keywords:** processing, wood, development, strategy, competition, result, domestic market.

Глубокая механическая переработка древесины объединяет такие отрасли как целлюлозно-бумажная, лесопильная, мебельная, деревообрабатывающая и лесохимическая.

Проблемы, связанные с санкционной политикой и экономическими трудностями, напрямую отразились на состоянии лесопромышленного комплекса страны.

Доля лесоперерабатывающей отрасли в ВВП нашей страны не превышает по разным оценкам 1–3 %. Это при том, что мы владеем более, чем 20 % мировых лесных запасов по площади. Мы получаем из 1 м<sup>3</sup> древесины продукции в 6–7 раз меньше, чем переработчики древесины в США, Канаде, Швеции, Финляндии. Заготавливаем в стране древесины менее

третьей части от возможных нормативов [1]. По данным Росстата, объем лесозаготовки в 2021 году составил 233 млн м<sup>3</sup>, в 2022 году 195 млн м<sup>3</sup>, в 2023 году 185 млн м<sup>3</sup>. Аналогичное снижение объемов наблюдается в сфере переработки древесины и выпуска древесной продукции [2,3].

Глубокая механическая переработка древесины является, одной из важнейших отраслей нашей экономики. Она в России активно развивается, несмотря на экономические трудности и международные санкции. В 2022 году инвестиции в модернизацию и создание новых мощностей увеличились. Например, группа «Илим» ввела в эксплуатацию новый целлюлозно-картонный комбинат в Иркутской области, а "Запсибруда" планирует строительство нового деревообрабатывающего предприятия в Кемеровской области.

С 2020 года государство предпринимает ряд мер для поддержки развития глубокой переработки древесины. К ним относятся:

- национальная программа развития лесного комплекса до 2030 года, включающая в себя меры по модернизации оборудования, внедрению передовых технологий, развитию лесохимии и биоэнергетики. Предусмотрены субсидии, льготные кредиты, налоговые преференции для лесопромышленных предприятий;

- стратегия развития лесной промышленности до 2030 года определяет приоритетные направления развития отрасли, включая глубокую переработку древесины. Ставит задачи по увеличению производства продукции с высокой добавленной стоимостью;

- государственные программы поддержки малого и среднего бизнеса, позволяющие предприятиям лесопереработки получить льготные кредиты, гранты, субсидии на приобретение оборудования и разработку новых технологий.

Основными видами продукции глубокой переработки древесины являются: целлюлоза, бумага, картон, древесные плиты, пилопродукция, фанера, шпон, мебель, лесохимия.

Несмотря на меры поддержки, отрасль глубокой механической переработки древесины сталкивается с рядом проблем:

- недостаток инвестиций - отрасль нуждается в модернизации оборудования и внедрении передовых технологий. Инвестиционная активность в отрасли остается низкой;

- недостаточный уровень квалификации кадров - не хватает специалистов с высоким уровнем подготовки.

Система образования не в полной мере отвечает потребностям отрасли. Среди проблем, связанных с процессом подготовки кадров для лесной промышленности, можно выделить следующие: несоответствие учебных программ потребностям отрасли (учебные программы не всегда учитывают актуальные требования работодателей; устаревшие материально-технические базы и недостаток квалифицированных преподавателей, с практическим опытом работы в отрасли.

- Высокая конкуренция на мировом рынке - Российским предприятиям сложно конкурировать с производителями из стран с более низкой стоимостью рабочей силы.

- Неразвитая инфраструктура - не хватает лесных дорог, портовых мощностей, логистических центров [4].

В 2023 году рынок труда показал следующие результаты - российские компании разместили почти 64000 вакансий в сфере лесной промышленности, количество вакансий увеличилось на 35 % по сравнению с предыдущим годом. В настоящее время в сфере ЛПК трудится более 43 000 человек. Несмотря на такие показатели, в отрасли остается острой проблема дефицита работников. Так в 2022 году доля трудоустройства выпускников ВУЗов России, окончивших бакалавриат по направлению подготовки «Технология лесозаготовительных и деревоперерабатывающих производств», составила 68,8 %. Средняя заработная плата выпускников - 23 238 рублей.

Сейчас в стране порядка 25 ВУЗов готовят бакалавров для лесозаготовительной и деревоперерабатывающей отрасли, в 13 ВУЗах реализуются программы магистратуры, в 20 организациях программы аспирантуры и порядка 36 организаций реализуют программы среднего профессионального образования. Это позволило в 2023 году выпустить свыше 10 000 бакалавров, свыше 1000 магистрантов и порядка 50 человек защитили кандидатские и докторские диссертации.

В России насчитывается порядка 2135 предприятий ЛПК. Ключевыми организациями деревоперерабатывающей отрасли являются: группа "Сегежа", один из крупнейших лесопромышленных холдингов в России, занимающийся заготовкой и переработкой древесины, производством целлюлозы, бумаги, картона; группа "Илим" - второй по величине лесопромышленный холдинг в России, производит целлюлозу, картон, фанеру, пиломатериалы; группа "Свеза" - один из крупнейших производителей фанеры в России. Экспортирует продукцию в более чем 100 стран мира; холдинг "Форест" - крупнейший производитель пиломатериалов в России, который экспортирует продукцию в более чем 50 стран мира; группа "УСТК Илим" - крупнейший производитель хвойной целлюлозы в России, который экспортирует продукцию в более чем 30 стран мира.

В последние годы наблюдаются несколько ключевых тенденций в сфере переработки древесины в России. Прежде всего, отмечается активное внедрение современных технологий в производственные процессы, например, компьютерное управление оборудованием (CNC), что способствует повышению эффективности и качества продукции. Развивается направление экологически устойчивой деревообработки, внедрения инновационных методов управления отходами и использования энергоэффективных технологий.

В ближайшие годы прогнозируется значительное развитие отрасли благодаря следующим факторам:

- инвестиции в технологии: Внедрение современных технологий и цифровизация производственных процессов помогут увеличить эффективность и производительность предприятий;

- развитие внутреннего рынка: Увеличение внутреннего потребления продукции из древесины, особенно в строительстве и мебельной промышленности, способствует устойчивому росту отрасли;



- поддержка со стороны государства: Государственные программы поддержки и субсидирования предприятий, занимающихся глубокой переработкой древесины, направлены на улучшение условий для малого и среднего бизнеса в этой сфере .

В ближайшие пять лет ожидается, что российская отрасль глубокой переработки древесины будет продолжать расти и развиваться, несмотря на внешние вызовы. Прогнозируется увеличение объемов производства и экспортных поставок, особенно в страны Азии и СНГ. Инвестиции в новые технологии и модернизацию производственных мощностей должны повысить конкурентоспособность российских компаний на международном рынке [5].

### Список литературы

1. Стратегические цели развития переработки древесины. – Режим доступа: <https://www.vseobumage.ru/3714/>.
2. Российская газета: «Компании леспрома увеличили инвестиции в глубокую переработку древесины». – Режим доступа: <https://rg.ru/2021/09/16/kompanii-lesproma-uvlichili-investicii-v-glubokuiu-pererabotku-drevesiny.html>.
3. Что ждет рынок древесины в России в 2023 году, какие перспективы развития. – Режим доступа: [vc.ru/money/724505-chto-zhdet-rynok-drevesiny-v-rossii-v-2023-godu-kakie-perspektivy-razvitiya](https://vc.ru/money/724505-chto-zhdet-rynok-drevesiny-v-rossii-v-2023-godu-kakie-perspektivy-razvitiya).
4. ЛПК Сибири: «Глубокая переработка древесины: в ожидании государственных инициатив». – Режим доступа: <https://lpk-sibiri.ru/lpk-forest-industry/glubokaya-pererabotka-drevesiny-v-ozhidanii-gosudarstvennyh-initsiativ/>
5. Производство и переработка древесины в России в 2022-2023 году. – Режим доступа: <https://hiterbober.ru/business/proizvodstvo-i-pererabotka-drevesiny.html>.

### References

1. Strategic objectives for the development of wood processing. – URL: <https://www.vseobumage.ru/3714/>.
2. Rossiyskaya Gazeta: «Lesprom companies have increased investments in deep processing of wood». – URL: <https://rg.ru/2021/09/16/kompanii-lesproma-uvlichili-investicii-v-glubokuiu-pererabotku-drevesiny.html>.
3. What awaits the timber market in Russia in 2023, what are the prospects for development. – URL: [vc.ru/money/724505-chto-zhdet-rynok-drevesiny-v-rossii-v-2023-godu-kakie-perspektivy-razvitiya](https://vc.ru/money/724505-chto-zhdet-rynok-drevesiny-v-rossii-v-2023-godu-kakie-perspektivy-razvitiya).
4. LPC of Siberia: «Deep processing of wood: in anticipation of state initiatives». – URL: <https://lpk-sibiri.ru/lpk-forest-industry/glubokaya-pererabotka-drevesiny-v-ozhidanii-gosudarstvennyh-initsiativ/>
5. Wood production and processing in Russia in 2022-2023. – URL: <https://hiterbober.ru/business/proizvodstvo-i-pererabotka-drevesiny.html>.

DOI: 10.58168/CIRCULAR2024\_169-172

УДК 674

## СОВРЕМЕННЫЕ КЛЕЕВЫЕ МАТЕРИАЛЫ В ДЕРЕВООБРАБАТЫВАЮЩЕЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

THE LATEST ADHESIVES IN THE WOODWORKING INDUSTRY

**Кантиева Е.В.**, кандидат технических наук, доцент ФГБОУ ВО «Воронежский государственный лесотехнический университет имени Г.Ф. Морозова», Воронеж, Россия.

**Kantieva E.V.**, candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Voronezh State University of Forestry and Technologies named after G.F. Morozov, Voronezh, Russia.

**Апанасеевич К.Н.**, студент группы ТЛК4-231-ОМ ФГБОУ ВО «Воронежский государственный лесотехнический университет имени Г.Ф. Морозова», Воронеж, Россия.

**Apanaseevich K.N.**, student of TLK4-231-OM group, Voronezh State University of Forestry and Technologies named after G.F. Morozov, Voronezh, Russia.

**Аннотация:** в этой статье мы рассмотрим современные клеевые материалы, применяемые в деревообрабатывающей промышленности, их свойства и эффективность применения.

**Abstract:** in this article, we will look at modern adhesives used in the woodworking industry, their properties and their effectiveness.

**Ключевые слова:** нанотехнология, инновация, клей, древесные материалы, свойства, влажность, адгезия, прочность.

**Keywords:** nanotechnology, innovation, glue, wood materials, properties, humidity, adhesion, endurance.

В последние годы деревообрабатывающая промышленность стоит перед вызовом постоянного улучшения качества продукции и повышения эффективности производства. Одним из основных аспектов в области решения поставленных задач является разработка современных клеевых материалов, которые позволяют обеспечить надежное и долговечное соединение древесных материалов при изготовлении различных изделий.

Клеи различают по составу и химической природе, и их классификация важна для выбора подходящего клея для конкретного вида получаемого материала и работ [7].

Синтетические клеи создают с использованием химических соединений, таких как поливинилацетат, эпоксидная смола, акрилатная смола. Они обладают высокой прочностью и стойкостью к внешним воздействиям, что делает их идеальными для высокопрочных и ответственных соединений. Однако, некоторые синтетические клеи могут содержать вредные вещества, поэтому при выборе клея необходимо обращать внимание на их экологическую безопасность [6].

Натуральные клеи производят из природных сырьевых материалов, таких как растительные смолы (каучук, льняное масло), животные продукты (кость, казеин, кожа), минеральные компоненты (глина, известь), клеящие соки растений. Такие клеи экологически чистые, обладают хорошей способностью проникновения в структуру древесины и обеспечивают надежное соединение. Однако их прочность и стойкость к влаге и температурным изменениям ниже, чем у синтетических [7].

Модифицированные клеи представляют собой комбинацию синтетических и натуральных компонентов, что обеспечивает им оптимальные характеристики. В состав таких клеев вводятся добавки для улучшения их характеристик. Например, добавление растворителей для улучшения вязкости, ускорители для увеличения скорости затвердевания клея, либо добавление наполнителей для увеличения прочности соединения [7].

Одной из последних инноваций в данной области является разработка клеевых материалов на основе наноматериалов.

Наноматериалы – это материалы, созданные с использованием наночастиц или посредством нанотехнологий, обладают какими-либо уникальными свойствами, обусловленными присутствием этих частиц в материале [1].

Применение наночастиц позволяет улучшить адгезию клея к поверхности склеиваемого материала, увеличить прочность соединения за счет более плотного и равномерного распределения частиц, а также повысить стойкость к воздействию внешних факторов.

Одним из примеров наноматериалов, применяемых в клеевых соединениях, является наноцеллюлоза – материал, получаемый из целлюлозы и имеющий нанометровые размеры. Она обладает такими свойствами как, высокая прочность, устойчивость к влаге, биоразлагаемость и экологическая чистота [2].

Помимо наноцеллюлозы, в клеевых материалах также могут использоваться наночастицы металлов, нанотрубки и наночастицы полимеров, которые придают клею дополнительные свойства и улучшают его характеристики [8].

Современные разработки в области клеев позволяют создавать составы с улучшенными технологическими свойствами – быстрым временем схватывания, высокой прочностью соединения, устойчивостью к влажности и тепловым воздействиям.

Разработка универсальных клеев в настоящее время занимает немаловажное место в деревообрабатывающей промышленности и позволяет использовать их для различных материалов и целей: от склеивания мебельных конструкций до производства упаковки. Такие клеи обладают широким спектром применения и позволяют сократить количество используемых материалов [4,5].

Еще одним инновационным направлением в развитии клеевых соединений является использование экологически чистых материалов. Современные потребители обеспокоены вопросами экологии и здоровья, поэтому спрос на безопасные для здоровья клеевые составы становится все выше. Производители активно разрабатывают биodeградируемые и

безопасные клеи на основе натуральных компонентов, таких как крахмал, целлюлоза или растительные масла [3].

Таким образом, создание современных клеевых материалов играет ключевую роль в современной деревообрабатывающей промышленности, позволяя улучшить качество продукции, сократить издержки и сделать процессы более эффективными. Внедрение инновационных материалов и технологий в производство клеевых составов открывает новые возможности для развития отрасли и создания высококачественной и экологически чистой продукции.

### Список литературы

1. Кукоз Ф.И., Кукоз В.Ф., Муковнин А.А. Нанотехнология: состояние, проблемы, решения, перспективы // Известия вузов. Северо-Кавказский регион. Серия: Технические науки. 2006. №3. С. 64-66. – Режим доступа: <https://cyberleninka.ru/article/n/nanotehnologiya-sostoyanie-problemy-resheniya-perspektivy>

2. Шамаев В.А. Применение наноцеллюлозы в процессах склеивания и модифицирования древесины / В.А. Шамаев, Н.С. Никулина, С.А. Константинова и др. // Вестник МГЛТУ - Лесной вестник. - 2012. - №8 (91). - С. 107-110. – Режим доступа: <https://cyberleninka.ru/article/n/primenenie-nanotsellyulozy-v-protsessah-skleivaniya-i-modifitsirovaniya-drevesiny>

3. Инновационные технологии получения экологически чистых клеевых материалов на основе водорастворимого биоклея из низкосортной древесины. – Режим доступа: <https://cyberleninka.ru/article/n/innovatsionnye-tehnologii-polucheniya-ekologicheski-chistyh-kleevykh-materialov-na-osnove-vodorastvorimogo-biokleya-iz-nizkosortnoy>

4. Виды клея и их применение. - Режим доступа: <https://www.livemaster.ru/topic/900959-vidy-kleya-i-ih-primenenie>.

5. Матюшенкова, Е. Клеевые материалы для деревообработки / Е. Матюшенкова // ЛесПромИнформ. – 2010. - № 6(72). – С. 64-72.

6. Кондратьев, В.П. Синтетические клеи для древесных материалов / В.П. Кондратьев, В.И. Кондращенко. – М.: Научный мир, 2004. – 520 с.

7. Козловский, А.Л. Клеи и склеивание / А.Л. Козловский. – М.: Знание. - № 6. – 64 с.

8. Кардашов, Д.А. Полимерные клеи / Д.А. Кардашов, А.П. Петрова. – М.: Химия, 1983. – 143с.

### References

1. Kukoz F.I., Kukoz V.F., Mukovnin A.A. Nanotechnology: state, problems, solutions, prospects // Izvestiya vuzov. The North Caucasus region. Series: Technical Sciences. 2006. №3. С. 64-66. – URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/nanotehnologiya-sostoyanie-problemy-resheniya-perspektivy>

2. Shamaev V.A. The use of nanocellulose in the processes of gluing and modifying wood / V.A. Shamaev, N.S. Nikulina, S.A. Konstantinova et al. // Vestnik MGLTU - Lesnoy vestnik. - 2012. - №8 (91). - Pp. 107-110. – URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/primenenie-nanotsellyulozy-v-protssah-skleivaniya-i-modifitsirovaniya-drevesiny>
3. Innovative technologies for the production of environmentally friendly glued materials based on water-soluble bio-glue from low-grade wood. - URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/innovatsionnye-tehnologii-polucheniya-ekologicheski-chistyh-kleenyh-materialov-na-osnove-vodorastvor>
4. Types of glue and their application. - URL: <https://www.livemaster.ru/topic/900959-vidy-kleya-i-ih-primenenie>
5. Matyushenkova, E. Adhesive materials for woodworking / E. Matyushenkova // LesPromInform. – 2010. - № 6 (72). – Pp. 64-72.
6. Kondratiev, V.P. Synthetic adhesives for wood materials / V.P. Kondratiev, V.I. Kondrashchenko. – M.: Scientific world, 2004. – 520 p.
7. Kozlovsky, A.L. Glues and gluing / A.L. Kozlovsky. – M.: Knowledge. - No. 6. – 64 p.
8. Kardashov, D.A. Polymer adhesives / D.A. Kardashov, A.P. Petrova. – M.: Chemistry, 1983. – 143 p.

DOI: 10.58168/CIRCULAR2024\_173-177

УДК 674.81

**ИССЛЕДОВАНИЕ ПОСЛОЙНОЙ ПЛОТНОСТИ ДРЕВЕСНОСТРУЖЕЧНЫХ ПЛИТ  
ПЕРИОДИЧЕСКОГО И НЕПРЕРЫВНОГО СПОСОБА ПРЕССОВАНИЯ  
RESEARCH OF LAYER-BY-LAYER DENSITY OF WOOD-BOARDS BY PERIODIC  
AND CONTINUOUS PRESSING METHOD**

**Кантиева Е.В.**, кандидат технических наук, **Kantieva E.V.**, candidate of Technical Sciences, доцент ФГБОУ ВО «Воронежский государственный лесотехнический университет имени Г.Ф. Морозова», Associate Professor, Voronezh State University of Forestry and Technologies named after G.F. Morozov, Voronezh, Russia.

**Пономаренко Л.В.**, кандидат технических наук, доцент ФГБОУ ВО «Воронежский государственный лесотехнический университет имени Г.Ф. Морозова», Associate Professor, Voronezh State University of Forestry and Technologies named after G.F. Morozov, Voronezh, Russia.

**Генералов М.И.**, студент ФГБОУ ВО «Воронежский государственный лесотехнический университет имени Г.Ф. Морозова», Воронеж, Россия. **Generalov M.I.**, student Voronezh State University of Forestry and Technologies named after G.F. Morozov, Voronezh, Russia.

**Неделина Н.Ю.**, начальник технологического отдела ООО ХК «Мебель Черноземья», Воронеж, Россия. **Nedelina N.Yu.**, head of the Technology Department of HC Mebel Chernozemya LLC, Russia, Voronezh.

**Аннотация:** в работе рассматривается вопрос влияния способа прессования древесностружечных плит на распределение плотности по толщине плит. Послойная плотность определялась у плит промышленного производства периодического и непрерывного способа прессования. Эксперименты показали, что наибольший разброс плотности по толщине наблюдается у плит непрерывного способа прессования. При этом наружные слои данных плит уплотняются сильнее, чем у плит периодического способа прессования.

**Abstract:** the paper considers the influence of the method of pressing particle board on the density distribution over the thickness of the plates. The layer density was determined for plates of industrial production by periodic and continuous pressing method. Experiments have shown that the greatest density variation in thickness is observed in plates of the continuous pressing method. At the same time, the outer layers of these plates are compacted more strongly than those of the plates of the periodic pressing method.

**Ключевые слова:** древесностружечная плита, плотность, периодический и непрерывный способ прессования, профиль плотности

**Keywords:** particle board, density, periodic and continuous pressing method, density profile

Древесностружечные плиты (ДСтП) производят различными способами прессования: периодическим в одноэтажных и многоэтажных прессах, непрерывным в проходных ленточных, каландровых и экструзионных прессах. Подавляющее большинство производств ДСтП оснащено периодическими прессами или ленточными проходными прессами, в которых стружечный ковер формируется между двумя стальными лентами.

Поступающая в пресс стружечно-клеевая смесь под влиянием температуры и давления уплотняется и отверждается. Известно, что древесно-стружечные плиты имеют разную плотность по толщине. Наружные слои уплотняются сильнее внутренних [1,2]. Диаграммы изменения давления и температуры при использовании периодического и непрерывного прессов значительно отличаются [1]. Следовательно, распределение плотности по толщине плит разного способа прессования будет отличаться, что скажется на их физико-механических свойствах.

Цель работы – определение и анализ послойной плотности промышленных ДСтП периодического и непрерывного способа прессования.

Для эксперимента были взяты плиты промышленного производства на базе прессов непрерывного прессования компаний «Шведский стандарт» (плита №1), ООО «Эггер Древпродукт Гагарин» (плита № 2), АО «Череповецкий фанерно-мебельный комбинат» (плита № 3) и периодического прессования ЗАО «Муром» (плита № 4). Все плиты шлифованные, марки Р2, толщиной 16 мм.

Определение послойной плотности плит осуществляли на лабораторной установке контроля профиля объемной плотности GreConDax 6000 при помощи рентгеновской технологии.

Результаты эксперимента представлены на рис. 1-4.

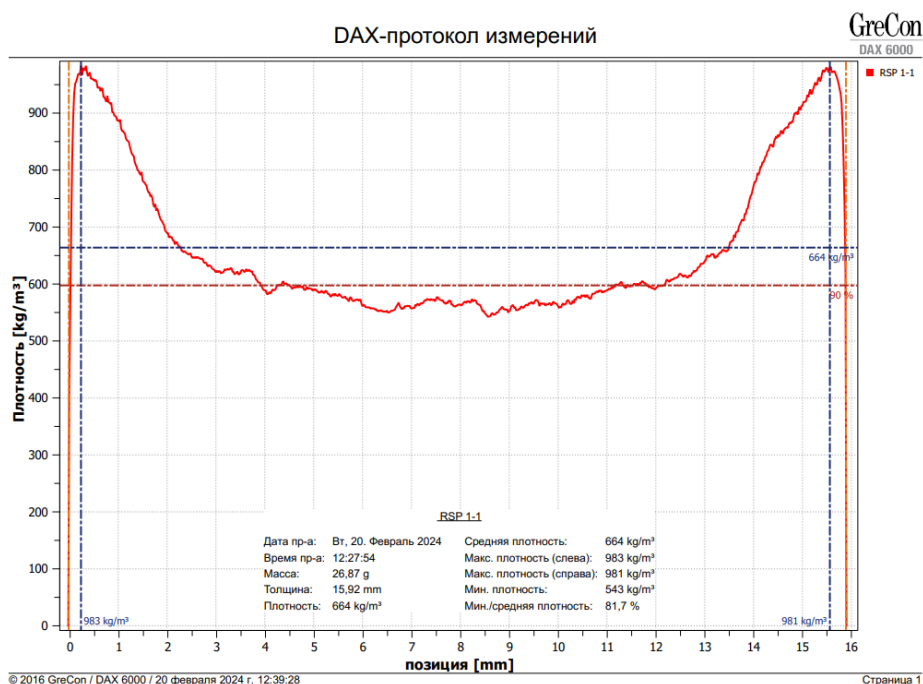


Рисунок 1 – Распределение плотности ДСтП непрерывного способа прессования «Шведский стандарт» (плита № 1)

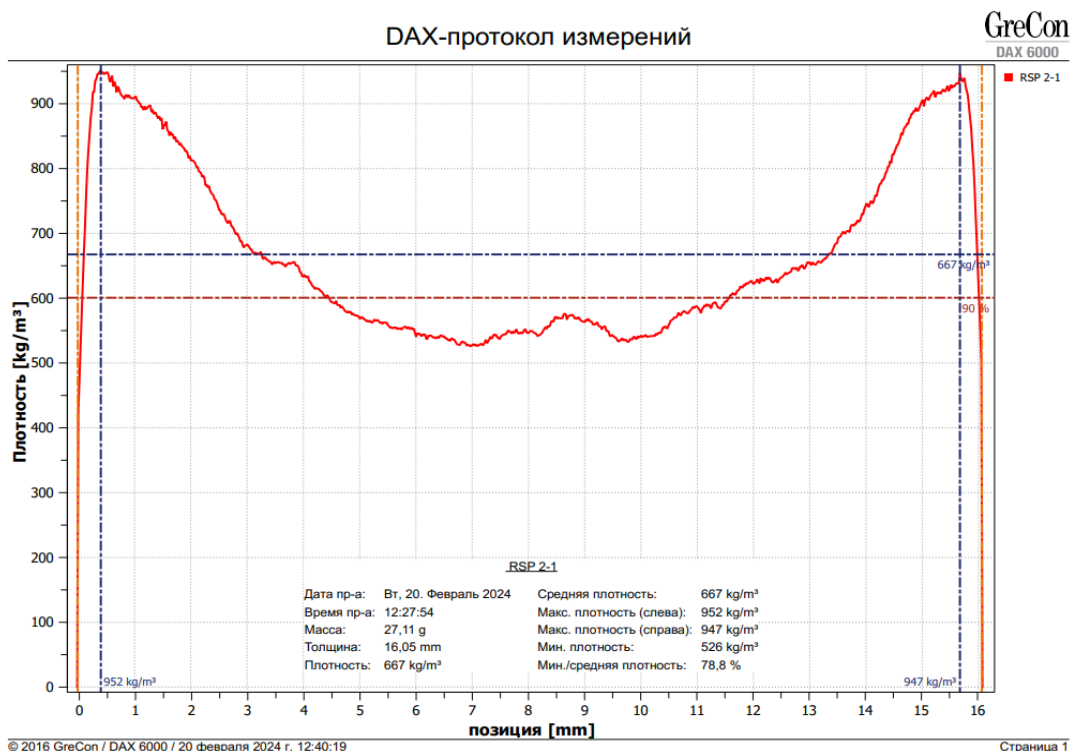


Рисунок 2 – Распределение плотности ДСтП непрерывного способа прессования «ЭггерДревпродукт Гагарин» (плита № 2)

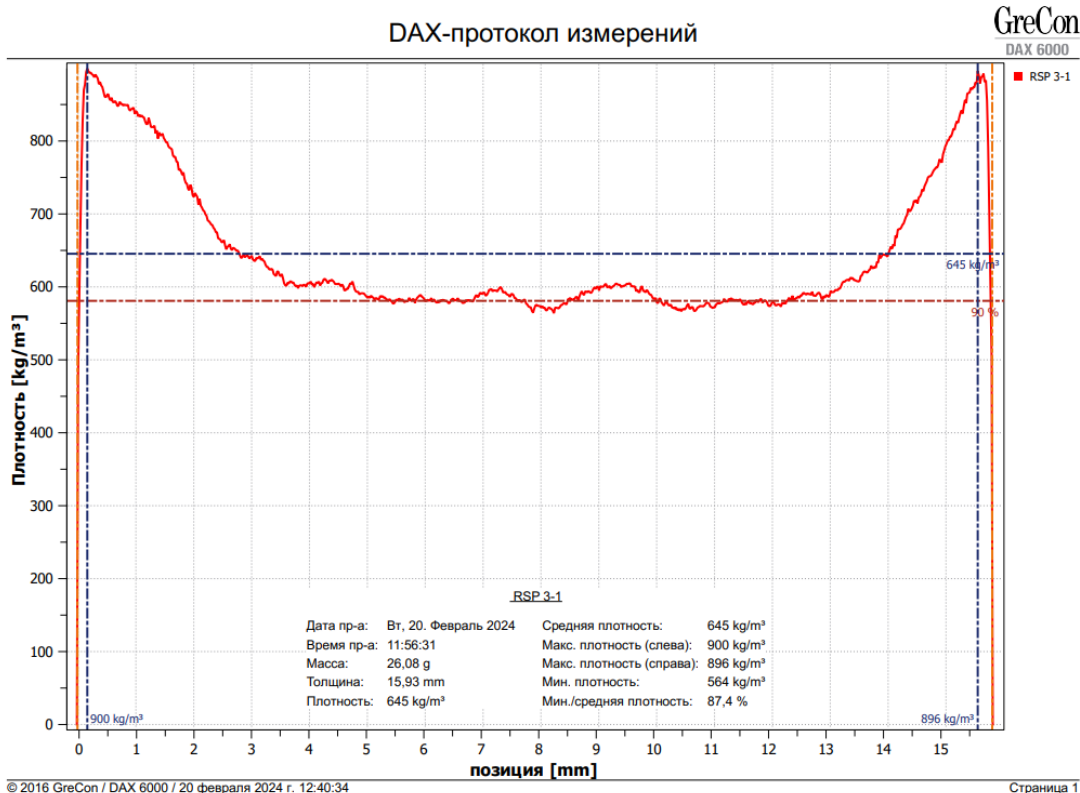


Рисунок 3 – Распределение плотности ДСтП непрерывного способа прессования «Череповецкий фанерно-мебельный комбинат» (плита № 3)



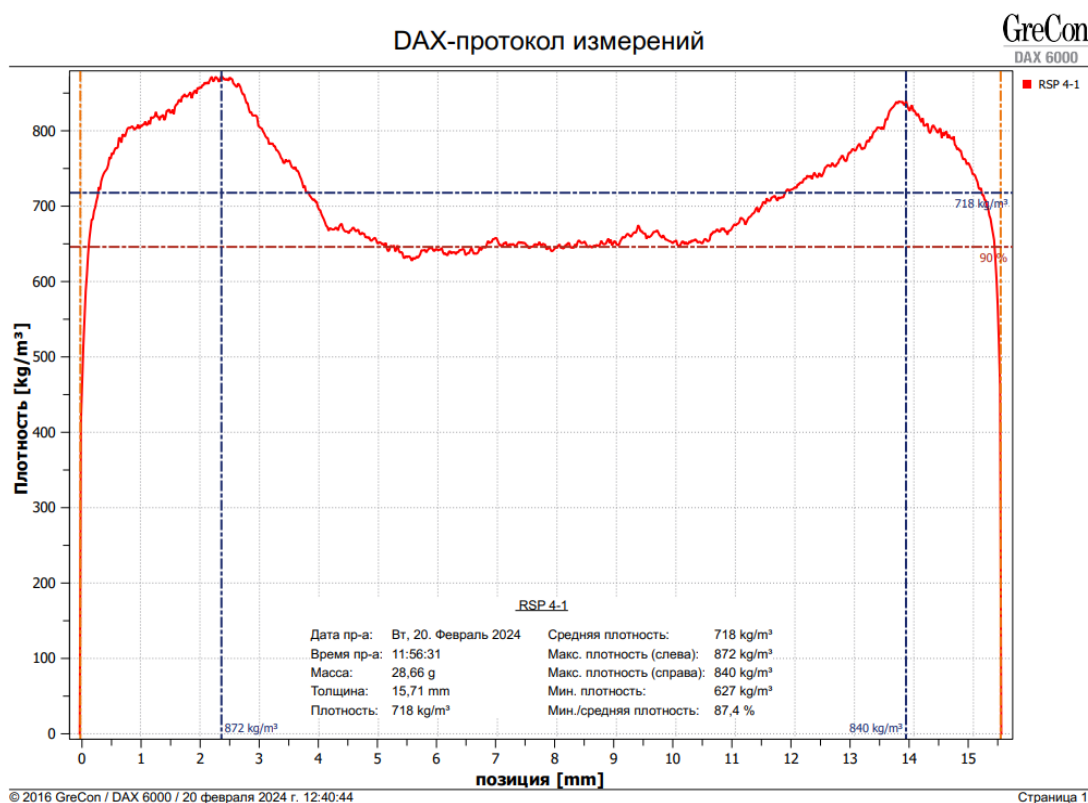


Рисунок 4 – Распределение плотности ДСтП периодического способа прессования «Муром» (плита № 4)

Из представленных графиков видно, что исследуемые плиты имеют примерно одинаковую среднюю плотность в пределах  $650-665 \text{ кг/м}^3$ , только плита № 4 производства ЗАО «Муром» имеет более высокую плотность  $720 \text{ кг/м}^3$ . Профиль плотности всех исследуемых образцов показывает более высокие значения плотности в наружных слоях и более низкую в центральном слое. Наибольшая плотность плит у образцов 1,2,3 расположена на расстоянии  $0,1-0,4 \text{ мм}$  от поверхности плиты.

Профиль плотности ДСтП ЗАО «Муром» значительно отличается от всех представленных. На графике 4 мы наблюдаем, что максимальная плотность находится на расстоянии примерно  $2 \text{ мм}$  от поверхности плиты. Причем разница между левой и правой стороной существенная  $1,6$  и  $2,3 \text{ мм}$  соответственно. И если плотность левой и правой сторон профиля образцов 1-3 практически одинаковая ( $2-5 \text{ кг/м}^3$ ), то у образцов № 4 разброс плотности  $32 \text{ кг/м}^3$  ( $840$  и  $872$ ). Вероятно, это может быть связано с неравномерным отверждением связующего в верхнем и нижнем слое ДСтП, так как загрузка стружечных пакетов осуществляется в горячий пресс, и нижняя сторона плит нагревается раньше.

На представленных графиках проведены дополнительные горизонтальные линии, показывающие среднюю плотность (верхняя) и соотношение минимальной плотности к средней  $90 \%$ . Данное соотношение для плит Шведский стандарт составляет  $81,7 \%$ , Эггер –  $78,8 \%$ , Череповец –  $87,4 \%$ , Муром –  $87,4 \%$ . Т.е. плиты непрерывного способа производства имеют больший разброс плотности по толщине.

Плиты непрерывного способа производства при равной средней плотности с плитами периодического способа прессования имеют большую плотность наружных слоёв и меньшую центрального слоя. Это означает, что при непрерывном способе прессования наружные слои плит уплотняются сильнее, а внутренний имеет более рыхлую структуру.

ДСтП, изготовленные различными способами прессования имеют различный профиль плотности по толщине. Как показали результаты исследования, плиты непрерывного способа прессования имеют более уплотненные наружные слои и более «рыхлый» внутренний слой. Наружные слои плит периодического способа прессования менее уплотнены, к тому же данные слои имеют несимметричные значения плотности в связи с неравномерным отверждением связующего в верхнем и нижнем слое ДСтП. Разброс плотности по сечению плиты меньше чем у плит непрерывного способа. Так соотношение минимальной плотности к средней у плит непрерывного способа прессования около 82 %, а у периодического – 87%.

Профиль плотности плит будет сказываться на физико-механические свойства ДСтП. В настоящее время мы проводим данные исследования.

### Список литературы

1. Волынский В.Н. Технология древесных плит и композиционных материалов: учебно-справочное пособие / В.Н. Волынский. - 3-е изд., стер. – Санкт-Петербург: Лань, 2020. – 332 с.
2. Шварцман Г.М. Производство древесностружечных плит / Г.М. Шварцман, Д.А. Щедро. – Издание 4-е перер. и доп. – М.: Лесная пром-сть, 1987. – 319 с.

### References

1. Volynsky V.N. Technology of wood slabs and composite materials: textbook / V.N. Volynsky. - 3rd ed., erased. – St. Petersburg: Lan, 2020. – 332 p.
2. Shvartsman G.M., Production of particle boards / G.M. Shvartsman, D.A. Shchedro. – 4th edition, rev. and add. – M.: Lesnaya prom-st, 1987. – 319 p.

DOI: 10.58168/CIRCULAR2024\_178-183

УДК 630\*:630\* 174.т754:630\*81

**ИЗМЕНЕНИЕ КОЭФФИЦИЕНТОВ ПОВТОРЯЕМОСТИ ПАРАМЕТРОВ  
ГОДИЧНОГО СЛОЯ ДРЕВЕСИНЫ СОСНЫ ОБЫКНОВЕННОЙ**  
CHANGE IN THE COEFFICIENTS OF REPEATABILITY OF THE ANNUAL LAYER  
OF THE ANNUAL LAYER OF SCOTS PINE

**Киселева А.В.**, кандидат технических наук, доцент ФГБОУ ВО «Воронежский государственный лесотехнический университет имени Г.Ф. Морозова», Воронеж, Россия.

**Kiseleva A.V.**, candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Voronezh State University of Forestry and Technologies named after G.F. Morozov, Voronezh, Russia.

**Ускова И.Д.**, студент группы ДМ2-221-ОБ ФГБОУ ВО «Воронежский государственный лесотехнический университет имени Г.Ф. Морозова», Воронеж, Россия.

**Uskova I.D.**, student of group DM2-221-OB, Voronezh State University of Forestry and Technologies named after G.F. Morozov, Voronezh, Russia.

**Аннотация:** По действующей в настоящее время на территории РФ Стратегии развития лесного комплекса до 2030 года направленной на повышение вклада лесного комплекса в социально-экономическое развитие страны необходимо решение в том числе и таких проблем, как эффективное и инновационное использование и воспроизводство лесов. Современные тенденции на повышение экологичности производств и материалов для хозяйственной деятельности, делают актуальным вопросы расширения использования древесины, а также получения древесных сортиментов с заданными свойствами. Это становится возможным при наличии актуальных сведений о лесных ресурсах в разных регионах страны, их свойствах, а также возможности их получения с уже прогнозируемыми характеристиками для более рационального использования. Одним из условий решения этих задач является необходимость учета закономерностей формирования свойств древесины, как материала.

**Abstract:** According to the current Strategy for the Development of the Forest Complex until 2030 on the territory of the Russian Federation, aimed at increasing the contribution of the forest complex to the socio-economic development of the country, it is necessary to solve such problems as the effective and innovative use and reproduction of forests. Modern trends to improve the environmental friendliness of production and materials for economic activities make the issues of expanding the use of wood, as well as obtaining wood assortments with specified properties, relevant. This becomes possible if there is up-to-date information about forest resources in different regions of the country, their properties, as well as the possibility of obtaining them with already predicted characteristics for more rational use. One of the conditions for solving these problems is the need to take into account the regularities of the formation of the properties of wood as a material.

**Ключевые слова:** древесина, годовой слой, поздняя древесина, коэффициент повторяемости, экологические условия, этапы формирования структуры древесины.

**Keywords:** wood, annual layer, late wood, coefficient of repetition, ecological conditions, stages of formation of the structure of wood.

Как известно, свойства древесины как материала для использования и переработки, определяются ее строением на разных уровнях от макро- до субмикроскопического. Для получения материала с желаемыми показателями необходимо знать и использовать при выращивании закономерности формирования структурных характеристик древесины. Из многочисленных видов структуры древесины в исследовании были рассмотрены показатели макроструктуры: ширина годичного слоя и ширина поздней зоны годичного слоя.

РФ обладает самыми большими запасами хвойных пород в мире, хвойная древесина имеет широчайшее применение как конструкционный материал, материал для целлюлозно-бумажной и химической промышленности и множества других направлений хозяйственной деятельности человека. Древесина сосны обыкновенной, для которой проводились исследования, занимает второе место по объему запасов в стране и имеет многообразное и разнонаправленное применение. Учет закономерностей формирования этой древесины при ее выращивании, позволит получить высококачественный материал для дальнейшего использования.

Модельные деревья были отобраны из различающихся условий произрастания. Данные приведены в табл. 1. Для каждого участка были отобраны по 16 образцов.

Таблица 1 – Условия произрастания модельных деревьев сосны обыкновенной

Географическая зона	Тип условий местопроизрастания	
	благоприятные условия	неблагоприятные условия
Южная граница лесостепной зоны (Учебно-опытный лесхоз ВГЛТУ)	свежая суборь, В <sub>2</sub>	А <sub>1</sub> – сухой бор
Южная тайга (Устюжанский спецлесхоз Вологодской области)	бор чернично- брусничный	бор лишайниковый

Для сосны обыкновенной, выращенной в различных экологических условиях, определяли величину коэффициента повторяемости для ширины годичного слоя и ширины поздней зоны годичного слоя. В дальнейшем, для указанных параметров вычисляли коэффициент повторяемости. Он обозначает повторение значений признака у одного и того же дерева на протяжении всего периода жизни и изменяется от 0 до 1 [1]. Но коэффициенту повторяемости оценивают долю влияния на признак древесины внутренних, наследственных факторов: чем большие значения имеет коэффициент, тем большее постоянство проявляет исследуемый признак. Проведенные исследования делают попытку провести разделения степени влияния на признаки древесины внутренних – генотипических или наследственных

факторов и внешних – экологических. Для определения коэффициента повторяемости использовали существующую методику, основанную на методе дисперсионного анализа [2,3,4,5]. В дальнейшем, это даст возможность при выращивании древесины направлено использовать экологические факторы, к которым относятся, в том числе и лесоводческие мероприятия для направленного воздействия на формирующуюся структуру древесины.

Ширина годичного слоя для исследования была выбрана в связи с тем, что этот показатель не только хорошо виден и имеет возможность быть измеренным без особых подготовительных мероприятий, но и потому, что он находится в достаточной связи со свойствами древесины, определяющими ее хозяйственную ценность. Этот показатель дает возможность быстро дать предварительную оценку качественных показателей древесины. Исходя из этого, для часто используемых древесных пород, установлены нормы по числу годичных слоев в 1 см, для считающихся товарными сортаментов, выход за установленные пределы делает невозможным использование данного материала, как качественного сырья.

Вторым показателем макроструктуры, который исследовали в работе, является ширина поздней зоны годичного слоя или поздней древесины, которая характеризуется процентом поздней древесины [6]. Этот показатель достаточно точно указывает на качественные характеристики древесины, такие как плотность, с которой у показателя высокая корреляция, и связанные с плотностью прочностные свойства.

Для определения ширины годичного слоя и его поздней части использовали керны и выпилы. Они были заготовлены из стволов сосны на высоте груди. Измерения проводили с помощью микроскопа МСБ-9 по каждому годичному слою. Начало измерений приходилось на первый от коры годичный слой и продолжалось до сердцевины. Во время измерений указывали календарный год образования каждого годичного слоя. Этот метод позволяет проследить изменения в ширине годичного слоя и его поздней древесины по радиусу ствола, а, следовательно, с учетом возраста годичного слоя на различных этапах формирования древесной структуры [4,5].

В имеющихся исследованиях, выделяют несколько этапов формирования древесины, измерение ширины годичного слоя и его поздней части проводили только на двух. Это - этап формирования размеров элементов древесины (в рассматриваемых условиях произрастания он заканчивается на 75-80-летнем годичном слое и следующим за ним, этап зрелой (дефинитивной) древесины. Этап ювенильной древесины не рассматривали из-за его малой протяженности: эта зона расположена вокруг сердцевины, также не учитывался этап деструкции древесины [7].

Таблица 2 – Коэффициенты повторяемости параметров годичного слоя в различающихся условиях роста

Признаки	Коэффициент повторяемости			
	Ширина годичного слоя		Ширина поздней древесины	
Географическая зона	благоприятные условия	неблагоприятные условия	благоприятные условия	неблагоприятные условия

По радиусу ствола				
Лесостепная зона	0,38	0,39	0,56	0,58
Зона южной тайги	0,56	0,6	0,69	0,72

Величина коэффициента повторяемости была рассчитана для каждого периода формирования годичного слоя. Результаты представлены в табл. 3.

Таблица 3 - Коэффициенты повторяемости параметров годичного слоя древесины сосны для разных этапов формирования и различных условий роста

Признаки	Коэффициент повторяемости			
	Ширина годичного слоя		Ширина поздней древесины	
Географическая зона	благоприятные условия	неблагоприятные условия	благоприятные условия	неблагоприятные условия
этап формирования размеров элементов древесины				
Лесостепная зона	0,44	0,78	0,55	0,8
Зона южной тайги	0,62	0,74	0,75	0,75
этап зрелой структуры древесины				
Лесостепная зона	0,74	0,68	0,75	0,75
Зона южной тайги	0,8	0,67	0,75	0,7

Представление результаты измерений и расчетов, указывают, что при формировании структуры древесины, поздняя зона годичного имеет наиболее стабильные размеры, значения коэффициентов повторяемости для этого элемента наибольшие. Следовательно, поздняя зона подвержена наиболее сильному генетическому контролю по сравнению с общей шириной годичного слоя [2,3,4]. Это говорит о том, что на вариабельность годичного слоя значительно сильнее влияют внешние факторы, которые относятся к экологическим по сравнению с внутренними. Таким образом, направленное воздействие на условия выращивания древесины, позволит воздействовать на ширину годичного слоя. Эти воздействия могут приводить к увеличению показателя, так и к его снижению. Выбор направления изменения определяется планируемым использованием древесины. Для хвойных пород, как конструкционного материала более ценной является древесина мелкослойная, а в случае использования древесины как сырья для целлюлозно-бумажной промышленности или энергетического использования большой прирост по радиусу ствола будет желаемым эффектом.

Древесина сосны, произрастающая в более северных и, следовательно, более жестких условиях имеет и более жесткий генотипический контроль как за шириной годичного слоя, так и за его поздней частью, поэтому экологическое воздействие в большей степени проявляется в более мягких, в данном случае южных условиях произрастания. При расчете коэффициента повторяемости за весь период онтогенеза, в одной географической зоне различий в величине коэффициента по типам условий произрастания не выявлено.

При разделении онтогенеза на этапы, установлено, что в одной географической зоне в лучших условия произрастания значения коэффициента повторяемости для ширины годичного слоя ниже, чем в худших. В абсолютных величинах показатель выше, чем при расчете за весь период онтогенеза. Направленность увеличения показателя при движении с юга на север сохраняется. Таким образом, на этапе формирования структуры древесины наиболее значимые изменения под воздействием экологических факторов будут наблюдаться в более южных регионах и в более благоприятных условиях в пределах одной географической зоны. Сравнение коэффициентов для ширины годичного слоя и его поздней части, говорит о том, что при экологическом воздействии будет больше изменяться ширина годичного слоя при некотором постоянстве поздней части годичного слоя.

На этапе зрелой структуры древесины коэффициенты повторяемости по своим величинам выше, чем на предыдущем этапе. В благоприятных условиях, как в зоне южной лесостепи, так и в зоне южной тайги выше, чем в неблагоприятных. Для ширины поздней зоны годичного слоя, значения коэффициентов повторяемости достоверно не различаются для всех четырех исследуемых участков и имеют наибольшие значения. Таким образом, воздействия экологических факторов наиболее значимо будет проявляться именно в благоприятных условиях каждой географической зоны, ширина годичного слоя будет изменяться за счет колебаний в ширине ранней зоны.

Проведенные исследования позволили установить закономерности изменения коэффициента повторяемости для параметров годичного слоя в разных условиях роста и на разных этапах формирования древесины, что дает возможности для анализа экологического воздействия на ширину годичного слоя на разных периодах онтогенеза и в различных условиях выращивания. Это позволит предварительно оценивать качественные характеристики получаемого сырья. Поздняя зона древесины хвойных отличается большей плотностью и прочностью в сравнении с ранней (наиболее качественной у хвойных пород считается древесина с более высоким процентом поздней древесины). Использование значения коэффициента повторяемости для этой части годичного слоя, позволит на ранних этапах роста дерева выявлять экземпляры с наибольшей величиной поздней древесины.

### Список литературы

1. Плохинский, Н.А. Биометрия / Н.А. Плохинский. – М. : Изд. МГУ, 1970. – 368 с.
2. Киселева А.В. Генотипические аспекты формирования структуры древесины сосны обыкновенной / А.В. Киселева, Н.А. Плюхина // Актуальные направления научных исследований XXI века: теория и практика: сборник научных трудов по материалам международной заочной научно-практической конференции. - Воронеж, 2017. - Т. 5, № 5 (31). - С. 95-99.
3. Киселева, А.В. Влияние экологических факторов на коэффициент повторяемости ширины годичного слоя у сосны обыкновенной / А.В. Киселева // Разработка энергоресурсосберегающих и экологически безопасных технологий лесопромышленного

комплекса. Материалы Международной научной конференции ученых и студентов. Отв. редактор С.Н. Снегирева. Воронеж, 2022. С. 166-169.

4. Киселева, А.В. Экологические и генотипические аспекты формирования древесины сосны А.В. Киселева // Дендрология и лесоведение: Матер. Всерос. конф. Посвящ. 50-летию СОРАН, 2-4 окт. 2007г. г. Красноярск, 2007. С.58-61.

5. Косиченко, Н.Е. Закономерности образования высококачественной древесины / Н.Е. Косиченко, А.В. Киселева, С.Н. Снегирева // Лесотехнический журнал. 2011. - №4. - С. 68-72.

6. Уголев, Б. Н. Древесиноведение и лесное товароведение : учеб. / Б. Н. Уголев. – 5 изд., перераб. и доп. – М. : МГУЛ, 2007. – 351 с.

7. Косиченко, Н.Е. Формирование структуры и плотности древесины в онтогенезе / Н.Е. Косиченко // Строение, свойства и качество древесины – 2000 : Тр. III Междунар. симп., Петрозаводск, 11-14 сент. 2000 г. - Петрозаводск, 2000. - С. 58-61.

### References

1. Plokhinskiy N.A. Biometria [Biometrics]. Moscow: Izd. Moscow State University, 1970. – 368 p.

2. Kiseleva A.V., Plyukhina N.A. Genotypicheskie aspekty formirovaniya struktury derevo obskikh sosny [Genotypic aspects of the formation of the structure of the pine tree of the common pine] // Aktual'nye napravleniya nauchnykh issledovaniya XXI veka: teoriya i praktika: sbornik nauchnykh trudov po materialam mezhdunarodnoy zaochnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii. - Voronezh, 2017. - Vol. 5, No. 5 (31). - P. 95-99.

3. Kiseleva A.V. Influence of Ecological Factors on the Coefficient of Repeatability of the Width of the Annual Layer in Scots Pine // Development of Energy-Saving and Environmentally Safe Technologies of the Timber Industry Complex. Proceedings of the International Scientific Conference of Scientists and Students. Holes. Editor S.N. Snegireva. Voronezh, 2022. P. 166-169.

4. Kiseleva A.V. Ekologicheskie i genotipicheskie aspekty formirovaniya derevo sosny [Ecological and genotypic aspects of the formation of pine wood]. Vseros. Conf. Dedicated. 50th SORAN, Oct. 2-4 2007, Krasnoyarsk, 2007. P.58-61.

5. Kosichenko N.E., Kiseleva A.V., Snegireva S.N. Regularities of high-quality wood formation. 2011. - No4.- S. 68-72.

6. Ugolev, B. N. Devoevovedenie i lesnoe tovarovedenie [Wood science and forest commodity science]. – 5th ed., revised and supplemented – Moscow: MGUL, 2007. – 351 p.

7. Kosichenko N.E. Formirovaniye struktury i densnosti derevo v ontogeneze [Formation of the structure and density of wood in ontogenesis] // Stroeniya, sobstvennosti i kachestvo derevo – 2000 : Tr. III International. Simp., Petrozavodsk, 11-14 Sep. 2000 - Petrozavodsk, 2000. - P. 58-61.



DOI: 10.58168/CIRCULAR2024\_184-192

УДК 631.8

## ПЕРСПЕКТИВЫ ПРИМЕНЕНИЯ УТИЛИЗИРОВАННЫХ ОСАДКОВ СТОЧНЫХ ВОД В СЕЛЬСКОМ ХОЗЯЙСТВЕ

PROSPECTS FOR THE USE OF RECYCLED SEWAGE SLUDGE IN AGRICULTURE

**Колесниченко Е.А.**, доктор экономических наук, профессор ФГБОУ ВО «Тамбовский государственный университет имени Г.Р.Державина», Тамбов, Россия. **Kolesnichenko E.A.**, Doctor of Economic Sciences, professor, Tambov State University named after G.R. Derzavin, Tambov, Russia.

**Аннотация:** Статья посвящена систематизации результатов исследований по вопросам применения осадков сточных вод в сельском хозяйстве и лесоразведении. Целесообразность такой систематизации обусловлена тем фактом, что ежегодное накопление осадка сточных вод в мире оценивается в 200 млрд. т при средней влажности 96 %, а исследований влияния осадков сточных вод после утилизации на земли сельскохозяйственного назначения и лесные земли, особенно предназначенные для лесовосстановления, недостаточно. Автором изучены экологические показатели, учитываемые при использовании осадков сточных вод в качестве грунтов для рекультивации и биоудобрений рекультивации земель и сделан вывод, что получаемые удобрения могут обеспечить повышение плодородия почв и восстановление пораженных пожарами участков земель.

**Abstract:** The article is devoted to the systematization of research results on the use of sewage sludge in agriculture and afforestation. The expediency of such systematization is due to the fact that the annual accumulation of sewage sludge in the world is estimated at 200 billion tons with an average humidity of 96%, and studies of the effect of sewage sludge after disposal on agricultural land and forest lands, especially those intended for reforestation, are insufficient. The author studied the environmental indicators taken into account when using sewage sludge as soils for reclamation and biofertilizers for land reclamation and concluded that the fertilizers obtained can provide increased soil fertility and restoration of fire-affected land plots.

**Ключевые слова:** осадки сточных вод, утилизация осадков сточных вод, переработка осадков сточных вод.

**Keywords:** sewage sludge, wastewater sludge disposal, sewage sludge processing.

Результатом деятельности человека является образование различного рода отходов, которые воздействуют на окружающую среду. Особое место в структуре отходов занимают осадки сточных вод. Ежегодное накопление осадка сточных вод (ОСВ) в мире оценивается в 200 млрд. т при средней влажности 96 % [1]. В 2020 г. согласно «Сведений о работе канализации (отдельной канализационной сети)» в Российской Федерации было образовано

1,4 млн. т осадков по сухому веществу (около 5,7 млн т осадков 75% влажности, достигаемой после обработки), а с ростом городов иловые площадки, несмотря на то, что хранение осадков на иловых площадках признано устаревшей технологией, превратились в очевидную санитарно-экологическую проблему. Площадь иловых площадок на конец 2021 г. составила 45 811 тыс. м<sup>2</sup>.

Данные о воздействии на окружающую среду иловых площадок можно найти лишь в ограниченном числе публикаций. Так, Дрегуло А.М. с соавторами настаивает на том, что депонируемые осадки иловых площадок обладают широким рядом загрязнителей, и оказывают многофакторное негативное воздействие на почву, воду и воздух, а, следовательно, на результативность лесоразведения [2].

В сложившихся условиях актуальной задачей исследования является определение возможных направлений применения утилизированных осадков сточных вод в лесоразведении, поскольку осадок сточных вод содержит ряд полезных микроэлементов, и может быть использован для производства удобрений на его основе для обогащения почв.

Поскольку в ОСВ присутствуют тяжелые металлы, то это накладывает определенные ограничения на его использование и требует дополнительных исследований. Расчет допустимых норм внесения удобрений на основе ОСВ разработан и утвержден ГОСТами, а методики сорбирования тяжелых металлов совершенствуются ежегодно. В Российской Федерации определены предельно допустимые концентрации для различных химических веществ. В разное время были разработаны и введены в действие: ГОСТ, прописывающий требования по рекультивации нарушенных земель (ГОСТ Р 59057-2020), и два ГОСТа – прописывающие требования по использованию ОСВ в качестве удобрений (табл. 1).

Таким образом, несмотря на то, что есть ряд требований, соблюдение которых позволяет использовать ОСВ в качестве грунтов для рекультивации и биоудобрений, необходимо при организации лесоразведения ОСВ необходимо обеззараживать; проводить анализ почв как до, так и после внесения ОСВ; учитывать дозу внесения ОСВ и сроки; обеспечивать контроль с целью своевременного выявления возможных экологических эффектов.

Очевидно, что утилизация ОСВ в качестве органических удобрений позволяет вернуть в биологический круговорот значительное количество биогенных элементов и органических веществ, поэтому в последние годы в России и за рубежом активно ведутся исследования в области утилизации сточных вод с целью их применения именно с данной целью.

Коллективом авторов из МГУ, ФБГНУ «ВНИИ Агрохимии» в сотрудничестве с «Мосводоканалом» были проведены агрохимические, санитарно-эпидемиологические и токсикологические исследования ОСВ и компостов на их основе, которые показали их соответствие установленным нормативам и требованиям [3]. Гальченко С.В. и Чердаковой А.С. при исследовании возможности использования ОСВ очистных сооружений г. Рязани в качестве удобрения и выявления оптимальной дозы их внесения в почву, были получены следующие результаты [4]:

- значения агрохимических показателей зональной почвы улучшаются при внесении осадка;

- прирост фитомассы составил более 40% по отношению к контролю при оптимальной дозе внесения ОСВ в почву - 200 т/га (20 кг/м<sup>2</sup>).

Межевой А.С. исследовался осадок сточных вод с «МУП Водоканал» г. Волжского Волгоградской области. Ими были получены агрохимические показатели (табл. 2), которые подтверждают возможность использования ОСВ для мелиорации малопродуктивных и деградированных сельскохозяйственных земель.

Таблица 1 - Нормирование осадков сточных вод в стандартах РФ для применения при рекультивации земель

Наименование нормируемого показателя	ГОСТ Р 17.4.3.07-2001 <sup>1</sup>	ГОСТ Р 54651-2011 <sup>2</sup>
Цинк	1750/3500	220/1750
Медь	750/1500	132/750
Никель	200/400	80/200
Свинец	250/500	130/250
Кадмий	15/30	2/15
Хром (общий)	500/1000	90/500
Хром (VI)	не нормируется	не нормируется
Ртуть	7,5/15	2,1/7,5
Мышьяк	10/20	2,0/10,0
Таллий	не нормируется	не нормируется
Молибден	не нормируется	не нормируется
Селен	не нормируется	не нормируется
Марганец	не нормируется	не нормируется
Талий	не нормируется	не нормируется
Ванадий	не нормируется	не нормируется
Олово	не нормируется	не нормируется
ПХБ (по конгенерам)	не нормируется	не нормируется
Бенз(а)пирен	не нормируется	0,02
ПХДД/ПХДФ	не нормируется	не нормируется
Полифтормированные соединения	не нормируется	не нормируется
Общее количество галогенорганических соединений (АОХ)	не нормируется	не нормируется
Фтор	не нормируется	не нормируется
Хлор	не нормируется	не нормируется
Сурьма	не нормируется	не нормируется
Молибден	не нормируется	не нормируется
Кобальт	не нормируется	не нормируется

*Примечание:*

<sup>1</sup>Осадок группы I / осадок группы II.

<sup>2</sup>Группа удобрений I / группа удобрений II.

Таблица 2 - Агрохимический состав осадка сточных вод с «МУП Водоканал» г. Волжского Волгоградской области

Контролируемые показатели	Результаты испытаний
Общий азот	3,3
Аммиачный азот	0,19
Общий фосфор	4,27
Общий калий	0,31
Массовая доля органического вещества в пересчете на углерод	32,0
Массовая доля золы	35,0
Массовая доля влаги	11,0
Реакция среды, рН солевое	6,6

Джембрий Ю.А. и Чайкой Л.В. из Донецкого национального технического университета проводились исследования отходов производственного управления водопроводно-канализационного хозяйства КП «Компания «Вода Донбасса» г. Макеевки. Ими получены результаты анализа ОСВ по агрохимическим, токсикологическим и санитарно-паразитологическим параметрам на соответствие ГОСТ Р 17.4.3.07-2001 (табл. 3) [5].

Из таблицы видно, что санитарно-паразитологические показатели не соответствуют требованиям ГОСТ. Однако дальнейшая сушка в течение 4-х месяцев показала полную дегельминтизацию.

Согласно исследованиям, проведенным сотрудниками ФГБОУ ВО «Воронежского государственного лесотехнического университета», применение ОСВ, образующегося после очистки стоков мясокомбинатов *Str. chromogenes* s.g. 0832 в качестве удобрения обеспечит повышение плодородия почв. Рекомендуемые авторами дозы внесения – 5-10 т/га [6].

Барановским И.Н. с коллегами из Федерального исследовательского центра «Почвенный институт имени В.В. Докучаева» был проведен эксперимент в 2015-2017 гг. на опытном поле Тверской государственной сельскохозяйственной академии на дерново-подзолистой почве в звене полевого севооборота в течение 3 вегетационных сезонов по изучению применения ОСВ совместно с органическими наполнителями (опилки, торф, солома).

Удобрения вносили однократно - 60 т/га. Авторами исследовались 11 схем. Получены следующие результаты:

- в год прямого действия удобрений урожайность биомассы возросла на 31-80% относительно контрольного опыта;
- в первый год последствия удобрений прибавка к контролю составила 21-53%;
- во второй год последствия прибавка составила - 56-98%.

Таблица 3 - Результаты анализа показателей исследуемых осадков сточных вод нормативным требованиям

Показатели	Единица измерения	Величина	
		нормативная	фактическая
Агрохимические показатели			
Массовая доля органических веществ	%	не менее 20	36
Реакция среды	ед. рН	5,5-8,0	7,45
Плотность	кг/м <sup>3</sup>	не нормируется	1093,8
Массовая доля влажности	%	не нормируется	76
Токсикологические показатели			
Допустимая концентрация тяжелых металлов, в т. ч.:	мг/кг		
— ртуть (Hg)		15,0	не обнаружено
— никель (Ni)		400,0	не обнаружено
— свинец (Pb)		500,0	49,0
— кадмий (Cd)		30,0	не обнаружено
— хром (Cr)		1000,0	не обнаружено
— цинк (Zn)		3500,0	1110,0
— медь (Cu)	1500,0	167,0	
Санитарно-паразитологические показатели			
Бактерии группы кишечной палочки	кл./г	1000	не определялись
Яйца геогельминтов	экз./кг	отсутствуют	40-60 тыс. экз.
Цисты кишечных патогенных простейших	экз./кг	отсутствуют	отсутствуют

Валеевым В.Х. и коллегами исследовалась возможность использования в качестве удобрений ОСВ Правобережных очистных сооружений г. Магнитогорска. ОСВ г. Магнитогорска согласно проведенному анализу химического состава относится к малотоксичным отходам IV класса опасности. По содержанию токсичных соединений, за исключением нефтепродуктов, осадок Правобережных очистных сооружений рекомендован авторами к переработке в сельскохозяйственное удобрение [7]. Согласно проведенным авторами теоретических расчетов (табл. 4), допустимая доза внесения ОСВ в почву составляет 56 т/га (лимитирующим показателем выступает цинк).

В Нижегородской государственной сельскохозяйственной академии Варламовой Л.Д. и Короленко И.Д. проводились длительные исследования влияния ОСВ и продуктов его переработки на получаемый урожай. Опыты проводили на поле учхоза «Новинки» Богородского района в 1996-2014 гг. [8].

Из результатов исследований видно, что использование ОСВ в дозах от 10 до 30 т/га ведет к повышению качества земель. Согласно проводимому контролю, повышения

содержания твердых металлов не наблюдалось. Использование ОСВ не оказывало фитотоксичного эффекта, не приводило к снижению биологической активности почвы, отмечалось некоторое улучшение физико-химических показателей и повышение содержания подвижных соединений фосфора. Разовое внесение ОСВ в испытываемых дозах не отразилось на содержании твердых металлов в почве.

Таблица 4 - Определение допустимых доз внесения осадка в почву

Наименование элемента	мг/кг сухого вещества				
	Содержание элемента в осадке	ПДК элемента в почве, валовое	Фоновое содержание элемента в почве в районе г. Магнитогорска	Допустимая доза внесения элемента в почву	Теоретически допустимая доза осадка вносимого в почву
Свинец (Pb)	71,00	130,0	60,0	132,0	1859
Мышьяк (As)	1,40	10,0	7,0	3,0	2142
Ртуть (Ag)	4,03	2,1	1,2	0,3	372
Кадмий (Cd)	3,10	2,0	1,5	72,0	97
Никель (Ni)	398,00	80,0	60,0	30,0	181
Хром общий (Cr)	3,10	100,0	70,0	78,0	9677
Цинк (Zn)	1394,00	220,0	200,0	18,0	56
Медь (Cu)	129,00	132,0	100,0	18,0	139
Кобальт (Co)	11,20	20,0	15,0	3000,0	270

Мерзлой Г.Е. и Афанасьевым Р.А. проводились исследования с целью решения проблемы утилизации ОСВ и одновременно рекультивации земель, пораженных лесными пожарами [9]. В полевом опыте, который проводили в 2010-2013 гг., было изучено влияние компостов из ОСВ и торфа и органо-минерального удобрения (ОМУГ), состоящего из ОСВ, азотных и калийных удобрений, на урожайность и качество возделываемых культур: льна-долгунца, картофеля и ячменя. Результаты показали, что применение компоста в дозе 6 т/га и органо-минерального удобрения ОМУГ в дозе 4 т/га способствует повышению урожайности льна-долгунца и последующих культур – картофеля и ячменя. При этом ни в одном из выращенных растений не обнаружили содержание тяжелых металлов.

Таким образом, полученные данные позволили авторам предложить инновационный способ восстановления пораженных пожарами участков земель путем внесения ОСВ в качестве удобрений. Суть способа состоит в следующем: используют обезвоженные до 20-50% влажности ОСВ, соответствующие всем требованиям и нормам, в дозах 7-10 т/га сухого вещества. Органические удобрения разбрасывают, заделывают дисковыми боронами с последующим восстановлением древесно-кустарниковой растительности [10].

Обширное исследование Н. Коминко с коллегами о влиянии удобрений на основе ОСВ, золы птичьего помета и минеральных добавок на рост биомассы и накопление тяжелых металлов в растениях показало, что производство органико-минеральных удобрений на основе ОСВ является перспективным решением проблемы управления осадком для очистных сооружений с низким уровнем индустриализации.

Имеется исследование международного коллектива авторов, в котором проведена оценка использования ОСВ на засоленно-щелочных почвах, которые занимают до 6% от общей площади суши в мире. По их выводам применение ОСВ является эффективным способом улучшения здоровья засоленно-щелочной почвы, ее физико-химических свойств, для повышения урожайности сельскохозяйственных культур. Ими также предложено добавлять нанобиоуголь в ОСВ при внесении в почву из-за его способности адсорбировать тяжелые металлы в загрязненной почве и служить экологически чистым сорбентом для окружающей среды.

Приведенные положения подтверждают гипотезу о том, что использование ОСВ в сельском хозяйстве и лесоразведении может быть продуктивным.

Согласно данным Dume В. и коллег агрохимические характеристики вермикомпоста в соотношении углерода к азоту C/N 18:1 значительно превосходят показатели компоста [11]. Следовательно, вермикомпостирование демонстрирует превосходные агрохимические свойства по сравнению с компостированием. Также отмечается, что вермикомпостирование ОСВ, смешанного с гранулированной пшеничной соломой, дает наилучшие результаты благодаря улучшенным агрохимическим свойствам.

### Список литературы

1. Yu, L. Recycling reuse of municipal sewage sludge in sustainable structural materials: Preparation, properties, crystallization and microstructure analyses / L. Yu, Y. Zhang, Z. Zhang, H. Mao, H. Han, J. Yang // *Construction and Building Materials*. – 2023. – Vol. 398. – 132507. – URL: <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2023.132507>.
2. Дрегуло, А.М. Трансформация иловых карт в объекты накопленного экологического ущерба: риски, факторы, техногенез: монография / А.М. Дрегуло. - М.: Библио-Глобус, 2019. – 270 с. – ISBN: 978-5-907063-39-6. - DOI: 10.18334/9785907063396
3. Агрохимические, санитарно-эпидемиологические и токсикологические исследования ОСВ и компостов очистных сооружений г. Москвы, устойчивость функционирования в агросистемах / Е.П. Пахненко, Е.А. Гунина, Г.Е. Мерлзлая, Н.В. Костина // *Почвы в биосфере. Сборник материалов Всероссийской научной конференции с международным участием, посвященной 50-летию Института почвоведения и агрохимии СО РАН*. – Национальный исследовательский Томский государственный университет (Томск), 2018. – С. 359-363.

4. Гальченко, С. В. Обоснование использования осадка сточных вод городских очистных сооружений в качестве удобрения / С. В. Гальченко, А. С. Чердакова // Экологический вестник России. – 2012. – № 3. – С. 30-34.

5. Джембрий, Ю.А. Возможность использования осадков сточных вод в качестве компонента удобрительных смесей / Ю.А. Джембрий, Л.В. Чайка // Инновационные перспективы Донбасса. Материалы 3-й Международной научно-практической конференции. - Донецкий национальный технический университет (Донецк), 2017. - Т. 4. – С. 149-153.

6. Брындина, Л.В. Биоудобрения на основе осадков сточных вод как катализаторы трансформационных процессов почвы / Л.В. Брындина, А.Д. Платонов, О.В. Бакланова // Экология и промышленность России. - 2019. - Т. 23. - № 1. - С. 42-45. DOI: 10.18412/1816-0395-2019-1-42-45

7. Валеев, В.Х. Исследование возможности использования осадков сточных вод очистных сооружений в качестве удобрения / В.Х. Валеев, Ю.В. Сомова, В.А. Сомов // Известия вузов. Прикладная химия и биотехнология. – 2015. - №3(14). – С. 69-73.

8. Варламова, Л.Д. Нетрадиционные удобрительные материалы в растениеводческом комплексе России и Нижегородской области / Л.Д. Варламова, И.Д. Короленко // Агрехимический вестник. – 2017. - № 2 – С. 15-20.

9. Мерзлая, Г.Е. Агрехимические аспекты использования осадков сточных вод для рекультивации земель различного назначения / Г.Е. Мерзлая, Р.А. Афанасьев // Агрехимия. - 2020. - №8. – С. 70-77. - DOI: 10.31857/S0002188120080050.

10. Патент №2 706 158 С1 Российская Федерация, МПК А01G 23/00. Способ рекультивации земель под древесно-кустарниковой растительностью, пораженной лесными пожарами: заявл. 2019.07.08; опубл. 2019.11.14/ В.Г. Сычев, Р.А. Афанасьев, Г.Е. Мерзлая, М.О. Смирнов; заявитель и патентообладатель Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Всероссийский научно-исследовательский институт агрохимии им. Д.Н. Прянишникова» (ФГБНУ «ВНИИ агрохимии»).

11. Dume, B. Composting and vermicomposting of sewage sludge at various C/N ratios: Technological feasibility and end-product quality / B. Dume, A. Hanc, P. Svehla, P. Michal, A. Demelash Chane, A. Nigussie // Ecotoxicology and Environmental Safety. – 2023. – Vol. 263. – 115255. - URL: <https://doi.org/10.1016/j.ecoenv.2023.115255>. - DOI : 10.1016/j.ecoenv.2023.115255 (дата обращения: 08.12.2023).

## References

1. Recycling reuse of municipal sewage sludge in sustainable structural materials: Preparation, properties, crystallization and microstructure analyses / L. Yu, Y. Zhang, Z. Zhang, H. Mao, H. Han, J. Yang // Construction and Building Materials. – 2023. – Vol. 398. – 132507. – URL: <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2023.132507>.



2. Dregulo, A.M. Transformation of silt maps into objects of accumulated environmental damage: risks, factors, technogenesis: monograph / A.M. Dregulo. - M.: Biblio-Globus, 2019. – 270 p. – ISBN: 978-5-907063-39-6. - DOI: 10.18334/9785907063396

3. Pakhnenko, E.P. Agrochemical, sanitary-epidemiological and toxicological studies of WWS and composts from wastewater treatment plants in Moscow, stability of functioning in agricultural systems / E.P. Pakhnenko, E.A. Gunina, G.E. Merzlaya, N.V. Kostina // Soils in the biosphere. Collection of materials of the All-Russian scientific conference with international participation, dedicated to the 50th anniversary of the Institute of Soil Science and Agrochemistry of the SB RAS. – National Research Tomsk State University (Tomsk), 2018. – pp. 359-363.

4. Galchenko, S.V. Rationale for the use of sewage sludge from urban treatment facilities as a fertilizer / S.V. Galchenko, A.S. Cherdakova // Ecological Bulletin of Russia. – 2012. – No. 3. – P. 30-34.

5. Gembry, Yu.A. Possibility of using sewage sludge as a component of fertilizer mixtures / Yu.A. Gembry, L.V. Chaika // Innovative prospects of Donbass. Materials of the 3rd International Scientific and Practical Conference. - Donetsk National Technical University (Donetsk), 2017. - T. 4. – P. 149-153.

6. Bryndina, L.V. Biofertilizers based on sewage sludge as catalysts for soil transformation processes / L.V. Bryndina, A.D. Platonov, O.V. Baklanova // Ecology and industry of Russia. - 2019. - T. 23. - No. 1. - P. 42-45. DOI: 10.18412/1816-0395-2019-1-42-45

7. Valeev, V.Kh. Study of the possibility of using sewage sludge from treatment facilities as a fertilizer / V.Kh. Valeev, Yu.V. Somova, V.A. Somov // News of universities. Applied chemistry and biotechnology. – 2015. - No. 3(14). – pp. 69-73.

8. Varlamova, L.D. Non-traditional fertilizer materials in the crop production complex of Russia and the Nizhny Novgorod region / L.D. Varlamova, I.D. Korolenko // Agrochemical Bulletin. – 2017. - No. 2 – P. 15-20.

9. Merzlaya, G.E. Agrochemical aspects of the use of sewage sludge for the reclamation of lands for various purposes / G.E. Merzlaya, R.A. Afanasyev // Agrochemistry. - 2020. - No. 8. – P. 70-77. - DOI: 10.31857/S0002188120080050.

10. Patent No. 2 706 158 C1 Russian Federation, IPC A01G 23/00. Method for reclamation of land under trees and shrubs affected by forest fires: appl. 2019.07.08; publ. 2019.11.14/ V.G. Sychev, R.A. Afanasyev, G.E. Merzlaya, M.O. Smirnov; applicant and patent holder Federal State Budgetary Scientific Institution “All-Russian Scientific Research Institute of Agrochemistry named after. D.N. Pryanishnikov” (FGBNU "VNII Agrochemistry").

11. Dume, B. Composting and vermicomposting of sewage sludge at various C/N ratios: Technological feasibility and end-product quality / B. Dume, A. Hanc, P. Svehla, P. Michal, A. Demelash Chane, A. Nigussie // Ecotoxicology and Environmental Safety. – 2023. – Vol. 263. – 115255. - URL: <https://doi.org/10.1016/j.ecoenv.2023.115255>. - DOI : 10.1016/j.ecoenv.2023.115255 (access date: 12/08/2023).

DOI: 10.58168/CIRCULAR2024\_193-198

УДК 629.735.3

**ОБЗОР ИСПОЛЬЗОВАНИЯ БЕСПИЛОТНЫХ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ  
ПРИ МОНИТОРИНГЕ ЛЕСНЫХ ПОЖАРОВ**

**OVERVIEW OF THE USE OF UNMANNED AERIAL VEHICLES IN MONITORING FOREST  
FIRES**

**Косинов Д.Э.**, ассистент кафедры **Kosinov D.E.**, assistant of the Department of информационных технологий, ФГБОУ ВО Information Technology, 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 современных условиях опасности природных катастроф беспилотные летательные аппараты стали неотъемлемым инструментом для раннего обнаружения и реагирования на лесные пожары. Они применяются во многих сферах, включая мониторинг, управление и реагирования на лесные пожары и для предотвращения их. Эти устройства обеспечивают сбор данных в режиме реального времени, что критически важно для эффективного реагирования на чрезвычайные ситуации.

**Abstract:** In modern conditions of natural disaster risk, unmanned aerial vehicles have become an essential tool for early detection and response to forest fires. They are used in many areas, including monitoring, management and response to forest fires and to prevent them. These devices provide real-time data collection, which is critical for effective emergency response.

**Ключевые слова:** Беспилотные летательные аппараты, лес, мониторинг лесных массивов, мониторинг лесных пожаров, дроны, лесные пожары, анализ снимков.

**Keywords:** Unmanned aerial vehicles, forest, forest monitoring, forest fire monitoring, drones, forest fires, image analysis.

Лесная отрасль переживает значительные преобразования, поскольку компании все чаще ищут новые способы обследования земель и ухода за ними.

С этой целью одной из самых интересных технологий, которые государственные и частные компании сейчас используют для оптимизации операций, являются беспилотные летательные аппараты (БПЛА), более известные как дроны. В наши дни дроны оказывают серьезное влияние на лесную отрасль.

В связи с участвовавшими природными и техногенными катастрофами, в последнее время вопросы безопасности стали особенно актуальными во многих сферах жизнедеятельности человека. В России, в частности, зафиксировано увеличение числа природных чрезвычайных ситуаций, среди которых лесные пожары занимают одно из лидирующих мест по частоте и разрушительному воздействию. Эти пожары каждый год

приносят огромные потери, затрагивая не только людей, но и окружающую среду. Они характеризуются широкими зонами выгорания, большим количеством выбросов углекислого газа в атмосферу и требуют продолжительного времени для полной ликвидации. В связи с этим возникает потребность в разработке новых технических решений для обнаружения и предотвращения таких ситуаций. Одним из наиболее перспективных инструментов в этой области являются беспилотные летательные аппараты (БПЛА), которые способствуют значительному улучшению методов мониторинга и оперативного реагирования на подобные угрозы.

Беспилотные летательные аппараты (БПЛА) или дистанционно пилотируемые авиационные системы - это новые платформы, которые в последнее десятилетие все чаще используются для сбора данных для исследований лесов благодаря миниатюризации и снижению стоимости приемников GPS, инерциальной навигационной системы, компьютеров и, прежде всего, датчиков дистанционного зондирования. В последнее время беспилотные летательные аппараты, также известные как «дроны» имеют большую область применения в различных областях, включая мониторинг лесных массивов и борьбу с лесными пожарами.

Первоначальное использование беспилотных летательных аппаратов (БПЛА) было во время Первой Мировой войны, и затем использование продолжалось только в военно-разведывательных целях, но широкое производство этих устройств и использование в гражданских целях, например, для мониторинга лесной экосистемы началось лишь в 2015 году, когда возросла потребность в качественной фото и видеофиксации. Название "дроны" у этих устройств произошло из-за характерного звука, который издается при их полете.

Благодаря небольшим размерам и высокой маневренности, дроны значительно превосходят традиционные пилотируемые летательные аппараты. Они позволяют быстро анализировать направления распространения огня и визуализировать зоны возгорания. Это дает возможность спасательным командам и исследователям быстро принимать обоснованные решения по ликвидации возгорания, опираясь на актуальные данные. Преимущество дронов особенно видно там, где применение обычных летательных аппаратов невозможно или сопряжено с высокими рисками.

Преимущества использования БПЛА также включают их экономическую выгоду, гибкость и высокое качество сбора данных, обладающих высокой точностью и уникальностью. Эти устройства предоставляют пожарным необходимую информацию, минимизируя опасности для жизни летчиков, потому что дроном управляет оператор с земли. Таким образом, в наше время дроны становятся ключевым инструментом в борьбе с лесными пожарами, требующими круглосуточного мониторинга огромных территорий. Задача управления таким парком дронов является высокотехнологичной и сложной, а так же требует подготовки высококвалифицированных кадров.

Лесные пожары продолжают оставаться серьезной угрозой по всему миру, особенно в России. В 2021 году, после рекордно жаркого лета и засухи, таежные леса Сибири и Дальнего Востока оказались охваченными огнем. К августу площадь пожаров превысила 17 миллионов гектаров, что превышает площадь пожаров в других частях мира за аналогичный период. Этот

пожар также стал одним из самых сильных в мире за весь период спутникового наблюдения. Уникальным явлением стало достижение дыма от этих пожаров Северного полюса, что стало первым случаем за всю историю спутниковых наблюдений.

Наибольшая опасность пожаров в регионах Сибири, Забайкалья и Центрального черноземья. Эти территории часто страдают от лесных пожаров по разным причинам, включая неосторожное обращение с огнём и несанкционированный пал травы.

На рис. 1 приведена карта оперативного мониторинга лесных пожаров в России на 19.08.2022 год.

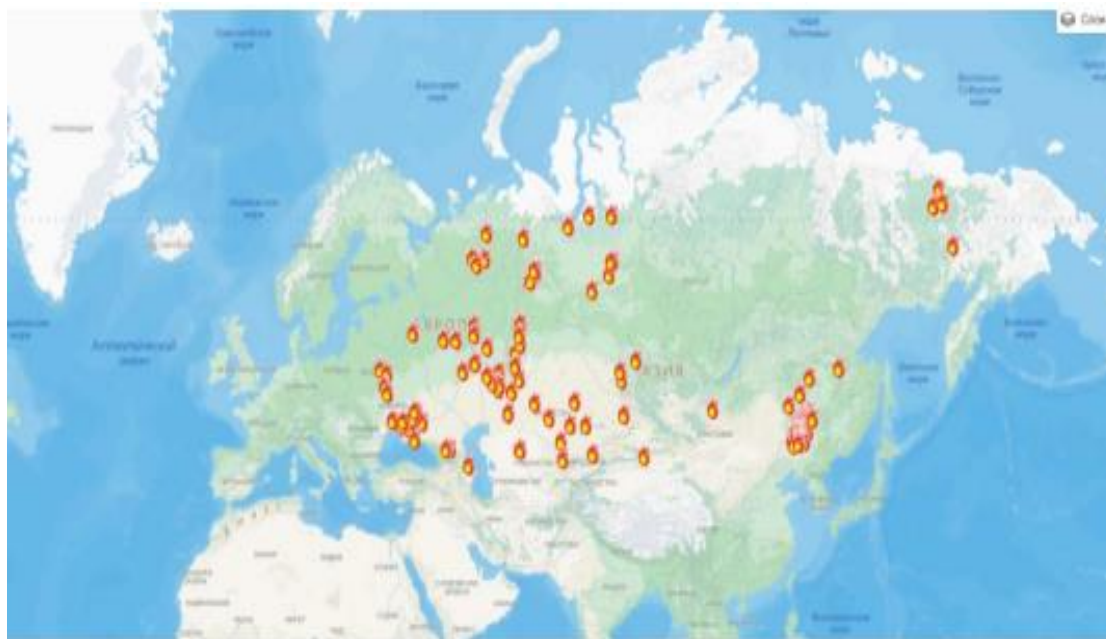


Рисунок 1 - Наиболее уязвимые к пожарам регионы России

На рисунке 1 наглядно представлены территории РФ, наиболее уязвимые к лесным пожарам. Инновационность методики анализа лесных пожаров проявляется в способе динамического преобразования статистических данных, полученных из записей учета, в модель, которая описывает поведение местных лесных массивов в зависимости от времени и даты фиксации пожаров, позволяя более точно прогнозировать и реагировать на изменения.

С целью обеспечения защиты лесных территорий от огня применяются передовые технологии наблюдения. Эти методы включают сбор данных через гидрометеорологические станции и специализированные наблюдательные пункты. Авиационные мероприятия в этом направлении представляют собой комплексные действия, начиная с патрулирования и тушения пожаров в лесах и заканчивая фенологическими исследованиями и аэрохимическими операциями, которые направлены на контроль над вредителями и аэросеменное лесовосстановление.

В ряде случаев для охраны лесов привлекаются беспилотные летательные аппараты. Эти устройства выполняют патрулирование прилегающих территорий, поддерживают наземные группы при тушении пожаров, проводят лесопатологические экспертизы и

контролируют законность экономической деятельности в лесу. Управление БПЛА осуществляется дистанционно, а все собранные данные передаются на облачные серверы для дальнейшей обработки.

Дроны способны подниматься на высоту до 2,5 километров, проводя аэрофотосъемку лесов, которая помогает точно определить зоны возгорания и следить за динамикой распространения огня. Их средняя продолжительность полета достигает одного часа, а рабочая скорость — 60 км/ч, что позволяет охватывать значительные территории.

Иногда съемка с воздуха может сталкиваться с трудностями: на радиолокационных снимках пожары могут быть не видны или плохо различимы из-за облаков или тумана. Тем не менее, качественные фотографии с дронов, как на рис. 2, сделанной моделью Supercam S250, четко демонстрируют зоны пожаров, что критически важно для эффективного реагирования на чрезвычайные ситуации.

Всесторонний осмотр зоны пожара с воздуха позволяет не только следить за его границами и динамикой, но и планировать доступ к очагу огня, выявляя наиболее удобные подъездные пути и природные барьеры, которые могут помочь в остановке огня. Информация, полученная через беспилотные летательные аппараты, широко используется службой лесного хозяйства для координации мероприятий на территории, оптимизации и улучшения процедур тушения пожаров.

Для детального осмотра зоны лесного пожара дрон поднимается на высоту от 600 до 800 метров. Во время мониторинга, границы пожара и его размеры отображаются на карте, где также фиксируются дата осмотра и площадь пораженной территории. Это позволяет анализировать и отслеживать динамику распространения огня. Оператор дрона во время осмотра активных пожаров определяет основное направление распространения огня, оценивает риск его перехода на экономически значимые объекты и населенные пункты, выявляет изолированные очаги горения и участки, которые представляют особую опасность в период повышенной пожарной опасности. Он также устанавливает местоположение людей и технического персонала, задействованных в ликвидации пожара, для оценки адекватности их размещения в приграничных зонах. Полученная видеoinформация позволяет службе лесного хозяйства корректировать методы тушения пожаров и перераспределять ресурсы. Важно также определить природные преграды, которые могут помочь ограничить распространение огня, а также подъездные пути, дороги, тропы, водоемы, реки и мосты, которые будут использоваться для координации усилий по тушению, обеспечения безопасности маршрутов к зонам возгорания и разработки стратегий борьбы с огнем.

Беспилотные летательные аппараты (БПЛА) регулярно осуществляют мониторинг лесных пожаров несколько раз в день, что обеспечивает оперативное и эффективное реагирование на экстренные ситуации. Благодаря изображениям с дрона модели Supercam S250 можно точно определить местоположение и охват пожара, что имеет ключевое значение для своевременного принятия решений. В случае возникновения пожара БПЛА продолжают наблюдение за развитием ситуации с момента его начала до полного тушения. Полученные

данные с дрона передаются на сервер, где они обрабатываются и могут быть использованы для координации тушения с помощью вертолетов.



Рисунок 2 - Снимок с беспилотника Supercam S250

Применение БПЛА не ограничивается одним лишь мониторингом; они также используются для прогнозирования и ликвидации лесных пожаров. На практике эти устройства демонстрируют выдающуюся эффективность, поскольку способны обнаруживать начало пожаров на ранних стадиях. Возможность оперативно получать актуальные данные делает дроны неоценимым инструментом в борьбе с пожарами. Важно отметить, что предотвращение пожаров намного эффективнее, чем борьба с их разрушительными последствиями, которые зачастую являются необратимыми. Благодаря постоянным инновациям в области науки и техники, на рынке появляются всё более маневренные и мощные модели БПЛА.

### Список литературы

1. Кузнецов А.В. Системы мониторинга лесных пожаров с использованием беспилотных летательных аппаратов // Пожарная и аварийная безопасность. Сборник материалов XVIII Международной научно-практической конференции. Иваново, 2023. С. 622-626. URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=60058442>. (дата обращения: 06.05.2024).

2. Иванова Г.А., Иванов В.А., Пономарев Е.И. Мониторинг лесных пожаров на территории сибирского федерального округа // Интерэкспо Гео-Сибирь. 2022. 4-й том. С. 157-162. URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=49341601>. (дата обращения: 05.05.2024).
3. Серебряков А.Е., Гура Д.А., Дражецкий Д.А., Панченко Е.А. Типы БПЛА и возможности использования в целях мониторинга и предотвращения лесных пожаров // Наука. Техника. Технологии (Политехнический вестник). 2021. №4. С 175-178. URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=47970612>. (дата обращения: 06.05.2024).
4. Костин П.И. Мониторинг лесных пожаров при помощи БПЛА // Вестник науки и образования. 2022. № 1-2(121). С. 56-58. URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=48000503>. (дата обращения: 05.05.2024).

### References

1. Kuznetsov A.V. Forest fire monitoring systems using unmanned aerial vehicles // Fire and emergency safety. Collection of materials of the XVIII International Scientific and Practical Conference. Ivanovo, 2023. p. 622-626. URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=60058442>. (date of application: 06.05.2024).
2. Ivanova G.A., Ivanov V.A., Ponomarev E.I. Monitoring of forest fires in the Siberian Federal District // Interexpo Geo-Siberia. 2022. 4th volume. p. 157-162. URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=49341601>. (date of application: 05.05.2024).
3. Serebryakov A.E., Gura D.A., Drozhetsky D.A., Panchenko E.A. Types of UAVs and possibilities of use for monitoring and prevention of forest fires // Nauka. Technic. Technologies (Polytechnic Bulletin). 2021. No.4. p. 175-178. URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=47970612>. (date of application: 06.05.2024).
4. Kostin P.I. Monitoring of forest fires using UAVs // Bulletin of science and education. 2022. No. 1-2(121). p. 56-58. URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=48000503>. (date of application: 05.05.2024).

DOI: 10.58168/CIRCULAR2024\_199-205

УДК 66.081.63

**АНАЛИЗ СУЩЕСТВУЮЩИХ МЕТОДОВ ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКОЙ ОЧИСТКИ  
ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ РАСТВОРОВ ПРОИЗВОДСТВА ПИГМЕНТОВ**  
ANALYSIS OF EXISTING METHODS OF ELECTROCHEMICAL PURIFICATION  
OF TECHNOLOGICAL SOLUTIONS FOR THE PRODUCTION OF PIGMENTS

**Ломакина В.А.**, аспирант кафедры **Lomakina V.A.**, post-graduate student of the  
Механика и инженерная графика ФГБОУ Department of Mechanics and Engineering  
ВО «Тамбовский государственный Mathematics, Tambov State Technical  
технический университет», г. Тамбов, University, Tambov, Russia.  
Россия.

**Аннотация:** В настоящей произведен анализ по существующим методам электрохимической очистки производственных сточных вод с применением мембран. Описываются методы электромембранной деминерализации, принцип и возможность применения мембран при очистке производственных сточных вод.

**Abstract:** The present paper analyzes the existing methods of electrochemical treatment of industrial wastewater using membranes. The methods of electromembrane demineralization, the principle and the possibility of using membranes in industrial wastewater treatment are described.

**Ключевые слова:** Анализ методов, мембрана, технологические растворы, электрохимическая очистка.

**Keywords:** Analysis of methods, membrane, technological solutions, electrochemical purification.

Очистка производственных сточных вод производится является важной и актуальной темой, как с экологической стороны, так и с экономической, для возможного повторного использования очищенной воды в производстве.

Сточная вода пигментных предприятий - это вода, которая прошла стадию промывки суспензии, которая в результате содержит органику и неорганику в своём составе. Основным компонентом сточных вод производства пигментов является хлорид натрия с большим содержанием хлорида кальция, бикарбоната кальция и ацетата кальция. Без отделения от сточных вод такие соединения могут попасть в пищевую цепь и повлиять на загрязненные водные продукты, животных и людей, использующих воду. Комбинированная электрохимическая очистка сточных вод с использованием мембран наиболее эффективна при удалении из сточных вод ранее взвешенных веществ.

Электрохимическая очистка сточных вод осуществляется под действием электрического тока с использованием растворимых и нерастворимых электродов. Этот метод очистки сточных вод не требует реагентов. Он удобен, прост в эксплуатации и



автоматизирован, так как не требует реагентов и использует электрический ток. Теоретические расчеты показывают, что

Электрохимическая обработка воды (очистка, умягчение, опреснение, дезинфекция и т.д.) по эффективности, скорости и качеству в 100 раз превосходит методы фильтрации, сорбции и ионного обмена по эффективности, скорости и качеству.

Тема электромембранной деминерализации технических растворов нередко встречается в инженерии и технической химии. Она представляет собой процесс разделения растворов на компоненты путем применения электрического поля и мембран.

Электромембранная деминерализация (ЭМД) сточных вод производства пигментов является эффективным и инновационным методом очистки воды, который позволяет удалить различные загрязнения и соли из сточных вод, полученных в процессе производства пигментов.

Производство пигментов является сложным и многоступенчатым процессом, который включает в себя использование различных химических реагентов и растворителей. В результате этого процесса образуются сточные воды, содержащие различные загрязнения, такие как органические соединения, тяжелые металлы и соли.

Традиционные методы очистки сточных вод, такие как фильтрация и химическая обработка, могут быть неэффективными или недостаточно эффективными для удаления всех загрязнений, особенно солей. В этом случае ЭМД может быть эффективным решением.

ЭМД основана на использовании мембран, которые позволяют пропускать только определенные ионы и молекулы через них. В процессе ЭМД сточные воды подвергаются электрическому полю, которое приводит к разделению ионов и молекул на положительно и отрицательно заряженные частицы. Затем эти частицы проходят через мембраны, которые выбирают только нужные ионы и молекулы, а остальные остаются на другой стороне мембраны.

Преимущества ЭМД включают высокую эффективность удаления загрязнений, низкое энергопотребление и отсутствие использования химических реагентов. Этот метод также позволяет получить высококачественную очищенную воду, которая может быть повторно использована в производственных процессах [1].

Однако, следует отметить, что ЭМД требует определенных условий для эффективной работы. Например, необходимо поддерживать определенные значения pH и температуры, а также контролировать концентрацию ионов в сточных водах. Кроме того, мембраны, используемые в процессе, требуют регулярной замены и обслуживания.

Одним из основных методов электромембранной деминерализации технических растворов является обратный осмотический процесс. Он основан на пропускании растворов через полупроницаемую мембрану при применении электрического поля. В результате этого процесса ионы и молекулы движутся от более концентрированных растворов к менее концентрированным. Особенностью этого метода является способность удаления растворенных солей, ионов и органических веществ из воды.

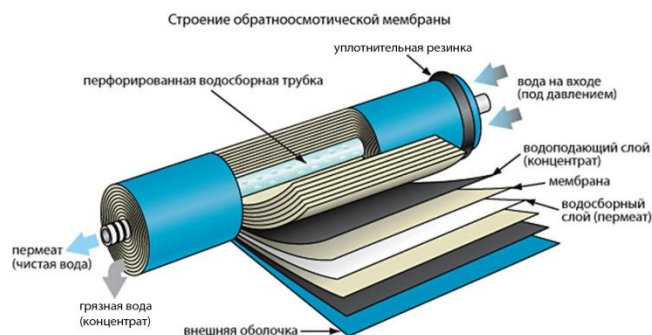


Рисунок 1 - Строение обратноосмотической мембраны

Электродиализ – метод деминерализации. Этот процесс основан на использовании электрического поля для перемещения ионов через ионообменные мембраны. В результате этого перемещения ионы разделяются на положительно и отрицательно заряженные и могут быть удалены из раствора. Этот метод широко применяется в различных отраслях промышленности, таких как пищевая и фармацевтическая, для очистки и разделения растворов [2,3].

Также существует метод электроулошителя, который использует электрическое поле для транспортировки ионов через мембрану, разделяющую две секции. В процессе электроулошета раствор, находящийся в камере, разделяется на два равных объема, а вода переходит из одной части в другую. Это позволяет удалить соли из растворов и осветлить их цвет.

Анализ работ по электромембранной деминерализации технологических растворов включает в себя изучение процесса деминерализации с использованием электромембранных методов. Эти методы позволяют удалить из растворов нежелательные ионные примеси, такие как соли, минеральные вещества и прочие загрязнения, путем пропускания раствора через мембрану, которая оперирует на основе действия электрического поля.

Для того чтобы понять, насколько данный метод эффективен, необходимо провести анализ существующей литературы.

Анализ работ по электромембранной деминерализации технологических растворов включает в себя изучение процесса деминерализации с использованием электромембранных методов. Эти методы позволяют удалить из растворов нежелательные ионные примеси, такие как соли, минеральные вещества и прочие загрязнения, путем пропускания раствора через мембрану, которая оперирует на основе действия электрического поля. Это позволяет получить обзор существующих подходов и достижений в этой области.

Для изучения литературных источников по электромембранной деминерализации технологических растворов можно обратиться к следующим научным статьям и публикациям:

1. «Исследование процесса очистки сточных вод на ПАО «ПИГМЕНТ»» Т. А. Сухорукова, В. Я. Борщев, Л. Г. Михайлова, Е. Г. Михайлова, Н. Н. Осипов. Проведен анализ очистки промышленных сточных вод ПАО «Пигмент». Разработаны рекомендации по

обезвреживанию и вторичному использованию промышленных сточных вод. Для повышения степени очистки сточных вод на ПАО «Пигмент» предложено использовать мембранную установку. Произведено экспериментальное исследование очистки сточных вод при нескольких режимах производственного процесса, с различными условиями разделения и исходными данными [4].

Были проведены эксперименты по очистке стоков с различными исходными данными.

В первом случае описывается, что объем исходной сточной воды 60 л, исходное солесодержание 1600 мг/л, исходное давление 14 бар, Солесодержание фильтрата при процессе очистки в 80 часов изменилось до 9...29 мг/л, при этом соотношение исходные расходы фильтрата и концентрата были 18 и 12 л/ч.

При втором эксперименте в 3, 5 часа солесодержание концентрата изменилась с 1200 мг/л до 13...30 мг/л, объем разделяемой сточной воды составил 75 л, соотношения потоков фильтрата и концентрата были постоянны.

Исходя из данных эксперимента, был сделан вывод, что выбранные мембранные элементы производства «Дженерел Электрик» обеспечивают получение очищенной (частично обессоленной и обесцвеченной) воды с удельной электропроводностью 20...200 мкСм/см [4].

2. «Membrane Technologies in Wastewater Treatment: A Review»). Эта статья описывает применение электромембранной фильтрации в удалении загрязнений из сточных вод, образующихся в процессе производства пигментов. В обзоре рассмотрены актуальные мембранные технологии в очистке сточных вод, их преимущества и недостатки. Также обсуждаются загрязнение мембран, очистка мембран и мембранные модули [5].

3. «Очистка промышленных сточных вод в производстве органических пигментов» - Осетров А.Ю., Зарапина И.В., Толмачев А.В.- описывают в своей статье эффективность применения мембраны «Энерго-15», при производстве пигмента желтого. В работе приведены данные по эффективности очистки воды в мембранной установке и сравнение данных с показателями артезианской воды. Из данных статьи видно, что очистка сточных вод со стадии отмывки пигмента при использовании мембранной установки эффективна. Результаты изменения концентрации показателей сточной воды приведены в табл. 1.

В ходе анализа авторы выяснили, что при очистке сточных вод, данную воду можно использовать повторно на стадии промывки пасты [6].

4. «Подход к разработке способа очистки промышленных сточных вод в производстве органических пигментов и красителей» - Субочева М.Ю., к.т.н., доцент, Крылов С.В, Колобов И.С. (ФГБОУ ВО ТГТУ, Тамбов, 2017) – В данной статье предлагается способ очистки сточных вод производства пигментов. Данный способ обеспечивает качество отмывки аналогичное использованию артезианской воды при незначительных расходах на обеспечение данной технологии утилизации водных загрязнений [7].

Таблица 1 - Результаты эффективности очистки воды

Контролируемые параметры	Перед мембраной	Конец куба	Артезианская вода
--------------------------	-----------------	------------	-------------------

Хлорид-ионы, мг/дм <sup>3</sup>	632,6	49,2	49,2
Сульфат-ионы, мг/дм <sup>3</sup>	77,5	2,0	107,0
Кальций, мг/дм <sup>3</sup>	30,06	Отс.	80,16
ХПК, мг/л	257,6	9,2	28,8
Взвешенные в-ва, мг/л	18	Отс.	Отс.
Фенол, мг/л	0,458	Отс.	Отс.
Электропроводность, мкСм/см	1549	127	730

В ходе исследования было выявлено, что физико-химические показатели воды улучшились, основные данные приведены в табл. 2.

Таблица 2 - Физико-химические показатели воды

Исходные данные	Сточные воды	Вода после прохождения через матрицу очистки
Хлориды, мг/л	1054,4	49,2
Железообщ., мг/л	51,6	0,27
Цветность, °цвет	13673	17,1
ХПК, мг/л	357,7	30
Электропроводность, мкСм/см	3700	790
Сухой остаток, г/л	2,32	0,7
Кальций-ион, мг/л	100	80,16
Фенолы, мг/л	1,91	0,019

5. В «Handbook of Membrane Separations: Chemical, Pharmaceutical, Food, and Biotechnological Applications» (Ред. Анжело Баширец, 2008) в главе «Electrodialysis» приводятся примеры применения электромембранной деминерализации для обработки различных растворов, включая процессы производства пигментов. В этой главе описываются принципы работы электродиализа, типы мембран и различные применения этой технологии.

В пилотном эксперименте по удалению органических растворителей при помощи метода первапорация (бензола, толуола, бутана, этилового спирта) из разбавленных водных потоков, использовали 100 органофильных мембран для удаления и концентрата растворителя из водного потока. Было отмечено, что возможно концентрировать органические растворители как минимум в 50–100 раз, тем самым обеспечивая более чистый поток сточной воды для повторного использования или сброса. Удаляется до 42% толуола, удаление 0,1–0,4 мас.% фенола и хлорфенола из водного раствора, 0,39 мас.% изопропилацетата, метил-трет-бутилового эфира из водного раствора удалено до 95% [8].

Исходя из анализа опубликованных статей, можно сделать вывод о том, что электромембранная деминерализация применима для очистки сточных вод при производстве пигментов. Является современным и востребованным методом очистки производственных

стоков. Данный метод легко внедрить в систему, так как не имеет больших экономических затрат, и легко монтируется в любую систему очистки.

Электромембранная очистка производственных растворов производства пигментов — это технологический процесс, основанный на использовании мембранной фильтрации и электродиализа для удаления загрязнений из растворов, получаемых в процессе производства пигментов

Электромембранная деминерализация сточных вод производства пигментов является эффективным и инновационным методом очистки воды. Он позволяет удалить различные загрязнения и соли, обеспечивая высокое качество очищенной воды. Однако перед внедрением этого метода необходимо провести тщательное исследование и оценку его эффективности и экономической целесообразности для конкретного производства пигментов. Актуальность данной технологии установлена тем, что она позволит повысить качество сточных вод, технология является экологически безопасной и эффективной, электромембранная деминерализация технологических растворов производства органических пигментов может быть легко интегрирована в существующие производственные процессы.

### Список литературы

1. Прогнозирование нанофильтрационной очистки промышленных растворов от ионов металлов на основе теорий конвективной диффузии и гидродинамики / С. И. Лазарев, Д. Н. Протасов, О. А. Абоносимов, Д. С. Лазарев, К. В. Шестаков // Теоретические основы химической технологии, 2023. Т. 57, № 3. С. 1–10.
2. Зависимости процесса массопереноса электробаромембранного разделения технологических растворов от тяжелых металлов / О.А. Абоносимов, С.И. Лазарев, И.В. Зарапина, С.И. Котенев, Н.Н. Игнатов // Вестник ТГТУ. 2019. Т. 25, № 3. С. 442 – 452.
3. Когановский А.М., Клименко А.Н., Левченко Т.М., Рода И.Г. Очистка и использование сточных вод в промышленном водоснабжении. М: Химия, 2005. 288 с.
4. Исследование процесса очистки сточных вод на ПАО «ПИГМЕНТ» / Т. А. Сухорукова, В. Я. Борщев, Л. Г. Михайлова, Е. Г. Михайлова, Н. Н. Осипов // Вестник Тамбовского государственного технического университета. – 2017. – Т. 23, № 1. – С. 129 – 134. – URL :[http://vestnik.tstu.ru/rus/t\\_23/pdf/23\\_1\\_013.pdf](http://vestnik.tstu.ru/rus/t_23/pdf/23_1_013.pdf) ( дата обращения 15.11.2023)
5. Elorm O. E. Membrane Technologies in Wastewater Treatment / Elorm O.E., Sudesh R. // Membranes 2020, 10, 89; doi:10.3390/membranes10050089 [www.mdpi.com/journal/membranes](http://www.mdpi.com/journal/membranes)
6. Осетров А.Ю. Очистка промышленных сточных вод в производстве органических пигментов / Осетров А.Ю., Зарапина И.В., Толмачев А.В // Ценность естественно-научного и технического знания в условиях современной техногенной цивилизации – Междунар. науч.-практ. конференция, 27 мая 2020 г. Белгород, ООО Агентство перспективных научных исследований (АПНИ), 2020. – С. 9-4.
7. Субочева М.Ю. Подход к разработке способа очистки промышленных сточных вод в производстве органических пигментов и красителей / Субочева М.Ю, Крылов С.В, Колобов И.С. // Матер. IX всерос. науч.-практ. конференции молодых ученых с международным участием «Россия молодая» 18-21 апреля 2017 г. – Кемерово, 2017. – С. 1-5. – URL:

<https://science.kuzstu.ru/wp-content/Events/Conference/RM/2017/RM17/pages/Articles/0603009-.pdf> (дата обращения 15.11.2023).

8. L. Jagan Mohan Rao Handbook of Membrane Separations: Chemical, Pharmaceutical, Food, and Biotechnological Applications / L. Jagan Mohan Rao. 2009, DOI:10.1111/j.1365-2621.2009.01974.x.

## References

1. Prediction of nanofiltration purification of industrial solutions from metal ions based on the theories of convective diffusion and hydrodynamics / S. I. Lazarev, D. N. Protasov, O. A. Abonosimov, D. S. Lazarev, K. V. Shestakov // Theoretical foundations of chemical technology, 2023. T. 57, No. 3. P. 1–10.

2. Dependences of the mass transfer process of electric-baromembrane separation of technological solutions on heavy metals / O.A. Abonosimov, S.I. Lazarev, I.V. Zarapina, S.I. Kotenev, N.N. Ignatov // Bulletin of TSTU. 2019. T. 25, No. 3. P. 442 – 452.

3. Koganovsky A.M., Klimenko A.N., Levchenko T.M., Rhoda I.G. Treatment and use of wastewater in industrial water supply. M: Khimiya, 2005. 288 p.

4. Study of the wastewater treatment process at PJSC "PIGMENT" / T. A. Sukhorukova, V. Ya. Borshchev, L. G. Mikhailova, E. G. Mikhailova, N. N. Osipov // Bulletin of Tambov State Technical University. – 2017. – T. 23, No. 1. – P. 129 – 134. – URL: [http://vestnik.tstu.ru/rus/t\\_23/pdf/23\\_1\\_013.pdf](http://vestnik.tstu.ru/rus/t_23/pdf/23_1_013.pdf) (accessed November 15, 2023)

5. Elorm O. E. Membrane Technologies in Wastewater Treatment / Elorm O. E., Sudesh R. // Membranes 2020, 10, 89; doi:10.3390/membranes10050089. URL: [www.mdpi.com/journal/membranes](http://www.mdpi.com/journal/membranes).

6. Osetrov A.Yu. Purification of industrial wastewater in the production of organic pigments" / Osetrov A.Yu., Zarapina I.V., Tolmachev A.V. // The value of natural scientific and technical knowledge in the conditions of modern technogenic civilization - International Scientific and Practical Conference, May 27, 2020 Belgorod, 2020. – pp. 9-4.

7. Subocheva M.Yu. An approach to developing a method for treating industrial wastewater in the production of organic pigments and dyes / Subocheva M.Yu., Krylov S.V., Kolobov I.S. // Materials of the IX All-Russian scientific and practical conference of young scientists with international participation «Young Russia» April 18-21, 2017 - Kemerovo, 2017. - P. 1-5. – URL: <https://science.kuzstu.ru/wp-content/Events/Conference/RM/2017/RM17/pages/Articles/0603009-.pdf> (accessed 11/15/2023).

8. L. Jagan Mohan Rao Handbook of Membrane Separations: Chemical, Pharmaceutical, Food, and Biotechnological Applications / L. Jagan Mohan Rao// 2009, DOI:10.1111/j.1365-2621.2009.01974.x

DOI: 10.58168/CIRCULAR2024\_206-214

УДК 549.642.41

**НОВАЯ МОДИФИКАЦИЯ ВОЛЛАСТОНИТА ИГОЛЬЧАТОГО ГАБИТУСА**  
**NEW MODIFICATION OF WOLLASTONITE NEEDLE HABITUUS**

**Мананков А.В.**, доктор геолого-минералогических наук, профессор ФГБОУ ВО «Томский государственный архитектурно-строительный университет», Томск, Россия.

**Manankov A.V.**, doctor of Geological and Mineralogical Sciences, Professor, Tomsk State University of Architecture and Civil Engineering, Tomsk, Russia.

**Рахманова И.А.**, старший преподаватель ФГБОУ ВО «Томский государственный архитектурно-строительный университет», Томск, Россия.

**Rakhmanova I.A.**, senior Lecturer, Tomsk State University of Architecture and Civil Engineering, Tomsk, Russia.

**Аннотация:** излагаются результаты экспериментальных и теоретических исследований новой полиморфной модификации волластонита триклинной сингонии, названной трансволластонитом. Дана характеристика ее кристаллофизических и кристаллохимических свойств, особенности генезиса и области применения, включая прорывные нанотехнологии. Для участия страны в неизбежной модернизации основных отраслей экономики предлагается изучить опыт Японии и начать реализацию научных результатов Томских университетов в области физической геохимии и геоэкологии.

**Abstract:** The results of experimental and theoretical studies of a new polymorphic modification of wollastonite of the triclinic system, called transwollastonite, are presented. The characteristics of its crystal-physical and crystal-chemical properties, features of its genesis and areas of application, including breakthrough nanotechnologies, are given. In order for the country to participate in the inevitable modernization of the main sectors of the economy, it is proposed to study the experience of Japan and begin to implement the scientific results of Tomsk universities in the field of physical geochemistry and geoeology.

**Ключевые слова:** волластонит 1-Т, полиморфные модификации, принцип волновых функций, диффузионный перенос вещества при фазовых превращениях, поляризационная трансляция, субсолидусная ликвация, новая керамика, функциональные композиционные материалы.

**Keywords:** polymorphs, wollastonite 1-T, the principle of wave functions, diffusion transfer of matter during phase transformations, polarization translation, subsolidus segregation, new ceramics, functional composite materials,

**Введение.** Волластонит как промышленный минерал по достоинству впервые был оценен в США в 40-х годах XX в. К настоящему времени за счет постоянного расширения сфер использования общий годовой объем производства достигает 150 тысяч тонн, в том числе

более одной трети составляет синтетический волластонит. Последний представлен рядом модификаций, но на рынке преобладает игольчатый  $\beta$ -волластонит, у которого, есть целый ряд преимуществ перед природным минералом. Главные из них – игольчатая форма кристаллов, высокая степень чистоты, отсутствие включений других фаз, однородность химического состава, реально достижимая низкая стоимость. Все преимущества имеют правовую защиту на основе наших исследований (А. с. №№ 1011514; 1176564; 1331827; 1552560; 1625837; 1705250; 1705741; патенты №№ 2108069; 2109493; 2181105). На мировом рынке тонкодисперсный волластонит имеет восемь сортов. Значительная часть производимого тонкодисперсного волластонита экспортируется в страны Западной Европы и Японию. Он широко используется в США, Китае и других странах как конструктивный минерал в производстве специальной радиокерамики, фаянса, фарфора, изоляторов с низкими диэлектрическими потерями, санитарных изделий, облицовочных кирпичей, специальных цементов для керамики, абразивов, стекла, шин, кабельных резин, бумаги, всяческих композитов [1-4].

Игольчатый наноразмерный полиморф начинает входить в качестве модифицирующего наполнителя новых композиционных материалов (с разными механическими и теплофизическими свойствам) в разных отраслях, например, для узлов автомобилей: подшипников скольжения, тормозных колодок, кузовов, применяется в антикоррозионных покрытиях. Волластонит использован в теплоизоляционной обшивке космического корабля "Буран". Находит применение в герметизации подземных сооружений, т.к. позволяет формировать такую структуру производимого герметика, которая пропускает воздух, но задерживает воду. Сверхтонкий и наноразмерный волластонит игольчатого габитуса применяется при изготовлении специальных латексных красок для нанесения отметок на проезжей части дороги. Вспененный мелко измельченный волластонит используется в качестве огнеупорных и теплоизоляционных композитов [5-6].

**Объектами исследования** стали полиморфные превращения в поле метасиликата кальция, синтезируемые на основе химически чистых оксидов по золь-гельному методу, нашедших применение в медицине (англ. sol-gel process – технология материалов, в том числе, наноматериалов), и недефицитного природного сырья, а также и многотоннажных промышленных отходов большого ряда отраслей экономики, включая горнодобывающую, металлургическую, химическую, энергетическую и др., и, наконец, природный волластонит золоторудного месторождения «Веселый» (Горный Алтай).

**Предметом исследований** послужили морфологические, кристаллофизические и физико-химические свойства синтетического волластонита, полученного по кинетическим экспериментам примерно сорока составов, а также зависимости параметров кристаллической решетки от изо- и гетеровалентных замещений в составе структурных подрешеток волластонита, позволившие выявить и предложить новую модификацию волластонита и усовершенствовать классификацию полиморфов минерала. Разнообразие фазовых превращений в системе волластонита – одного из уникальных по кристаллофизике минералов, являющиеся предметом исследований без малого 200 лет раскрыто еще недостаточно полно.



Тем не менее, волластонит все активнее используется в создании новых композиционных материалов, обеспечивающих снижение энергоемкости, металлоемкости функциональных материалов и технологий.

**Цель работы** – углубление знаний о полиморфизме в метасиликатной системе CaO – SiO<sub>2</sub>, совершенствование структурной классификации минерала, определение критериев выбора исходных составов и технологических параметров для получения игольчатой полиморфной модификации волластонита.

#### **Зародышеобразование, рост кристаллов.**

**Кристаллохимические свойства.** Волластонит в качестве продукта расплавной технологии по своим физическим свойствам весьма близок природному. Игольчатый низкотемпературный полиморф β-волластонит, также, как и природный, имеет триклинную структуру из бесконечных силикатных цепочек. В состав его элементарной ячейки входит три тетраэдра, вытянутых вдоль оси *y*, как это было установлено [7]. Катионы Ca<sup>2+</sup> и его изоморфные примеси – Fe<sup>2+</sup>, Na<sup>+</sup>, Mg<sup>2+</sup>, Al<sup>3+</sup>, Fe<sup>3+</sup> располагаются в искаженных октаэдрах, находясь в одной плоскости с четырьмя ближайшими атомами кислорода. Поэтому синтетический β-волластонит формирует игольчатые, пластинчатые агрегаты со значительным удлинением.

На основе одного и того же исходного состава, но при разных кинетических параметрах или технологических условиях, могут быть получены разные полиморфные модификации волластонита при определенных значениях вязкости расплавленной и переохлажденной системы, что, в целом, хорошо согласуется с диаграммами состояния систем CaO – SiO<sub>2</sub>, CaO – SiO<sub>2</sub> – Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, CaO – SiO<sub>2</sub> – Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, CaO – SiO<sub>2</sub> – Na<sub>2</sub>O. По нашим данным экспериментального изучения **высокотемпературной вязкости** охлаждающегося расплава от состояния гомогенности в интервале 1400-1250°C происходит в целом медленное, но заметно ускоряющееся нарастание вязкости. Переходная область - интервал 1250-1200 °C, а затем происходит быстрое увеличение вязкости от 10 до 50-80 пауз.

В рамках **полимерной модели строения расплава** энергия активации вязкого течения  $E_{\eta}$  должна определяться в основном тремя составляющими: 1) энергией разрыва мостиковых связей Si - O в анионных комплексах, 2) энергией разрыва связей немостиковых атомов кислорода с катионами-модификаторами и 3) энергией разрыва связей свободных атомов кислорода с катионами-модификаторами. На самом деле процесс гораздо сложнее. Так, например, влияние химического состава на вязкость расплава может полностью компенсироваться влиянием активности кислорода. Поэтому по абсолютным значениям вязкость у разных составов различна при одинаковой температуре. То есть системы отличаются между собой сложностью структурных единиц вязкого течения и их размерами. Менее сложные и более короткие комплексы более подвижны, что приводит к уменьшению динамической вязкости при неизменной температуре.

**Теплофизические свойства метасиликатов кальция.** Значения коэффициентов температуропроводности и термического расширения закаленных стекол, определенные экспериментально с повышением температуры в интервале 20-1000°C возрастают в 2,0-2,5 и в

6,0-7,0 раз соответственно. Эти особенности теплофизических свойств являются фундаментальными и использованы при оптимизации температурно-временных параметров синтеза, а также при разработке новых технологий.

**Конвергентная кристаллизация.** Исходные составы могут кристаллизоваться как сверху (из расплава), так и снизу (при термообработке стекол). Из расплава при  $T=1200-900$  °С преобладает объемная кристаллизация *метастабильного псевдоволластонита* моноклинной сингонии в виде кристаллов конвертообразного габитуса, микродендритов и дендритных сферолитов с признаками фибриллярного роста. Кристаллизация из стекла в этом же температурном интервале, наоборот, приводит к развитию *игольчатых, таблитчатых агрегатов  $\beta$  – волластонита*.

Результаты наших экспериментальных исследований склоняют нас к модели, дающей возможность объяснить специфику подобного полиморфизма с позиции стационарных и метастабильных энергетических состояний атомов и молекул. Эта аналогия имеет основание в связи с тем, что как структура атомных объектов, так и структура кристаллов могут быть описаны с помощью волновых функций [2]. Решение волновых уравнений для периодических структур всегда имеет вид наборов собственных значений. Этим наборам и соответствуют распределения ионов в элементарных решетках кристаллов или плотностей вероятностей в атомах и ионах. Поэтому многие ионные и другие структуры и проявляют способность к полиморфизму, что можно формально, по крайней мере, считать проявлением квантования или квантовых свойств.

#### **Параметры кристаллической структуры и кристаллогенез.**

Кроме известных и экспериментально установленных разновидностей в системе волластонита нами обнаружен новый полиморф, не встречающийся ранее, и который находится за пределами последней классификации политипов волластонита-Т [8]. По морфологическим свойствам новая разновидность не отличается от природного  $\beta$ -волластонита, формируя таблитчатые и игольчатые габитусы и агрегаты. Для нее свойственна более высокая механическая прочность, но при этом она достаточно легко диспергируется в игольчатые наноагрегаты в аппаратах динамического помола типа дезинтеграторов Хинта.

**Кристаллическая структура.** Специфика этой модификации четко выражена в ее кристаллической структуре. Для нее характерна вдвое большая по сравнению с природным  $\beta$ -волластонитом длина элементарной ячейки по оси  $a$  при сохранении ее объема за счет адекватного компенсирующего уплотнения по оси  $b$ . Как известно, у всех пироксеноидов цепочки покоятся на основаниях из октаэдров. Если октаэдры сложены ионами кальция, то метасиликатные цепочки ( $Si : O = 1 : 3$ ) расширяются в полтора раза и становятся волластонитовыми. При появлении в октаэдрических подрешетках крупных переходных ионов тетраэдры сжимаются, приспособиваясь к более жестким октаэдрическим структурным узлам. В целом, все полиморфные модификации имеют достаточно выраженные отличия по габитусу кристаллических форм и по кристаллическим структурам. Последние, по данным РФА, находятся в четком соответствии с принципами волновых функций, т.к. различаются практически кратными соотношениями параметров элементарной ячейки [2]. Это

позволяет аппроксимировать собственную функцию, как и для подавляющего большинства кристаллов, простыми гармоническими зависимостями, что интуитивно отражено у Никеля в классификации политипов волластонита 1-Т. В рамках действующей классификации новая полиморфная модификация будет иметь обозначение: *волластонит ½-Т*. Либо, по второму варианту, этот полиморф надо принимать за *волластонит 1-Т* и вносить коррективы в классификацию волластонитов.

**Факторы и кинетика.** Получение той или иной модификации волластонита в эксперименте, с одной стороны, зависит от стехиометрии химического состава исходного стекла или расплава и влияния значительных вариаций состава в пределах, установленных диаграммами равновесного состояния для метасиликата кальция. Вместе с тем, определяющим является влияние термомеханических напряжений на фронте кристаллизации. В связи с этим, игольчатые модификации при зарождении и развитии кристаллов следуют правилу ортотропизма, а скорости кристаллизации зависят от предшествующей термической истории. Как правило, при прочих равных условиях, чем выше скорость охлаждения (заковки) расплава и последующего нагрева стекла, тем выше и скорость кристаллизации. Самые высокие скорости характерны для тонких нитей и малых объемов, где легче выполнить указанные условия. При высоких скоростях кристаллизации индивиды игольчатого габитуса тяготеют к хорошо выраженным скелетным микроструктурам, чем и создается возможность значительных вариаций химического состава в подрешетках волластонита.

С помощью *электронной микроскопии и рентгеновской рефлексометрии* в исходном стекле на первой стадии фазового превращения установлено развитие в поле термомеханических напряжений сверхструктур в виде спонтанно образующихся наноосферолитовых зародышей, предшествующих образованию микрокристаллов, ориентированных по правилу ортотропизма. Появление сверхструктур свидетельствует об индуцирующем влиянии поверхности на распределение спонтанно образующихся зародышей кристаллов. Но ориентация их не случайна, она совпадает в общем случае с тремя направлениями наиболее ранних цепочек кристаллитов-наноосферолитов. По мере роста температуры в интервале 900-1070°C изначально перистые микродендриты приобретают все более сложное внутреннее строение с участием решетчатых структур не менее чем трех уровней, осложненных тончайшим взаимным проращением и двойникованием.

После прохождения на кинетической кривой температурного максимума наблюдается резкий спад скорости роста на фоне возрастающей сложности относительно укорачивающихся перистых дендритов. Отсюда, по этим данным фазовый переход: переохлажденный расплав – кристалл представляет собой *многоступенчатый процесс*, в котором перенос вещества имеет второстепенное значение по отношению к ориентированному (индуцированному полями термомеханических напряжений) структурообразованию. Таким образом, среди множества структурных мотивов волластонита 1-Т, появляющихся при снятии вырождения, впервые установлена ранее неизвестная самостоятельная полиморфная модификация с кристаллической ячейкой  $15 \times 3,5 \times 7 \text{ \AA}$ , которая, исходя из ее структурных особенностей, может быть названа *трансволластонитом*.

В качестве примесей он содержит изоструктурные модификаторы –  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ,  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ,  $\text{Na}_2\text{O}$ ,  $\text{K}_2\text{O}$  и др. Н.Л. Боуэн с соавторами в системе  $\text{CaSiO}_3 - \text{FeSiO}_3$  установили серию твердых растворов, в которых при высоких температурах содержание  $\text{FeSiO}_3$  может достигать 76 % [9]. Более «сильные» (по отношению к кальцию) примесные ионы переходных металлов, начиная с малых концентраций, могут оказывать решающее влияние на кристаллическую структуру и свойства кристаллов, растущих из стекла, которое, как и полимеры, характеризуется преимущественно фоновой когерентностью, отвечающей за высокоэластичность среды. Эти примесные ионы в таких условиях в решетке волластонита участвуют в гетеровалентных замещениях в искаженных октаэдрических подрешетках и Т – О тетраэдрах. Происходит ослабление связей между ионами в тетраэдрах с одновременным усилением связей R – О. В итоге осуществляется вынужденное деформирование размеров элементарной ячейки. В направлении оси *b*, где действуют связи Т – О, размер уменьшается за счет обрыва цепей тетраэдров. В то же время в направлении оси *a* связи упрочняются и происходит увеличение ячейки.

Доказательством того, что ионы-примеси  $\text{Al}^{3+}$ ,  $\text{Na}^+$  и др. входят в структуру волластонита, являются установленные нами зависимости параметра элементарной ячейки *c* от количества компонентов-примесей: с увеличением концентрации ионов  $\text{Al}^{3+}$  (от 6,0 до 11,0 %) и суммарного Fe (от 2,75 до 3,75 %) происходит уменьшение параметра *a* от 16,3-16,03 до 15,45-15,40 °А. Но одновременно происходит увеличение параметра *c* трансволластонита от 7,01 до 7,03 при повышении содержания ионов алюминия (от 6,0 до 11,0 %) и натрия (от 5,0 до 8,0 %).

По результатам изучения *кинетики кристаллизации* выявлено ряд важных особенностей структурных взаимоотношений между полиморфными модификациями. В системах с незначительным содержанием оксидов алюминия (от долей процента до 3,0%) и железа (от сотых процента до 2,5%) трансволластонит кристаллизуется первым в интервале температур 900-990°C. Позднее, в интервале 1000-1200°C, доминирует β-волластонит. В составах, где количество глинозема больше 5,0 масс.%, трансволластонит формируется на заключительной, наиболее высокотемпературной стадии кинетической кривой (1210-1250°C). При еще большем содержании глинозема (10-14 масс. %) трансволластонит оказывается единственной кристаллической фазой во всем температурном диапазоне. Выявленные закономерности находят подтверждение по результатам других структурно чувствительных и аналитических методов.

**Поляризационная трансляция и субсолидная ликвация.** Продукты кинетических серий изучены с помощью *термостимулированной люминесценции (ТСЛ)*, *инфракрасной спектроскопии (ИКС)* и др. методов.). Эти методы дали возможность расшифровать некоторые важные особенности динамики структурных превращений и обменных взаимодействий в процессе элементарных стадий технологической «жизни» исходного стекла, а также позволили открыть *новые механизмы переноса компонентов при фазовых превращениях* и оптимизировать температурные и временные параметры экологически

приемлемых технологий синтеза трансволластонита и волластонитовых ситаллов класса «сикамов» [2,10,11].

Образцы, используемые для *ТСЛ*, предварительно облучались  $\gamma$ -излучением, затем регистрировалось их излучение в диапазоне 250-800 нм при нагреве с постоянной скоростью. В итоге, обнаружено, что в радиационно сенсibilизированных продуктах кристаллизации присутствуют полиморфные фазы волластонита с подобными дефектами, отличающимися энергиями активации. Вариации температур в небольших диапазонах приводят к возникновению «виртуальных кристаллических плоскостей», соответствующих образованию минералов, по составу близких к волластониту 1-Т, в подрешетках которого избыточные компоненты находятся в виде примесей. Это позволило сделать фундаментальный вывод о том, что в вязкой метасиликатной системе в поле волластонита образование игольчатых и дендритных форм кристаллов происходит не только с участием диффузионного переноса, но существенно за счет поляризационной трансляции агрегатов в градиентных полях, действующих внутри системы и увеличивающих степень полимеризации переохлажденного расплава.

*ИК спектры* образцов, термообработанных в интервале 950-1250 °С через каждые 50 °С, обнаруживают полосы поглощения: 585-690, 920-980 и 1040-1100  $\text{см}^{-1}$ . Полоса в области 1070  $\text{см}^{-1}$  соответствует асимметричным валентным колебаниям вдоль связей Si – O – Si. Полосы в области 900-950  $\text{см}^{-1}$  – этим же колебаниям вдоль связей Si – O. Симметричные валентные колебания вдоль связей Si – O – Si фиксируются полосами 710 и 750  $\text{см}^{-1}$ . Полосы деформационных колебаний связей Si – O накладываются на валентные связи R – O в области 450-550  $\text{см}^{-1}$ .

Анализ ИК-спектров показывает, что в структуре волластонита 1-Т, где период повторяемости состоит из трех развернутых друг относительно друга кремнекислородных тетраэдров с периодом повторяемости 7,3 Å, с повышением температуры кристаллизации происходит систематическое увеличение интенсивности деформационных колебаний и одновременное уменьшение сил связи по валентным колебаниям в кремнекислородных цепочках. В целом, ИК-спектры позволили выявить *совершенную идентичность основных элементов структуры волластонитовых полиморфов*, что не исключает близость структур триклинных и моноклинной форм, находящихся, очевидно, в тесном проращении.

По результатам изучения показателей преломления *n* стекол после изо- и неизотермической кристаллизации в интервале 950-1170 °С установлены две области метастабильной ликвации. Это является подтверждением нашей ранее сформулированной (на основании данных электронной микроскопии и микронзондовых исследований) гипотезы о том, что на микро- и наноуровне процессу зародышеобразования предшествует метастабильная субсолидусная ликвация на фазы с различным содержанием кальция и фемических ионов. Сейчас выявлено практически две температурные области *метастабильной ликвации*: в интервале 950-1050<sup>0</sup>С и в области 1050-1170<sup>0</sup> С. Они, как и *поляризационная трансляция* ускоряют фазовые превращения в системе.

## Выводы

Выявлен новый полиморф игольчатого волластонита – трансволластонит в системе метасиликата кальция. Установленные кинетические особенности зарождения и роста кристаллов Т-волластонита не согласуются с традиционными представлениями. Установлены механизмы фазовых превращений, обеспечивающих необычайно высокие скорости зародышеобразования и роста кристаллов. Предлагается концепция структурного порядка, основанная на наиболее общих законах естествознания – теории колебаний и волн, которая прошла инвариантно по всем этапам от классической механики до суперсовременных идей начала XXI века. Волновые представления структуры вещества как проявления интерференционных эффектов (голографическая модель) являются весьма общими и применимы для любого уровня организации сложности. Формализм голографической модели идейно строг и хорошо проработан в рамках теории колебаний. В данной теме, этот подход позволяет объяснить скорость и прогнозировать процессы образования упорядоченных структур, резонансный характер переноса энергии и массы и ряд других явлений.

Материаловедческие перспективы волластонита чрезвычайно широки, поэтому всестороннее исследование его свойств и условий генезиса представляет не только научный, но и практический интерес для инновационного развития современных технологий. Его научный, экономический и экологический эффекты более чем очевидны, учитывая опыт Японии и др., и он может быстро раскрыть свой потенциал в реализации государственных программ России по композиционным наноматериалам для обеспечения прогресса многих областей техники.

## Список литературы

1. Мананков А.В., Локтюшин А.А. Нетрадиционные технологии силикатов на основе фундаментальных научных разработок // Геология, геохимия, минералогия и металлогения юга Сибири. Томск, 1990. С. 85-87.
2. Мананков А.В., Горюхин Е.А., Локтюшин А.А. Волластонитовые, пироксеновые и другие материалы из промышленных отходов и недефицитного природного сырья.– Томск: Изд-во ТГУ. 2002. 168 с.
3. Vukovich M.Jr. Wollastonite in melted ceramic systems // J. Canad.Ceram. Soc., 1962, 31. P. 100-103.
4. Weston R.M., Rogers P.S. The growth of calcium metasilicate polymorphs from supercooled melts and glasses // Mineral. Magazine, 1978, v. 42. P. 325-335.
5. Мананков А.В., Яковлев В.М. Нетрадиционные строительные материалы класса силикатов // Строительные материалы. 1995. №9. С. 16-17.
6. Локтюшин А.А., Мананков А.В. Кинетические особенности фазовых превращений в поле волластонита // Природокомплекс Томской области. Томск: ТГУ, 1990. С. 53-56.
7. Белов Н.В. Очерки по структурной минералогии. М.: Недра, 1976. 344 с.

8. Nickel E.H. Стандартизация суффиксов для обозначения политипов // ЗВМО, ч. СХХIII, № 2, 1994. С.105-106.
9. Bowen N.L., Schairer J.F., Posnjak E. The system  $\text{CaO} - \text{FeO} - \text{SiO}_2$  // Am. Journ. Sci., ser. 5, 26, 1933. 193 p.
10. Мананков А.В., Рахманова И.А. Структура инновационного процесса производства наноматериалов на основе промышленных отходов // Вестники ТГАСУ. 2010. № 1. С. 143-148.
11. Мананков А.В., Рахманова И.А. Концептуальная фаза жизненного цикла инновационного материала – синтетического волластонита. Вестник ТГУ. 2013. № 368. С. 108-114.

### References

1. Manankov A.V., Loktyushin A.A. Netraditsionnyye tekhnologii silikatov na osnove fundamental'nykh nauchnykh razrabotok // Geologiya, geokhimiya, mineralogiya i metallogeniya yuga Sibiri. Tomsk, 1990. S. 85-87.
2. Manakov A.V., Goryukhin Ye.A. Loktyushin A.A. Vollastonitovyeye, piroksenovyeye i drugiye materialy iz promyshlennykh otkhodov i nedefitsitnogo prirodnogo syr'ya.– Tomsk: Izd-vo TGU. 2002. 168 s.
3. Vukovich M.Jr. Wollastonite in melted ceramic systems // J. Canad.Ceram. Soc., 1962, 31. P. 100-103.
4. Weston R.M., Rogers P.S. The growth of calcium metasilicate polymorphs from supercooled melts and glasses // Mineral. Magazine, 1978, v. 42. P. 325-335.
5. Manankov A.V., Yakovlev V.M. Netraditsionnyye stroitel'nyye materialy klassa sikamov // Stroitel'nyye materialy. 1995. №9. S. 16-17.
6. Loktyushin A.A., Manankov A.V. Kineticheskiye osobennosti fazovykh prevrashcheniy v pole vollastonita // Prirodokompleks Tomskoy oblasti. Tomsk: TGU, 1990. S. 53-56.
7. Belov N.V. Ocherki po strukturnoy minerlogii. M.: Nedra, 1976. 344 s.
8. Nickel E.H. Standartizatsiya suffiksov dlya oboznacheniya politipov // ZVMO, ch. SKHKHIII, № 2, 1994. S.105-106.
9. Bowen N.L., Schairer J.F., Posnjak E. The system  $\text{CaO} - \text{FeO} - \text{SiO}_2$  // Am. Journ. Sci., ser. 5, 26, 1933. 193 r.
10. Manankov A.V., Rakhmanova I.A. Struktura innovatsionnogo protsessa proizvodstva nanomaterialov na osnove promyshlennykh otkhodov // Vestniki TGASU. 2010. № 1. S. 143- 148.
11. Manankov A.V., Rakhmanova I.A. Kontseptual'naya faza zhiznennogo tsikla innovatsionnogo materiala – sinteticheskogo vollastonita. Vestnik TGU. 2013. № 368. S.108-114.

DOI: 10.58168/CIRCULAR2024\_215-223

УДК 625.7

**ПРОЧНОСТНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ УКРЕПЛЕНИЯ ЗОЛОШЛАКОВЫХ  
СМЕСЕЙ ТЭЦ НЕОРГАНИЧЕСКИМИ ВЯЖУЩИМИ МАТЕРИАЛАМИ  
НА ЛЕСОВОЗНЫХ ДОРОГАХ**

**STRENGTH CHARACTERISTICS OF REINFORCEMENT OF ASH AND SLAG MIXTURES  
OF THERMAL POWER PLANTS WITH INORGANIC BINDERS ON LOGGING ROADS**

**Мануковский А.Ю.**, профессор, доктор технических наук, доцент ФГБОУ ВО «Воронежский государственный лесотехнический университет имени Г.Ф. Морозова», Воронеж, Россия.

**Курдюков Д.П.**, аспирант ФГБОУ ВО «Воронежский государственный лесотехнический университет имени Г.Ф. Морозова», Воронеж, Россия.

**Курдюков Р.П.**, аспирант ФГБОУ ВО «Воронежский государственный лесотехнический университет имени Г.Ф. Морозова», Воронеж, Россия.

**Шамарин Н.И.**, аспирант ФГБОУ ВО «Воронежский государственный лесотехнический университет имени Г.Ф. Морозова», Воронеж, Россия.

**Воротников Д.А.**, магистр ФГБОУ ВО «Воронежский государственный лесотехнический университет имени Г.Ф. Морозова», Воронеж, Россия.

**Manukovsky A.Y.**, professor, Doctor of Technical Sciences, Associate Professor, Voronezh State University of Forestry and Technologies named after G.F. Morozov, Voronezh, Russia.

**Kurdyukov D.P.**, postgraduate student, Voronezh State University of Forestry and Technologies named after G.F. Morozov, Voronezh, Russia.

**Kurdyukov R.P.**, postgraduate student, Voronezh State University of Forestry and Technologies named after G.F. Morozov, Voronezh, Russia.

**Shamarin N.I.**, postgraduate student, Voronezh State University of Forestry and Technologies named after G.F. Morozov, Voronezh, Russia.

**Vorotnikov D.A.**, master's student, Voronezh State University of Forestry and Technologies named after G.F. Morozov, Voronezh, Russia.

**Аннотация:** В статье рассмотрены вопросы прогнозирования состояния прочностных характеристик золошлаковых смесей ТЭЦ, укрепленных неорганическими вяжущими, в зависимости от известных значений прочности на сжатие в промежуточном возрасте. Применение моделей оценки прочностных характеристик во времени на практике является затруднительным т.к. на конечную прочность на сжатие влияет много факторов: характеристики вяжущего материала, минералогия грунта, число пластичности, значение оптимальной влажности и др. В статье предложены регрессионные модели прогнозирования значений прочности на сжатие.

**Abstract:** The article considers the issues of predicting the state of strength characteristics of ash and slag mixtures of CHP plants reinforced with inorganic binders, depending on the known values of compressive strength at an intermediate age. The application of models for estimating strength characteristics over time in practice is difficult because many factors affect the final



compressive strength: the characteristics of the binder, soil mineralogy, the number of plasticity, the value of optimal humidity, etc. The article proposes regression models for predicting the values of compressive strength.

**Ключевые слова:** золошлаковые смеси ТЭЦ, прогнозирование прочностных характеристик укрепленных грунтов.

**Keywords:** ash and slag mixtures of CHP plants, forecasting the strength characteristics of reinforced soils.

### **Введение**

В условиях ограниченного финансирования лесовозных автомобильных дорог необходимо применение экономичных и эффективных технологий капитального ремонта и ремонта лесовозных автомобильных дорог. К таким технологиям относится укрепление местных грунтов неорганическими вяжущими материалами на основе применения золошлаковых отходов тепловых электростанций (ТЭЦ).

Золошлаковые отходы ТЭЦ имеют значительные объемы накопления в Российской Федерации, что составляет около 1,1-1,7 млрд. т (примерно 50 % от общей массы отходов на хранении). Ежегодно сжигается более 123 млн. т. твердого топлива, от угольных ТЭЦ образуется около 18-25 млн. тонн золошлаков, из которых повторно используется около 12-17% [2]. Площадь территории, занятой золоотвалами в Российской Федерации составляет около 20 тыс. га и сопоставима с площадью территории таких стран как Израиль, Словения, Сальвадор, Македония. Большую часть объемов накопления золошлаковых отходов ТЭЦ составляют золошлаковые смеси.

Исследованиями применения золошлаковых смесей в конструкциях лесовозных автомобильных дорог занимались различные ученые. Введение в золошлаковую смесь извести и цемента позволяет получить материалы с высокими прочностными и эксплуатационными характеристиками для возведения слоев земляного полотна и дорожных одежд.

Суть всех методов подбора состава укрепленных грунтов сводится к определению такого содержания компонентов (грунта, воды, неорганического вяжущего материала, добавок) при котором достигаются необходимые качественные характеристики: плотность, прочность на сжатие, морозостойкость, водостойкость и др.

Определение качественных характеристик проводится на образцах укрепленного грунта в проектном и промежуточном возрасте после их твердения в нормальных условиях. Проектный возраст зависит от вида вяжущего материала и составляет:

- Для цементов; строительной извести; активных материалов с удельной поверхностью не менее 150 м<sup>2</sup>/кг проектный возраст составляет 28 сут.

- Для комплексных минеральных вяжущих проектный возраст составляет 56 сут., 90 сут., 180 сут.

Определение качественных характеристик образцов в указанные сроки приводит к очень большой продолжительности процедуры подбора состава во времени и как следствие к

сложности применения этих материалов в условиях континентального и полярного климата, когда продолжительность строительного сезона может составлять несколько месяцев.

Для повышения эффективности подбора состава укрепленных грунтов различными авторами предлагаются математические зависимости, которые были получены с использованием образцов, твердевших при влажности, близкой к 100% и при температуре около 20 - 23° С.

Укрепление цементом. Уравнение Wen [5]

$$UCS(t) = (UCS_{28}) \left[ p_1^{1 - \frac{1}{\left(1 + \frac{t-t_0}{p_2}\right)}} \right] \quad (1)$$

где:

$p_1, p_2$  — параметры регрессии 1,59 и 1,61 соответственно;

$t_0$  — определяется как 28/30,5;

$UCS(t)$  — прочность на сжатие в момент времени  $t$ , которое выражается в мес.

Укрепление цементом. Уравнение Lim and Zollinger [6]

$$UCS(t) = (UCS_{28}) \left[ \frac{t}{p_1 + p_2 \cdot t} \right] \quad (2)$$

где:

$p_1, p_2$  — параметры регрессии 2,8 и 0,9 соответственно;

$UCS(t)$  — прочность на сжатие в момент времени  $t$ , которое выражается в днях.

Укрепление цементом. Уравнение Linares [7]

$$UCS_{28} = p_1(UCS_7) + p_2 \quad (3)$$

где:

$p_1, p_2$  — параметры регрессии 0,695 и 0,295 соответственно;

$UCS_{28}$  — прочность на сжатие в момент времени  $t$ .

Укрепление цементом. Уравнение Linares-Unamunzaga [8]

$$UCS_{90} = p_1(UCS_7) + p_2 \quad (4)$$

где:

$p_1, p_2$  — параметры регрессии 0,763 и 2,95 соответственно;

$UCS_{90}$  — прочность на сжатие в момент времени  $t$ .

Укрепление цементом глинистых грунтов. Уравнение [8]

$$q_u = A/B \left( s - \frac{w}{c} \right) \quad (5)$$

где:

$s - \frac{w}{c}$  — параметр соотношения грунт-вода-цемент;

$A$  и  $B$  — параметры, зависящие от типа глинистого минерала, времени твердения, числа пластичности.

$$A_7 = 5907/I_p^{0,287}$$

$$A_{14} = 7999/I_p^{0,284}$$

$$A_{28} = 10.465/I_p^{0,283}$$

$$B = 1,0304I_p^{0,0359}$$

Укрепление золой-уноса. Уравнение Horpibulsuk [9]

$$UCS(t) = p_1(UCS_{28}) + p_2(UCS_{28})(\ln(t)) \quad (6)$$

где:

$p_1, p_2$  — параметры регрессии 0,026 и 0,293 соответственно;

$UCS(t)$  — прочность на сжатие в момент времени  $t$ , которое выражается в днях.

Применение на практике этих уравнений затруднительно т.к. на процессы структурообразования и как следствие на конечную прочность на сжатие влияет много факторов: характеристики вяжущего материала, минералогия грунта, число пластичности, значение оптимальной влажности и др. Прогнозирование конечных свойств укрепленных грунтов на основе применения золошлаковых отходов ТЭЦ еще более затруднительно т.к. на процессы структурообразования будет также влиять содержание в золошлаках оксидов кальция и магния, количество стекловидной фазы и др.

Поэтому авторы полагают, что прогнозирование конечных свойств грунтов, укрепленных на основе применения золошлаковых отходов ТЭЦ, должно осуществляться путем разработки моделей для каждого отдельно взятого золоовала.

#### **Методы исследования.**

Минералогический состав золошлаковой смеси приведен в табл. 1.

Таблица 1 - Минералогический состав золошлаковой смеси ТЭЦ

Наименование минерала	Содержание кристаллической фазы, %
Кварц	35
Муллит	15
Альбит + микроклин	10
Стеклофаза	50

Золошлаковые смеси можно рассматривать как техногенный грунт. Отбор проб золошлаковой смеси произведен с золоотвала Воронежской ТЭЦ (рис. 1).

Определение физико-механических характеристик пробы золошлаковой смеси выполнено стандартными методами ГОСТ.

В качестве вяжущих материалов использованы известь и портландцемент.

Для приготовления смеси укрепленного грунта в сухой грунт добавлялось неорганическое вяжущее, после тщательного перемешивания добавлялась вода для обеспечения влажности смеси, соответствующей значению оптимальной влажности, и опять проводилось перемешивание.

Твердение изготовленных образцов в нормальных условиях осуществлялось при температуре  $20 \pm 2$  °С и относительной влажности воздуха  $95 \pm 5$  %.

Для анализа результатов набора прочности использована качественная характеристика укрепленного грунта - прочность на сжатие образцов.

Определение прочности на сжатие проведено на гидравлическом прессе. Образцы нагружались до разрушения при постоянной скорости нарастания нагрузки 0,6 МПа/с.



Рисунок 1 - Отбор проб золошлаковой смеси

### Результаты

Результаты определения физико-механических характеристик золошлаковой смеси ТЭЦ приведены в табл. 2.

Таблица 2 - Физико-механические характеристики проб золошлаковой смеси

Наименование показателя	Нормативно-техническая документация	Результаты
Классификация	ГОСТ 25100	песок гравелистый
Содержание частиц <0,002 мм, %	не нормируется	5,00
Тип золошлаковой смеси	ОДМ 218.2.031	среднезернистый
Полный остаток на сите № 008, %		39,7
Удельная поверхность, м <sup>2</sup> /кг		247,4
Потери массы при прокаливании, %	ОДМ 218.2.031	1,13
Содержание горючих веществ (Гор)		низкое
Относительная деформация морозного пучения, д.е	ОДМ 218.2.031	0,0015-0,028
		практически непучинистый
рН	не нормируется	9,71
Набухание	ГОСТ 25100	0
Насыпная плотность, кг/м <sup>3</sup>	не нормируется	1000,29
Максимальная плотность, г/см <sup>3</sup>	не нормируется	1,58
Оптимальная влажность, %	не нормируется	11,97
Коэффициент фильтрации при максимальной плотности, м/сут	не нормируется	0,03
Модуль деформации, МПа	не нормируется	2,47
Угол внутреннего трения, °	не нормируется	1,49
Истинная плотность, г/см <sup>3</sup>	не нормируется	60,3

Гранулометрический состав золошлаковой смеси приведен в табл. 3.

Таблица 3 - Гранулометрический состав золошлаковой смеси

Размер сит, мм	20	10	5	2	1	0,5	0,25	0,1	< 0,1	10
Частные остатки, г	0,00	110,40	168,95	326,32	550,58	204,62	103,86	194,49	341,31	110,40
Частные остатки, %	0,00	5,52	8,45	16,31	27,52	10,23	5,19	9,72	17,06	5,52
Полные остатки, %	0,00	5,52	13,96	30,28	57,80	68,03	73,22	82,94	100,00	5,52
Полные проходы, %	100,0	94,48	86,04	69,72	42,20	31,97	26,78	17,06	0,00	94,48

График зависимости прочности на сжатие золошлаковой смеси, укрепленной известью, от содержания извести приведен на рис. 2.

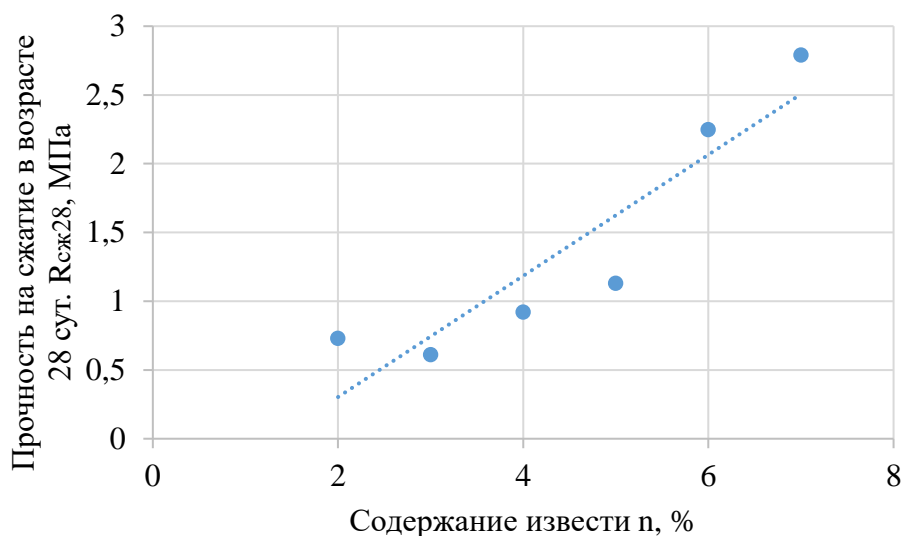


Рисунок 2 - График зависимости прочности на сжатие золошлаковой смеси, укрепленной известью, от содержания извести

На основе полученных результатов построена регрессионная модель

$$R_{сж28} = 0,441n - 0,578 \quad (7)$$

где:

0,441 и 0,578 — параметры регрессии;  
 $n$  — содержание извести, %.

График зависимости прочности на сжатие золошлаковой смеси, укрепленной портландцементом, от содержания портландцемента приведен на рис. 3.

На основе полученных результатов построена регрессионная модель

$$R_{сж7} = 4,069n - 0,212 \quad (8)$$

где 4,069 и 0,212 – параметры регрессии;  
 $n$  – содержание портландцемента, %

### Выводы

Прогнозирование конечных свойств грунтов, укрепленных неорганическими вяжущими материалами на основе золошлаковых отходов ТЭЦ, является важным инструментом в проектировании составов укрепленных грунтов т.к. позволяет снизить трудоемкость работ в дорожных лабораториях.

Получение наиболее точных прогнозных значений прочности на сжатие золошлаковых смесей, укрепленных неорганическими вяжущими материалами, возможно путем построения математических моделей для каждого отдельно взятого золоотвала.

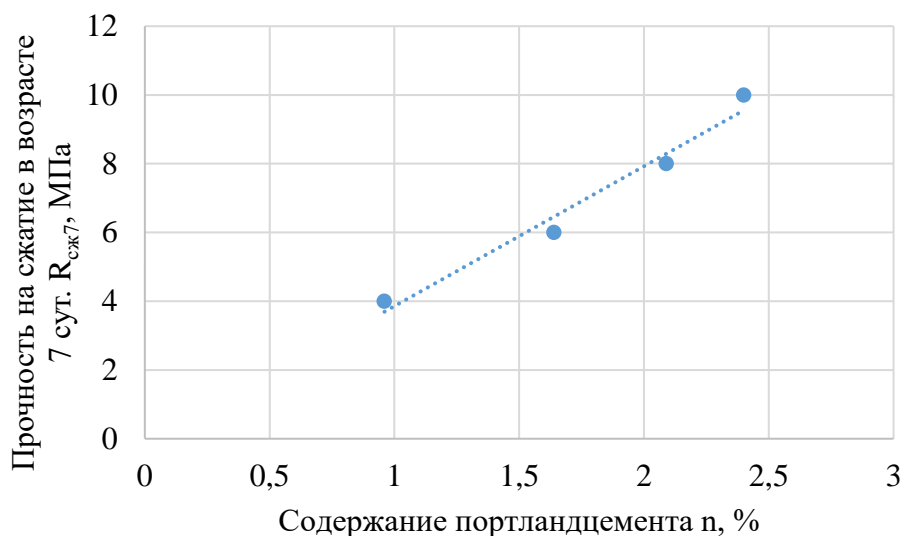


Рисунок 3. График зависимости прочности на сжатие золошлаковой смеси, укрепленной портландцементом, от содержания портландцемента

### Список литературы

1. Лунёв А.А., Явинский А.В. Несущая способность инертных золошлаковых смесей различного генезиса // Вестник ПНИПУ. Строительство и архитектура. – 2021. – №2.
2. Применение зол и золошлаковых отходов в строительстве / Н.И. Ватин, Д.В. Петросов, А.И. Калачев, П. Лахтинен // Инженерно-строительный журнал. – 2011. – № 4. – С.16-21.
3. Подольский В.П., Нгуен В.Л., Нгуен Д.Ш. О возможности расширения ресурсной базы дорожного строительства за счет стабилизации и укрепления грунтов // Научный вестник Воронежского ГАСУ. Строительство и архитектура. – 2014. – № 1 (33). – С. 102.
4. Золотова И.Ю. Бенчмаркинг зарубежного опыта утилизации продуктов сжигания твердого топлива угольных ТЭС // Инновации и инвестиции. – 2020. – № 7.
5. Wen H., Muhunthan B., Wang J., Li X., Edil T., Tinjum J. Characterization of cementitiously stabilized layers for use in pavement design and analysis // NCHRP Rep. – 2014. – 789. – P. 73.
6. Lim S., Zollinger D.G. Estimation of the compressive strength and modulus of elasticity of cement-treated aggregate base materials // Transp. Res. Rec. – 2003. – 1837 (1). – Pp. 30-38.
7. Linares A. Metodología Para el Avance en la Caracterización del Suelocemento de Aplicación en Firmes Semirrígidos // Universidad de Burgos, Burgos, Spain. —2015.
8. Varner R.L. Variability of Cement-Treated Layers in MDOT Road Projects, Publication FHWA/MS-DOT-RD-11-227. – 2011.
9. Sukmak G., Sukmak P., Horpibulsu S., Arulrajah A., Horpibulsuk J. Generalized strength prediction equation for cement stabilized clayey soils // Applied Clay Science. – 2023. – P. 231.

## References

1. Lunev A.A., Yavinsky A.V. Bearing capacity of inert ash and slag mixtures of various genesis // Bulletin of PNRPU. Construction and architecture. – 2021. – №2.
2. Vatin N.I. The use of ash and ash and slag waste in construction / N.I. Vatin, D.V. Petrosov, A.I. Kalachev, P. Lakhtinen // Civil Engineering Journal. – 2011. – No. 4. – pp.16-21.
3. Podolsky V. P., Nguyen V.L., Nguyen D.S. On the possibility of expanding the resource base of road construction by stabilizing and strengthening soils // Scientific Bulletin of Voronezh GASU. Construction and architecture. – 2014. – No. 1 (33). – p. 102.
4. Zolotova I.Y. Benchmarking of foreign experience in utilization of solid fuel combustion products of coal-fired thermal power plants // Innovations and investments. – 2020. – №7.
5. Wen H., Muhunthan B., Wang J., Li X., Edil T., Tinjum J. Characterization of cementitiously stabilized layers for use in pavement design and analysis // NCHRP Rep. – 2014. – 789. – P. 73.
6. Lim S., Zollinger D.G. Estimation of the compressive strength and modulus of elasticity of cement-treated aggregate base materials // Transp. Res. Rec. – 2003. – 1837 (1). – Pp. 30-38.
7. Linares A. Metodología Para el Avance en la Caracterización del Suelocemento de Aplicación en Firmes Semirrígidos // Universidad de Burgos, Burgos, Spain. —2015.
8. Varner R.L. Variability of Cement-Treated Layers in MDOT Road Projects, Publication FHWA/MS-DOT-RD-11-227. – 2011.
9. Sukmak G., Sukmak P., Horpibulsu S., Arulrajah A., Horpibulsuk J. Generalized strength prediction equation for cement stabilized clayey soils // Applied Clay Science. – 2023. – P. 231.



DOI: 10.58168/CIRCULAR2024\_224-236

УДК 625.765

**РЕЗУЛЬТАТ ПРИМЕНЕНИЯ RAP ТЕХНОЛОГИИ В РАМКАХ РЕАЛИЗАЦИИ  
ОБЪЕКТА «КАПИТАЛЬНЫЙ РЕМОНТ АВТОМОБИЛЬНОЙ ДОРОГИ Р-280  
«НОВОРОССИЯ» РОСТОВ-НА-ДОНУ – МАРИУПОЛЬ – МЕЛИТОПОЛЬ –  
СИМФЕРОПОЛЬ НА УЧАСТКЕ КМ 156+000 – КМ 162+100, ДОНЕЦКАЯ НАРОДНАЯ  
РЕСПУБЛИКА». АНАЛИЗ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ RAP ТЕХНОЛОГИИ  
В СТРОИТЕЛЬСТВЕ ЛЕСОВОЗНЫХ ДОРОГ НА БАЗЕ ПОЛУЧЕННЫХ  
РЕЗУЛЬТАТОВ**

RESULT OF APPLICATION OF RAP TECHNOLOGY WITHIN THE FRAMEWORK  
OF IMPLEMENTATION OF THE OBJECT "MAJOR REPAIR OF THE R-280 "NEWRUSSIA"  
ROSTOV-ON-DON – MARIUPOL – MELITOPOL – SIMFEROPOL AT THE SECTION  
KM 156+000 – KM 162+100, DONETSK PEOPLE'S REPUBLIC." ANALYSIS OF THE USE  
OF RAP TECHNOLOGY IN THE CONSTRUCTION OF TIMBER ROADS  
BASED ON THE RESULTS OBTAINED

**Мануковский А.Ю.**, профессор, доктор технических наук, доцент ФГБОУ ВО «Воронежский государственный лесотехнический университет имени Г.Ф. Морозова», Воронеж, Россия.

**Курдюков Д.П.**, аспирант ФГБОУ ВО «Воронежский государственный лесотехнический университет имени Г.Ф. Морозова», Воронеж, Россия.

**Курдюков Р.П.**, аспирант ФГБОУ ВО «Воронежский государственный лесотехнический университет имени Г.Ф. Морозова», Воронеж, Россия.

**Шамарин Н.И.**, аспирант ФГБОУ ВО «Воронежский государственный лесотехнический университет имени Г.Ф. Морозова», Воронеж, Россия.

**Воротников Д.А.**, магистр ФГБОУ ВО «Воронежский государственный лесотехнический университет имени Г.Ф. Морозова», Воронеж, Россия.

**Manukovsky A.Y.**, professor, Doctor of Technical Sciences, Associate Professor, Voronezh State University of Forestry and Technologies named after G.F. Morozov, Voronezh, Russia.

**Kurdyukov D.P.**, postgraduate student, Voronezh State University of Forestry and Technologies named after G.F. Morozov, Voronezh, Russia.

**Kurdyukov R.P.**, postgraduate student, Voronezh State University of Forestry and Technologies named after G.F. Morozov, Voronezh, Russia.

**Shamarin N.I.**, postgraduate student, Voronezh State University of Forestry and Technologies named after G.F. Morozov, Voronezh, Russia.

**Vorotnikov D.A.**, master's student, Voronezh State University of Forestry and Technologies named after G.F. Morozov, Voronezh, Russia.

**Аннотация:** В данной статье рассматривается применения RAP технологий в рамках реализации объекта "Капитальный ремонт автомобильной дороги Р-280 «Новороссия» Ростов-на-Дону – Мариуполь – Мелитополь – Симферополь на участке км 156+000 – 162+100,

Донецкая Народная Республика". Анализ использования RAP технологии в строительстве лесовозных дорог на базе полученных результатов.

**Abstract:** This article discusses the application of RAP technologies within the framework of the implementation of the project "Major repairs of the R-280 " «NEWRUSSIA» highway Rostov-on-Don - Mariupol - Melitopol - Simferopol on the section km 156+000 - 162+100, Donetsk People's Republic". Analysis of the use of RAP technology in the construction of logging roads based on the results obtained.

**Ключевые слова:** RAP технологии, холодная регенерация асфальтобетона, асфальтогранулят, асфальтогранулобетонная смесь, асфальтогранулобетон.

**Keywords:** RAP technologies, cold regeneration of asphalt concrete, granulated asphalt, asphalt granuloconcrete mixture, asphalt granuloconcrete

В реализации объекта жизненного цикла «Капитального ремонта автомобильной дороги Р-280 «Новороссия» Ростов-на-Дону – Мариуполь – Мелитополь – Симферополь на участке км 156+000 – 162+100, Донецкая Народная Республика» в соответствии с требованиями Технического задания на выполнение проектно-изыскательских работ по рассматриваемому объекту произведены восьмичасовые замеры интенсивности движения.

Полученные значения интенсивности движения на 2023 год на участке находятся в интервале от 7629 до 12 650 автомобилей в сутки. Среднее значение интенсивности движения в обоих направлениях составило 9 643 автомобилей в сутки, из них:

- грузовые – 3 989 автомобилей в сутки (41,4 %);
- легковые – 5 614 автомобиля в сутки (58,2 %);
- автобусы – 40 автомобилей в сутки (0,4 %).

Общая интенсивность в приведенных единицах на 2048 год на умеренно-оптимистичный сценарий развития экономики (с учетом межремонтного срока 24 года с момента ввода в эксплуатацию) составляет 26 460 авт./сут, что соответствует нормам II категории (т. 5.11 СП 34.13330.2021). Из этого следует, что на данном участке автомобильной дороги необходимо увеличение числа полос с двух до четырёх. Из чего следует необходимость разработки с последующей реализацией более экономически выгодных технологий восстановления и при необходимости усиления асфальтобетонного покрытия.

На капитальном ремонте автомобильной дороги Р-280 «Новороссия» было принято решение внедрения технологий с повторным применением существующего покрытия асфальтобетонной дороги таких как RAP-технологии с холодной фрезой (ресайклинг).

RAP-технология позволяет полноценно повторно использовать материал существующего покрытия в конструкции дорожной одежды и исключить появление отраженного трещино-образования на поверхности новых слоев покрытия, характерного для стандартных методов усиления существующего покрытия асфальтобетонными слоями.

В зависимости, от того, какой асфальтобетон будет подвергнут холодному фрезерованию можно определить какой асфальтобетонный гранулят можно получить после прохода дорожной фрезы (табл. 2).



НАИМЕНОВАНИЕ ПЕРЕГОНОВ	ФОРМУЛА РАСЧЕТА	Грузовое движение										Итого интенсивность движения автомобилей всех видов в сутки.	Приведенная к лег. а/м интенсивность движения, авт./сут.		
		в т.ч. по грузоподъемности												Пассажирское движение	
		Одиночные			Прицепные			Седельные							
		2-х осные	3-х осные	4-х осные	4-х осные (2+2)	5-х осные (3+2)	4-х осные (2+2)	5-ти осные (2+3)	5-ти осные (3+2)	6-ти осные (3+3)	>7 осей				легковые автомобили
НТ-КТ	$N_{2026r} * q^{(24+1)}$	1191	873	270	33	274	141	4579	139	1463	155	11174	127	20419	26460

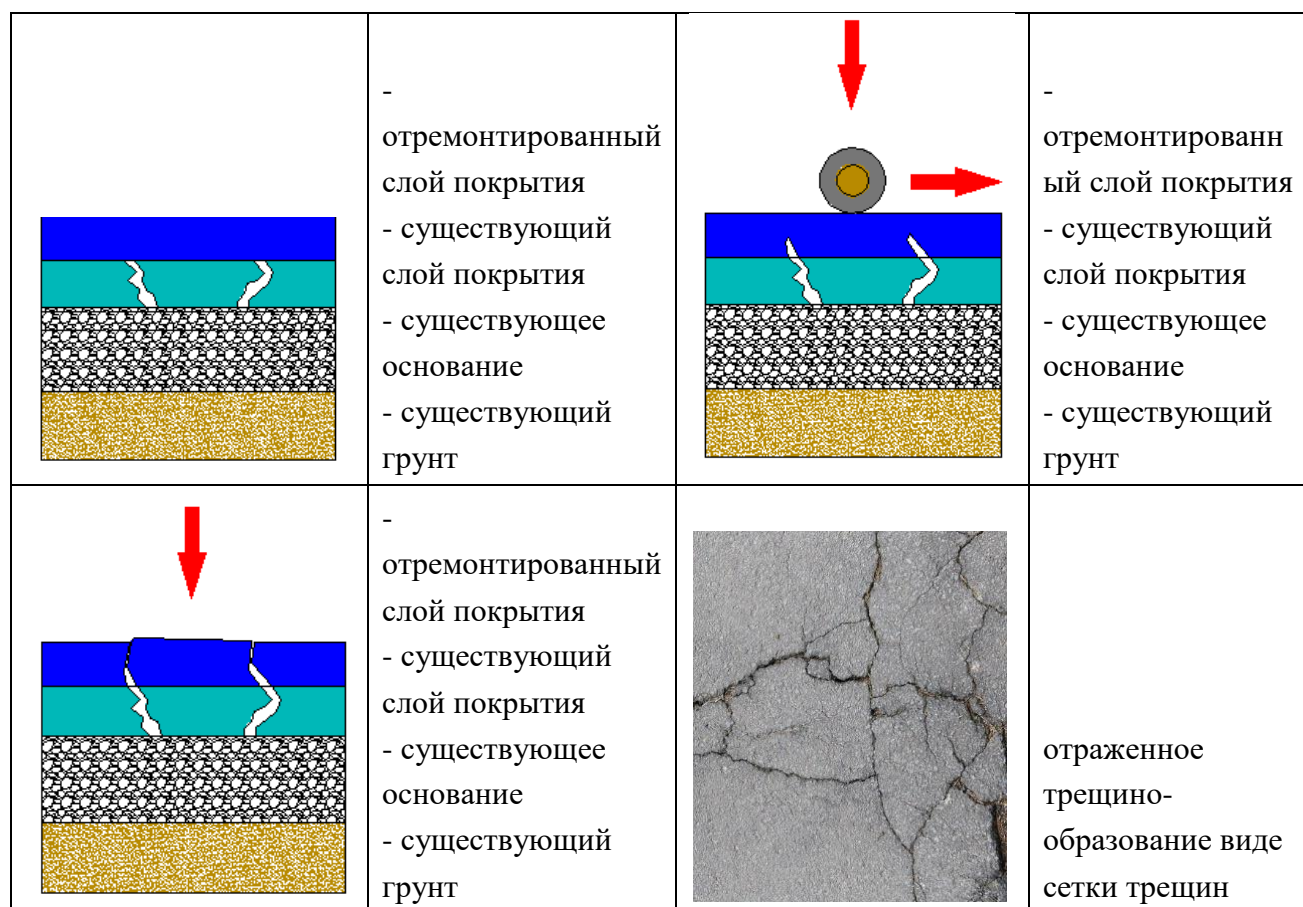


Рисунок 1 - Появление отраженного трещинообразования на поверхности новых слоев покрытия при классическом усилении асфальтобетонного покрытия

Таблица 2 - Определение размера частиц асфальтобетонного гранулята

Асфальтобетонная смесь	Размер частиц
Крупнозернистая смесь	От 20,0-40,0 мм
Мелкозернистая смесь	От 5,0-20,0 мм
Щебеночно-мастичная смесь:	
- ЩМА 22	От 16,0-22,4 мм
- ЩМА 16	От 11,2-16,0 мм
- ЩМА 11	От 8,0-11,2 мм
- ЩМА 8	До 8,0 мм

RAP-технология асфальтобетонного покрытия включает в себя следующие операции:

а. фрезирование существующего покрытия с получением асфальтобетонного гранулята (получение гранулята возможно при дроблении асфальтобетонного лома, при этом гранулометрический состав асфальтобетонна нарушается, ввиду разрушения частиц его скелетного материала);

б. приготовление асфальтогранулобетонной смеси с существующим гранулятом. Асфальтогранулобетонная смесь включает в себя добавление вяжущего материала (в зависимости от типа, принимаемого в асфальтогранулобетонной смеси) и добавлением асфальтобетонного гранулята (при необходимости добавляется каменный материал большей фракции) с смешением данных компонентов на месте. (рисунок 2).

Так же RAP-технология может быть произведена в асфальтобетонном заводе или в мобильной передвижной смесительной установке (транспортировка асфальтобетонного производится в отвалы откуда материал увозится на асфальтобетонный завод или сразу обрабатывается и сбрасывается в смеситель принудительного действия, или на месте с помощью ресайклера).

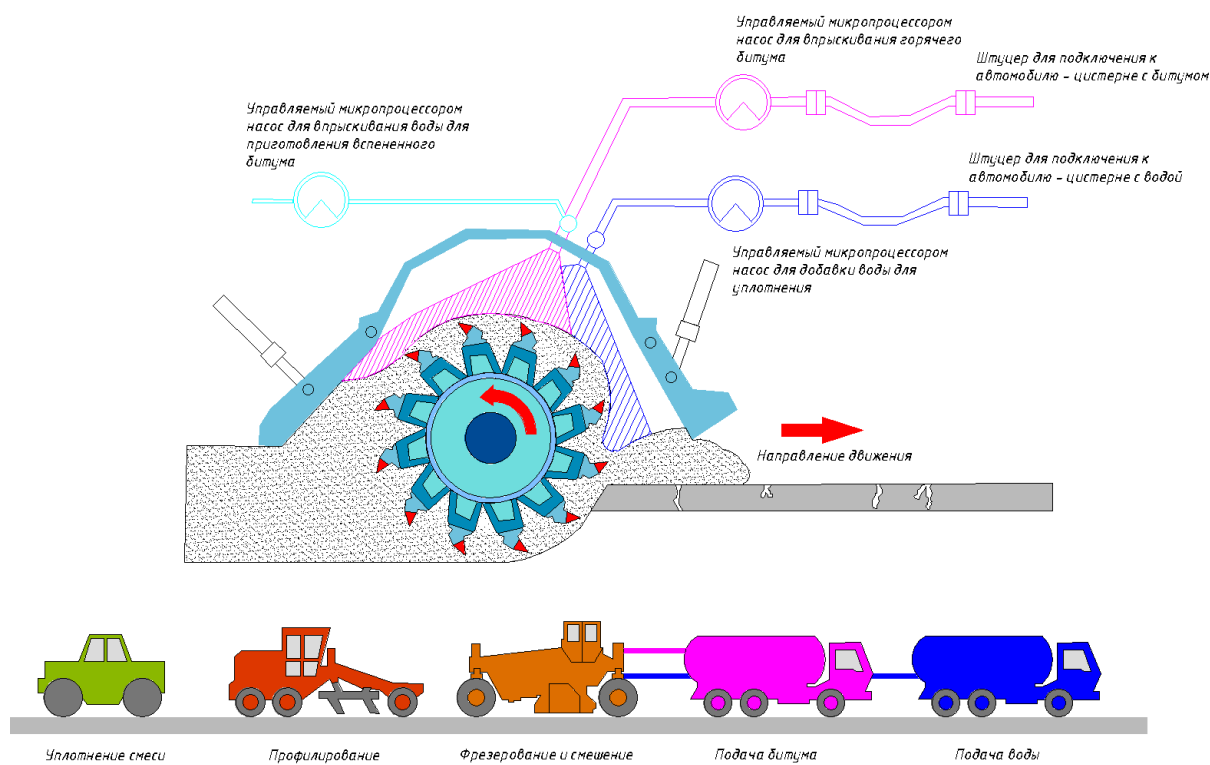


Рисунок 2 - Схема работы фрезы при фрезеровании асфальтобетонного покрытия

Автомобильные дороги имеют прямое предназначение - передвижение по ним транспортных средств. Количество легковых, грузовых и пассажирских автомобилей которые передвигаются по конкретной дороге, определяются требованиями к геометрии плана трассы, поперечного и продольного профиля, а также и конструкции дорожной одежды.

Для устройства требуемой дорожной одежды главными характеристиками является будущая интенсивность транспортного потока которые позволяют определить частоту нагрузок и величину на поверхности дороги, которые ожидаются в течении прогнозируемого срока службы.

Приведенная интенсивность движения к возрастанию расчетной нагрузки на полосу движения определяется по формуле:

$$N_p = f_{\text{пол}} \sum_{i=1}^n N_i K_i ; \quad (1)$$

где  $f_{\text{пол}}$  – коэффициент распределения интенсивностей движения для самой нагруженной полосы движения;

$N_i$  – число автомобилей  $i$ -ой марки в одном или обоих направлениях на конец срока службы дорожной одежды, авт/сут;

$K_i$  – коэффициент приведения воздействия на дорожную одежду транспортного средства  $i$ -ой марки с нагрузкой на колесо к расчетной нагрузке.

Применительно к категориям дорог по СП 34.13330.2021.

Исходя из выше представленных методики расчета  $N_p$  и распределений интенсивности движения автомобилей по категориям автомобильной дороги (табл. 3).

Таблица 3 - Приведенные интенсивности движения автомобилей по категориям автомобильной дороги

Категория автомобильной дороги	I	II	III	IV	V
$N_p$ , авт/сут.	10404.90	7180.68	3280.89	1018.40	103.70

Расчет приведенной интенсивности к расчетной нагрузке на 1- вый год службы для I категории автомобильной дороги:

$$N_i = Nm * Sm = 4101*1.000 + 559*1.300 + 537*1.400 + 279*1.600 + 793*1.800 + 764*2.000 + 107*2.500 = 9248.80 \text{ авт/сут}$$

Расчет приведенной интенсивности к расчетной нагрузке на последний год службы с учетом коэффициента полосности для I категории автомобильной дороги:

$$N_p = f_{\text{пол}} \sum_{i=1}^n N_i K_i = 0.45 * 9248.80 * 1.040^{24-1} = 10404.90 \text{ авт/сут.}$$

Расчет приведенной интенсивности к расчетной нагрузке на 1- вый год службы для II категории автомобильной дороги:

$$N_i = Nm * Sm = 2871*1.000 + 391*1.300 + 376*1.400 + 195*1.600 + 555*1.800 + 535*2.000 + 75*2.500 = 6474.20 \text{ авт/сут}$$

Расчет приведенной интенсивности к расчетной нагрузке на последний год службы с учетом коэффициента полосности II категории автомобильной дороги:

$$N_p = f_{\text{пол}} \sum_{i=1}^n N_i K_i = 0.45 * 6474.20 * 1.040^{24-1} = 7180.68 \text{ авт/сут.}$$

Расчет приведенной интенсивности к расчетной нагрузке на 1- вый год службы для III категории автомобильной дороги:

$$N_i = Nm * Sm = 1312*1.000 + 179*1.300 + 172*1.400 + 89*1.600 + 254*1.800 + 244*2.000 + 34*2.500 = 2958.10 \text{ авт/сут}$$

Расчет приведенной интенсивности к расчетной нагрузке на последний год службы с учетом коэффициента полосности для III категории автомобильной дороги:

$$N_p = f_{\text{пол}} \sum_{i=1}^n N_i K_i = 0.45 * 2958.10 * 1.040^{24-1} = 3280.89 \text{ авт/сут.}$$

Расчет приведенной интенсивности к расчетной нагрузке на 1- вый год службы для IV категории автомобильной дороги:

$$N_i = Nm * Sm = 406*1.000 + 55*1.300 + 53*1.400 + 28*1.600 + 79*1.800 + 76*2.000 + 11*2.500 = 918.20 \text{ авт/сут.}$$

Расчет приведенной интенсивности к расчетной нагрузке на последний год службы с учетом коэффициента полосности для IV категории автомобильной дороги:

$$N_p = f_{\text{пол}} \sum_{i=1}^n N_i K_i = 0.45 * 918.20 * 1.040^{24-1} = 1018.40 \text{ авт/сут.}$$

Расчет приведенной интенсивности к расчетной нагрузке на 1- вый год службы для V категории автомобильной дороги:

$$N_i = Nm * Sm = 41*1.000 + 6*1.300 + 5*1.400 + 3*1.600 + 8*1.800 + 8*2.000 + 1*2.500 = 93.50 \text{ авт/сут.}$$

Расчет приведенной интенсивности к расчетной нагрузке на последний год службы с учетом коэффициента полосности для V категории автомобильной дороги:

$$N_p = f_{\text{пол}} \sum_{i=1}^n N_i K_i = 0.45 * 93.50 * 1.040^{24-1} = 103.70 \text{ авт/сут.}$$

Применительно к категориям дорог по СП 288.1325800.2016.

Исходя из выше представленных методики расчета  $N_p$  и распределений интенсивности движения автомобилей по категориям автомобильной дороги (табл. 4).

Таблица 4 - Приведенные интенсивности движения автомобилей по категориям автомобильной дороги

Категория автомобильной дороги	I-ЛВ	II-ЛВ	III-ЛВ	IV-ЛВ	IV-ЛВ-л	III-ЛВ-з	IV-ЛВ-з
$N_p$ , авт/сут.	906.81	663.25	463.16	223.59	113.13	125.21	98.49

Расчет приведенной интенсивности к расчетной нагрузке на 1- вый год службы для I-ЛВ категории автомобильной дороги:

$$N_i = Nm * Sm = 247*1.800 + 109*2.000 + 62*2.500 = 817.6 \text{ авт/сут}$$

Расчет приведенной интенсивности к расчетной нагрузке на последний год службы с учетом коэффициента полосности для I-ЛВ категории автомобильной дороги:

$$N_p = f_{\text{пол}} \sum_{i=1}^n N_i K_i = 0.45 * 817.6 * 1.040^{24-1} = 906.81 \text{ авт/сут.}$$

Расчет приведенной интенсивности к расчетной нагрузке на 1- вый год службы для II-ЛВ категории автомобильной дороги:

$$N_i = Nm * Sm = 175*1.800 + 89*2.000 + 42*2.500 = 598.00 \text{ авт/сут}$$

Расчет приведенной интенсивности к расчетной нагрузке на последний год службы с учетом коэффициента полосности II-ЛВ категории автомобильной дороги:

$$N_p = f_{\text{пол}} \sum_{i=1}^n N_i K_i = 0.45 * 598.00 * 1.040^{24-1} = 663.25 \text{ авт/сут.}$$

Расчет приведенной интенсивности к расчетной нагрузке на 1- вый год службы для III-ЛВ категории автомобильной дороги:

$$N_i = Nm * Sm = 122*1.800 + 59*2.000 + 32*2.500 = 417.60 \text{ авт/сут}$$

Расчет приведенной интенсивности к расчетной нагрузке на последний год службы с учетом коэффициента полосности для III-ЛВ категории автомобильной дороги:

$$N_p = f_{\text{пол}} \sum_{i=1}^n N_i K_i = 0.45 * 417.60 * 1.040^{24-1} = 463.16 \text{ авт/сут.}$$

Расчет приведенной интенсивности к расчетной нагрузке на 1- вый год службы для IV-ЛВ категории автомобильной дороги:



$$N_i = N_m * S_m = 57 * 1.800 + 27 * 2.000 + 18 * 2.500 = 201.60 \text{ авт/сут}$$

Расчет приведенной интенсивности к расчетной нагрузке на последний год службы с учетом коэффициента полосности для IV-ЛВ категории автомобильной дороги:

$$N_p = f_{\text{пол}} \sum_{i=1}^n N_i K_i = 0.45 * 201.60 * 1.040^{24-1} = 223.59 \text{ авт/сут.}$$

Расчет приведенной интенсивности к расчетной нагрузке на 1-ый год службы для IV-ЛВ-л категории автомобильной дороги:

$$N_i = N_m * S_m = 25 * 1.800 + 16 * 2.000 + 10 * 2.500 = 102.00 \text{ авт/сут}$$

Расчет приведенной интенсивности к расчетной нагрузке на последний год службы с учетом коэффициента полосности для IV-ЛВ-л категории автомобильной дороги:

$$N_p = f_{\text{пол}} \sum_{i=1}^n N_i K_i = 0.45 * 102.00 * 1.040^{24-1} = 113.13 \text{ авт/сут.}$$

Расчет приведенной интенсивности к расчетной нагрузке на 1-ый год службы для III-ЛВ-л категории автомобильной дороги:

$$N_i = N_m * S_m = 28 * 1.800 + 15 * 2.000 + 13 * 2.500 = 112.90 \text{ авт/сут}$$

Расчет приведенной интенсивности к расчетной нагрузке на последний год службы с учетом коэффициента полосности для III-ЛВ-л категории автомобильной дороги:

$$N_p = f_{\text{пол}} \sum_{i=1}^n N_i K_i = 0.45 * 112.90 * 1.040^{24-1} = 125.21 \text{ авт/сут.}$$

Расчет приведенной интенсивности к расчетной нагрузке на 1-ый год службы для IV-ЛВ-з категории автомобильной дороги:

$$N_i = N_m * S_m = 21 * 1.800 + 13 * 2.000 + 10 * 2.500 = 88.80 \text{ авт/сут}$$

Расчет приведенной интенсивности к расчетной нагрузке на последний год службы с учетом коэффициента полосности для IV-ЛВ-з категории автомобильной дороги:

$$N_p = f_{\text{пол}} \sum_{i=1}^n N_i K_i = 0.45 * 88.80 * 1.040^{24-1} = 98.49 \text{ авт/сут.}$$

Дорожная одежда подвергается воздействию разрушающих сил, главными источниками которых является окружающая среда и транспортные средства. Данные силы непрерывно со временем разрушают дорожную одежду и нарушают комфорт передвижения транспортных средств по автомобильной дороге.

Асфальтобетонное покрытие является связным звеном между дорожной одеждой и движущимися по дороге транспортными средствами и окружающей средой.

Дорожная одежда — это конструктивный элемент автомобильной дороги воспринимающий нагрузку от транспортных средств и передающий ее на земляное полотно. Дорожная одежда состоит из нескольких различных материалов с разными прочностными свойствами, при этом задачей каждого слоя является распределение нагрузки по все большей площади в направлении сверху вниз. Высокую нагрузку испытывают слои в верхней части по сравнению с нижними слоями дорожной одежды и поэтому для них должны использоваться более прочные материалы (рис. 4).



Рисунок 3 - Нагрузки транспорта на дорожную одежду

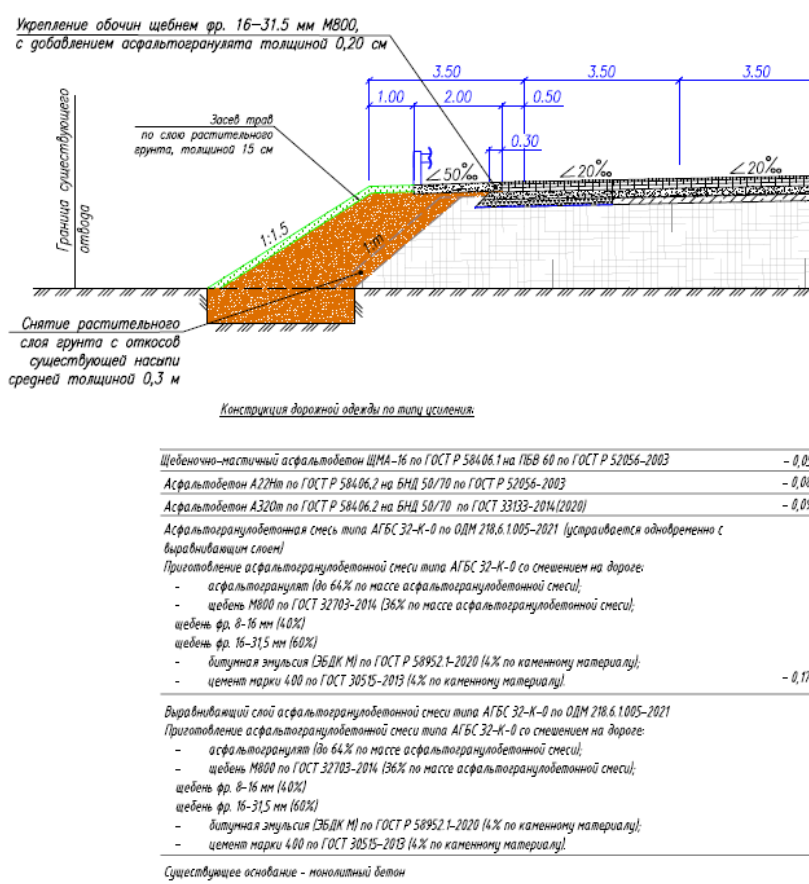


Рисунок 4 - Конструкция дорожной одежды

Три типа устройства неженских дорожных одежд:

- несвязанные (грунулированные) материалы, такие как щебень и природный гравий, передают воздействующие на них нагрузки через отдельные зерна. Трение между этими зернами сохраняет целостность несущей части дорожной одежды;
- связанные материалы, к числу которых относятся асфальтобетоны, или каменные материалы укрепленные вяжущим. При воздействии на поверхность такого слоя вертикальной

нагрузки в его верхней половине развиваются горизонтальные напряжения сжатия, в нижние напряжения растяжения;

- частично связанные материалы в качестве вяжущего содержит стабилизированные битумом материалы со вспененном битумом и битумной эмульсией, ведут себя подобно гранулированным материалам с таким же трением между зёрнами, но с повышенной связью между ними и с более высокой жесткостью.

На автомобильных дорогах с приведенной расчетной интенсивностью воздействия нагрузки должно быть больше 2000 ед./сут восстанавливаемый слой холодной регенерацией рассматривают как верхний слой основания, на который должно быть уложено асфальтобетонное покрытие в 2 слоя общей толщиной 9 - 10 см.

На дорогах с приведенной интенсивностью от 500 до 2000 ед./сут восстанавливаемый слой холодной регенерацией может быть уложено однослойное покрытие из плотного асфальтобетона толщиной 4 - 5 см.

На дорогах приведенной интенсивностью меньше или равной 500 ед./сут восстанавливаемый слой холодной регенерацией рассматривают в качестве слоя покрытия, на котором должна быть устроена поверхностная обработка.

Из расчета грузонапряженности и выше изложенного условия, асфальтогранулобетон может применяться в конструкции дорожной одежды на следующих категориях автомобильной дороги (табл. 5).

Таблица 5 - Расположение асфальтогранулобетона в конструкции дорожной одежды

Категория автомобильной дороги	Расположение асфальтогранулобетона в конструкции дорожной одежды.	Количество асфальтобетонных слоев
I	слой основания	3
II	слой основания	2
III	слой основания	2
IV(так же лесовозных автомобильных дорогах)	слой покрытия (при интенсивности движения до 500 авт/сут.); слой основания	1,2
V(так же лесовозных автомобильных дорогах)	слой покрытия, слой основания	1,2

В зависимости от категории автомобильной дороги и типа асфальтогранулобетонной смеси применяемого в конструкции дорожной одежды распределяются следующим образом (табл. 6).

Таблица 6 - Типы RAP смесей в конструкции дорожной одежды

Категория автомобильной дороги	Тип RAP материала в конструкции дорожной одежды
I	Тип К, тип М
II	Тип К, тип М, тип В, тип Э
III	Тип К, тип М, тип В, тип Э
IV(так же лесовозных автомобильных дорогах)	Тип В, тип Э, тип А
V(так же лесовозных автомобильных дорогах)	Тип А

### Выводы

В зависимости от условий проезда и доступа транспортных средств к автомобильным дорогам по интенсивности движения автомобилей в сутки подразделяются на автомагистрали, скоростные дороги, дороги общего пользования и лесовозные дороги. Отсюда следует, что на каждую категорию автомобильной дороги свое значение интенсивности движения автомобилей и конструкция дорожной одежды. В зависимости от категории автомобильной дороги с приведенной расчетной интенсивностью приложения грузовой нагрузки RAP-технология может быть применена, как в слое основания (как нижний слой основания, так и как верхний слой основания), так и в слое покрытия (как верхний слой покрытия на автомобильные дороги V категории и как нижний слой покрытия на IV категории автомобильной дороги) (табл. 2).

Провидя анализ материалов аналогов RAP-материала в конструкциях дорожной одежды на разных категориях автомобильных дорог в зависимости от конструктивного назначения (места расположения в конструкции дорожной одежды) и приближенного модуля упругости материалов подобранные под определенные типы RAP смеси (тип К и М равняются 1400 МПа, типы В, Э 1200 МПа и тип А равен 800 МПа) (табл. 3) определен наиболее подходящий гранулометрический состав асфальтогранулобетонных смесей.

Для лесовозных автомобильных дорог с переходным типом дорожной одежды (категория автомобильной дороги IV и V) требуется фракция скелетного материала от 5 до 40 мм.

Важно понимать, что гранулометрический состав отфрезерованного асфальтобетона всегда зависит от цели фрезерования. Если задача является отфрезеровать материал на 100% что бы получить максимальный качественный объем асфальтобетонного гарнулята, то крупность асфальтогранулята зависит от состояния и типа снимаемого асфальтобетона и характеристик фрезы.

Размер асфальтобетонного гранулята зависит от типа асфальтобетона и от выбранного фрезерного барабана (есо cutter (черновое фрезерование); стандартный фрезерной барабан; барабан для тонкого фрезерования и микрофрезерной барабан) в зависимости от количества режущих элементов от глубины фрезерования, от рабочих скоростей фрезерования (скорость вращения барабана и скорость движения фрезы) и самого состояния асфальтобетона (в зависимости от выраженных дефектов покрытия).

Только на IV и V категории автомобильной дороги и лесовозных дорог нет необходимости в добавлении дополнительного скелетного материала, во всех других случаях необходимо обязательное добавление фракции каменного материала большего размера.

В связи с чем следует отметить, что, используя имеющуюся на данный момент действующую нормативно-техническую документацию по применению RAP – технологии возможны значительные разночтения назначенного рецепта приготовления RAP-смеси (асфальтогранулобетонной смеси) на стадии проектирования и полученного в лабораторных условиях на стадии строительства с удорожанием ее приготовления.

### Список литературы

1. СП 34.13330.2021 Автомобильные дороги – М.: Госстрой России
2. СП 288.1325800.2016 Дороги лесные. Правила проектирования и строительства – М.: Минстрой России
3. Отраслевой дорожный методический документ.- Введ. от 27.06.2002г. Утверждено распоряжением Росавтодор № ОС-568-р -Москва - 2002. – 56 с. (Методические рекомендации по восстановлению асфальтобетонных покрытий и оснований автомобильных дорог способами холодной регенерации. Министерство транспорта Российской Федерации государственная служба дорожного хозяйства (РОСАВТОДОР)).
4. ОДМ 218.3.004-2010. Отраслевой дорожный методический документ. – Введ. от 11 января 2011г. N 8-р. - Москва: – 2011. - 40 с. (Методические рекомендации по термопрофилированию асфальтобетонных покрытий. Федерации государственная служба дорожного хозяйства (РОСАВТОДОР))
5. ГОСТ Р 59118.1–2020. Дороги автомобильные общего пользования ПЕРЕРАБОТАННЫЙ АСФАЛЬТОБЕТОН (RAP).

### References

1. SP 34.13330.2021 Highways – Moscow: Gosstroy of Russia
2. SP 288.1325800.2016 Forest roads. Rules of design and construction – Moscow: Ministry of Construction of Russia
3. Industry road guidance document.- Introduction. dated 06/27/2002 Approved by Order of Rosavtodor No. OS-568-r -Moscow - 2002. – 56 p. (Methodological recommendations for the restoration of asphalt concrete pavements and foundations of highways by cold regeneration methods. Ministry of Transport of the Russian Federation State Road Management Service (ROSAVTODOR)).
4. ODM 218.3.004-2010. An industry-specific road guidance document. – Introduction. from January 11, 2011. N 8-R. - Moscow: – 2011. - 40 p. (Methodological recommendations on thermal profiling of asphalt concrete pavements. Federal State Road Management Service (ROSAVTODOR)).
5. GOST R 59118.1—2020 Public roads RECYCLED ASPHALT CONCRETE (RAP).

DOI: 10.58168/CIRCULAR2024\_237-242  
УДК 630.181

**О НАПРАВЛЕНИЯХ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ КОНСТРУКЦИЙ  
БЕСПИЛОТНЫХ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ ПРИМЕНИТЕЛЬНО  
К ЛЕСНОМУ ХОЗЯЙСТВУ**

**ON DIRECTIONS FOR IMPROVING THE DESIGN OF UNMANNED AIRCRAFT  
VEHICLES IN APPLICATION TO FORESTRY**

**Матяев И.М.**, Военный учебно-научный центр Военно-воздушных сил «Военно-воздушная академия имени профессора Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина», Воронеж, Россия.

**Matyaev I.M.**, Military Educational and Scientific Center of the Air Force «Air Force Academy named after Professor N.E. Zhukovsky and Yu.A. Gagarin», Voronezh, Russia.

**Аннотация:** Беспилотные летательные аппараты являются современным техническим средством обеспечения своевременной и быстрой реакции на различные проблемы, возникающие в лесном хозяйстве. Указанные аппараты имеют ряд конструктивных особенностей, совершенствование которых позволяет повысить эффективность их применения. В статье рассматриваются вопросы совершенствования конструкций лесных дронов, отмечается перспективность расширения применения кевларового материала для лесохозяйственных беспилотных летательных аппаратов.

**Abstract:** Unmanned aerial vehicles are a modern technical means of ensuring timely and rapid response to various problems arising in forestry. These devices have a number of design features, the improvement of which makes it possible to increase the efficiency of their use. The article discusses issues of improving the designs of forest drones, and notes the prospects for expanding the use of Kevlar material for forestry unmanned aerial vehicles.

**Ключевые слова:** беспилотный летательный аппарат, совершенствование, конструкция, материал, применение.

**Keywords:** unmanned aerial vehicle, improvement, design, material, application.

Лесное хозяйство является той областью, где беспилотные летательные аппараты (БПЛА, иначе – дроны) могут использоваться для многих целей, связанных с управлением и охраной лесов [1, 2]. Например, дроны могут использоваться для мониторинга состояния лесов, обнаружения лесных пожаров, инвентаризации древостоев, выявления болезней и вредителей, а также для посева семян или распыления удобрений и химических веществ [3].

Беспилотные летательные аппараты имеют ряд конструктивных особенностей, совершенствование которых позволяет повысить эффективность их применения в лесном хозяйстве. К направлениям совершенствования конструкций лесных дронов (рис. 1) могут быть отнесены следующие: уменьшение массы беспилотного летательного аппарата,

увеличение прочности как всей конструкции, так и отдельных элементов дрона, повышение автономности его работы, обеспечение возможности навигации в условиях обилия лесной растительности [4, 5], повышение модульности БПЛА для решения различных задач лесного хозяйства, в том числе при тушении лесных пожаров (а именно увеличением огнестойкости), повышение ремонтпригодности дрона в «полевых» условиях.

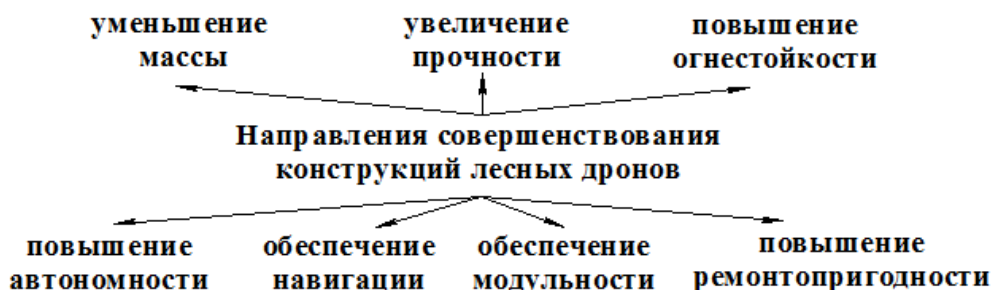


Рисунок 1 – Направления совершенствования конструкций лесохозяйственных дронов

Рассмотрим указанные направления более подробно, при этом отметим, что конструктивные решения для таких направлений совершенствования БПЛА, как уменьшение массы, увеличение прочности и повышение огнестойкости во многом связано с материалами, применяемыми в конструкции дрона. Важно отметить, что конкретные материалы, используемые для БПЛА, могут различаться в зависимости от их размера, назначения, конструкции и бюджета проекта. Производители БПЛА выбирают материалы, которые обеспечивают оптимальное сочетание прочности, легкости и стоимости для конкретной модели [6].

Достаточно традиционно беспилотные летательные аппараты (применяемые, в том числе, для целей лесного хозяйства) для обеспечения маневренности и долговечности (в данном случае – в условиях лесной среды) имеют легкую и прочную конструкцию. К некоторым из наиболее распространенных материалов, используемых для БПЛА, могут быть отнесены следующие:

1. Композитные материалы – волокна углерода, стекловолокно и арамидные волокна часто используются в качестве армирования для создания легких и прочных конструкций БПЛА.

2. Алюминий – этот легкий и прочный металл широко применяется в авиационной промышленности. Он может использоваться для создания каркаса или других структурных элементов БПЛА.

3. Пластик – легкий и долговечный пластик может быть использован для создания корпуса БПЛА. Для этой цели могут быть использованы такие материалы, как ABS, поликарбонат и полипропилен.

4. Титан – этот легкий и прочный металл может использоваться для создания крепежных элементов и других деталей БПЛА, требующих высокой прочности и стойкости к коррозии, традиционным недостатком которого является его высокая стоимость

Отдельно следует остановиться на кевларе. Этот арамидный материал обладает отличными прочностными свойствами, при этом кевларовые изделия очень легкие. Это позволяет создавать прочные конструкции для БПЛА, что в свою очередь способствует увеличению их эффективности и дальности полета над лесными площадями. При этом кевлар отличается гибкостью и склонностью к формообразованию: его можно легко формировать и адаптировать под различные формы и конструкции лесохозяйственного БПЛА, что позволяет создавать оптимальные дизайны и обеспечивать лучшую его аэродинамику.

Ввиду таких своих прочностных характеристик, как высокая прочность на растяжение и на изгиб, высокая устойчивость к ударам и вибрациям, низкая деформация при нагрузке и химическая стойкость примерами кевларовых материалов, которые могут использоваться в лесохозяйственных беспилотных летательных аппаратах, являются (рис. 2):



Рисунок 2 – Возможности применения кевларовых материалов в лесохозяйственных дронах

1. Кевларовые волокна – представляют собой высокопрочные и легкие материалы, которые могут быть использованы для усиления структурных элементов БПЛА, таких как крылья или фюзеляж, или создания защитных панелей.

2. Кевларовая ткань – изготавливается из кевларовых волокон, которые переплетены в тканевую структуру. Она может использоваться для создания прочных и легких оболочек или защитных покрытий.

3. Кевларовая пленка – представляет собой тонкий и гибкий материал, который может быть использован для создания защитных покрытий или оболочек, а также для электромагнитной защиты электроники БПЛА. Кевлар является электромагнитно прозрачным материалом, что означает, что он не создает помех для электроники и радиосвязи БПЛА. Это важно для обеспечения надежной связи и функционирования всех систем лесохозяйственного дрона.

4. Кевларовая лента – обладает высокой прочностью и может быть использована для усиления соединений или крепежных элементов в конструкции БПЛА.

5. Кевларовая панель – изготавливаются из слоев кевларовой ткани или пленки, склеенных вместе. Они могут использоваться для создания прочных и легких структурных элементов или защитных оболочек, которые обеспечивают защиту электроники от вибраций,



ударов и других внешних воздействий, в том числе от повреждений при авариях или жестких условий эксплуатации.

Отдельно следует выделить такое применение кевларового материала, как защита лесохозяйственного дрона от воздействия высоких температур. Кевлар обладает высокой огнестойкостью, поэтому может использоваться для создания защитных покрытий или оболочек, предотвращающих распространение огня непосредственно по самому дрону в случае его аварии или пожара, что повышает безопасность и надежность системы. Кевлар может выдерживать высокие температуры без расплавления или поддержания горения. Однако важно отметить, что при экстремальных условиях, таких как продолжительное воздействие высоких температур, кевлар может потерять свои свойства и стать менее эффективным в защите от огня.

В целом кевлар имеет следующие характеристики, связанные с огнестойкостью: высокая температурная стабильность (может выдерживать высокие температуры до 400...500 °С без расплавления или поддержания горения), самозатухание (перестает гореть после удаления источника огня. Это помогает предотвратить распространение пламени и уменьшить риск возгорания), низкое газовыделение (при нагревании выделяет очень малое количество газов, что снижает риск возникновения опасных химических реакций или взрывов), сохранение механических свойств (в условиях высоких температур сохраняет прочность и жесткость, что позволяет использовать его для защиты структурных элементов БПЛА от огня).

Огнестойкость беспилотного летательного аппарата для лесного хозяйства является важным критерием [7], учитывая потенциальную угрозу пожаров в лесистых районах. Вот несколько особенностей огнестойкости, которые могут быть важны при разработке БПЛА для работы в лесном хозяйстве (рис. 3):



Рисунок 3 – Направления совершенствования огнестойкости лесохозяйственных дронов

1. Использование огнестойкого материала для фюзеляжа и крыльев БПЛА может уменьшить вероятность возгорания при попадании искр или открытого пламени.

2. Важно предусмотреть теплозащитное покрытие, которое может уменьшить негативное воздействие высоких температур на электронику, аккумуляторы и другие чувствительные компоненты.

3. Разработка резервных систем питания, том числе для возможности аварийного возвращения к точке старта, могут повысить надежность системы в условиях пожаров.

4. Встроенные системы автоматического пожаротушения больших лесохозяйственных дронов могут быть интегрированы для быстрого реагирования на пожарные угрозы.

Таким образом, применение кевлара в беспилотной авиации лесного хозяйства позволяет уменьшить массу, увеличить прочность и повысить огнестойкость конструкции лесного дрона, что обеспечит повышение безопасности и надежности функционирования БПЛА в различных условиях эксплуатации.

*Работа выполнена под руководством доц. Платонова А.А.*

### Список литературы

1. Дорожкина А.О. Особенности применения БПЛА в лесном хозяйстве / А.О. Дорожкина, Е.С. Курьянов, С.А. Саенко // Актуальные проблемы лесного комплекса. – 2023. – № 64. – С. 44-47.

2. Аналитический обзор нормативно-правовых актов, регулирующих использование беспилотных летательных аппаратов в области лесного хозяйства / А.П. Богданов, А.Г. Волков, К.В. Шошина, Р.А. Алешко // Вестник Бурятской государственной сельскохозяйственной академии им. В.Р. Филиппова. – 2021. – № 4(65). – С. 172-179. – DOI 10.34655/bgsha.2021.65.4.023.

3. Скуднева О.В. Беспилотные летательные аппараты в системе лесного хозяйства России / О.В. Скуднева // Известия высших учебных заведений. Лесной журнал. – 2014. – № 6(342). – С. 150-154.

4. Платонов А.А. Оценка видового разнообразия растительности, произрастающей на территориях линейных инфраструктурных объектов Центральной России / А.А. Платонов // Лесотехнический журнал. – 2023. – Т. 13, № 1(49). – С. 180-193. – DOI 10.34220/issn.2222-7962/2023.1/12.

5. Платонов А.А. Комплексное управление лесной растительностью: этапы и перспективы развития / А.А. Платонов // Лесотехнический журнал. – 2023. – Т. 13, № 2(50). – С. 142-157. – DOI 10.34220/issn.2222-7962/2022.3/8.

6. Guimarães N. Forestry Remote Sensing from Unmanned Aerial Vehicles: A Review Focusing on the Data, Processing and Potentialities / N. Guimarães, L. Pádua, P. Marques et al // Remote Sens. 2020, 12, 1046. <https://doi.org/10.3390/rs12061046>

7. Fernández-Álvarez M. LiDAR-Based Wildfire Prevention in WUI: The Automatic Detection, Measurement and Evaluation of Forest Fuels / M. Fernández-Álvarez, J. Armesto, J. Picos // Forests, 2019, 10, 148.

## References

1. Dorozhkina A.O. Features of the use of UAVs in forestry / A.O. Dorozhkina, E.S. Kuryanov, S.A. Saenko // *Current problems of the forestry complex*. – 2023. – № 64. – pp. 44-47.
2. Analytical review of regulations governing the use of unmanned aerial vehicles in the field of forestry / A.P. Bogdanov, A.G. Volkov, K.V. Shoshina, R.A. Aleshko // *Bulletin of the Buryat State Agricultural Academy named after. V.R. Filippova*. – 2021. – № 4(65). – pp. 172-179. – DOI 10.34655/bgsha.2021.a 65.4.023.
3. Skudneva O.V. Unmanned aerial vehicles in the Russian forestry system / O.V. Skudneva // *News of higher educational institutions. Forest magazine*. – 2014. – № 6(342). – pp. 150-154.
4. Platonov A.A. Assessment of species diversity of vegetation growing in the territories of linear infrastructure facilities in Central Russia / A.A. Platonov // *Forestry Engineering Journal*. – 2023. – Vol. 13, № 1(49). – pp. 180-193. – DOI 10.34220/issn.2222-7962/2023.1/12
5. Platonov A.A. Integrated management of forest vegetation: stages and prospects of development / A.A. Platonov // *Forestry Engineering Journal*.. – 2023. – Vol. 13, № 2(50). – pp. 142-157. – DOI 10.34220/issn.2222-7962/2022.3/8.
6. Guimarães N. Forestry Remote Sensing from Unmanned Aerial Vehicles: A Review Focusing on the Data, Processing and Potentialities / N. Guimarães, L. Pádua, P. Marques et al // *Remote Sens*. 2020, 12, 1046. <https://doi.org/10.3390/rs12061046>
7. Fernández-Álvarez M. LiDAR-Based Wildfire Prevention in WUI: The Automatic Detection, Measurement and Evaluation of Forest Fuels / M. Fernández-Álvarez, J. Armesto, J. Picos // *Forests*, 2019, 10, 148.

**ВОПРОСЫ МОДЕРНИЗАЦИИ КОНСТРУКЦИЙ  
ЛЕСОХОЗЯЙСТВЕННЫХ ДРОНОВ**  
ISSUES OF MODERNIZATION OF FORESTRY DRONES STRUCTURES

**Матяев И.М., Татаренко И.Р.** Военный учебно-научный центр Военно-воздушных сил «Военно-воздушная академия имени профессора Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина», Воронеж, Россия. **Matyaev I.M., Tatarenko I.R.** Military Educational and Scientific Center of the Air Force «Air Force Academy named after Professor N.E. Zhukovsky and Yu.A. Gagarin», Voronezh, Russia.

**Аннотация:** Беспилотные летательные аппараты являются современным техническим средством обеспечения инвентаризации и мониторинга лесов, планирования лесозаготовок, предупреждения пожаров и своевременного на них реагирования. Для выполнения беспилотными аппаратами указанных задач конструкция непрерывно совершенствуется. В статье рассматриваются вопросы создания пожарных дронов, указывается на целесообразность повышения их модульности, отмечаются пути улучшения навигации дронов в условиях обильной лесной растительности.

**Abstract:** Unmanned aerial vehicles are a modern technical means of ensuring inventory and monitoring of forests, planning logging, preventing fires and responding to them in a timely manner. In order for unmanned vehicles to perform these tasks, the design is continuously being improved. The article discusses the issues of creating firefighting drones, points out the feasibility of increasing their modularity, and notes ways to improve the navigation of drones in conditions of abundant forest vegetation.

**Ключевые слова:** беспилотный летательный аппарат, совершенствование, конструкция, применение.

**Keywords:** unmanned aerial vehicle, improvement, design, application.

Современное лесное хозяйство трудно представить без вездесущих небольших и юрких беспилотных летательных аппаратов (БПЛА, иначе – дроны), которые могут использоваться при инвентаризации лесов (оценке запасов древесины, высоты деревьев и плотности полога), мониторинге состояния лесов (обнаружению угнетённых растений, повреждений вредителями и болезнями), планировании лесозаготовок (определении оптимальных зон вырубki и минимизация воздействия на окружающую среду), управлении пожарами (выявлении потенциальных зон возгорания и отслеживании распространения пожаров) и т.д. [1, 2].

Для успешного выполнения дронами вышеперечисленных задач их конструкторы и проектировщики должны предусмотреть в конструкциях лесохозяйственных беспилотных

летательных аппаратов соответствующие возможности, достижение которых позволит повысить эффективность их применения в лесном хозяйстве.

Одним из направлений совершенствования конструкций дронов [3] является повышение их огнестойкости путём применения для фюзеляжа, крыльев (при их наличии), несущих лопастей специальных термостойких материалов типа кевлар. Конкретные материалы, используемые для БПЛА, могут различаться в зависимости от их размера, назначения, конструкции и бюджета проекта. Производители БПЛА выбирают материалы, которые обеспечивают оптимальное сочетание прочности, легкости и стоимости для конкретной модели.

Те не менее, расширение применения в конструкциях БПЛА термостойких материалов позволяет создавать лесохозяйственные беспилотные летательные аппараты, назначением которых является борьба с лесными пожарами (рис. 1). В целом, тушение лесных пожаров с помощью авиации достаточно сложная операция. Дым очень ухудшает видимость, а горячий воздух усложняет управление самолетом или вертолетом [4]. Более того, это может нарушить работу двигателей и привести к катастрофе. В данной ситуации, применение дронов делает тушение пожаров безопаснее. Принимая это во внимание, в январе 2024 года глава Рослесхоза Иван Советников заявил, что в 2024 году все российские регионы, где есть леса, должны получить около двух миллиардов рублей на закупку более 1200 беспилотников для борьбы с лесными пожарами. При этом на перспективу до 2030 года для субъектов Российской Федерации планируется закупить более 5,1 тысячи БПЛА. Данное обещание наглядно демонстрирует перспективность рассмотренного направления совершенствования БПЛА.



Рисунок 1 – Применение дронов при пожаре

Ряд стран сделали практические шаги в данном направлении: международными компаниями предлагаются дроны, способные осуществлять тушение пожаров с воздуха. В частности, китайской компанией Quilling UAV ещё весной 2020 г. было объявлено о создании беспилотника вертолетного типа JS260, обеспечивающего тушение лесного пожара в объеме до 50 кубических метров. Конструктивно в данном дроне предусмотрено две емкости, заполненные водой полезной нагрузкой до 100 кг, при этом емкости могут быть сброшены в очаг пожара или поочередно или же одновременно. В 2023 году также в Китае был введен в

эксплуатацию первый пожарный дрон. Устройство используется не только для тушения возгораний, но и для подъема рукавов на нужную высоту и разведки [5].

В целом, конструкции дронов, используемых в лесном хозяйстве, обычно отличаются от стандартных моделей, что делает их современными и эффективными инструментами для работы в лесных угодьях, в том числе – мониторинга и управления лесными ресурсами. Кроме направлений совершенствования лесохозяйственных БПЛА, связанных с уменьшением их массы, увеличением прочности и повышением огнестойкости, некоторые из ключевых тенденций модернизации конструкции БПЛА для лесного хозяйства включают в себя:

1. Повышение устойчивости к различным погодным условиям и температурам. Лесная среда может быть непредсказуемой из-за изменчивости погоды, наличия препятствий и других факторов. Поэтому беспилотные летательные аппараты для лесного хозяйства должны быть спроектированы с учетом устойчивости к ветрам, внезапным потокам воздуха и другим переменам. БПЛА для лесного хозяйства должны быть способны работать в широком диапазоне климатических условий, включая высокий уровень влажности, дождь и холод.

2. Увеличение времени автономной работы. Так как лесные угодья могут быть обширными и труднодоступными, лесохозяйственные БПЛА должны иметь возможность работать без подзарядки аккумуляторов на протяжении длительного времени.

3. Повышение модульности дронов. БПЛА должны обеспечивать возможность быстрой смены переносимых ими устройств, к которым может относиться не только оборудование для съемки и анализа данных (различные камеры высокого разрешения и другие сенсоры для сбора данных о состоянии лесов, имеющимся биоразнообразии флоры и фауны, возможных угрозах, в том числе, болезнях или вредителях лесных угодий), но и иное оборудование, не связанное с аэрофотосъемкой (например, устройств для тушения лесных пожаров, доставки семян или химических веществ для обработки лесных участков). Однозначно, что лесохозяйственные БПЛА должны обеспечивать возможность автоматического сбора данных о лесных ресурсах, таких как объем древесины, состав древостоев и других параметрах, что помогает оптимизировать управление лесами и повысить эффективность лесного хозяйства. Однако при этом важно, чтобы конструкция БПЛА позволяла легко модифицировать и адаптировать его для различных задач лесного хозяйства и обновлять его в соответствии с развитием технологий и потребностями пользователя.

4. Обеспечение удобства в обслуживании и технической поддержке лесохозяйственных дронов в «полевых» условиях. БПЛА для лесного хозяйства должны быть легкими в обслуживании и ремонте, а также иметь доступную техническую поддержку для операторов.

5. Повышение безопасности полётов. БПЛА, в силу возможно большой скорости своего полета, должны быть оснащены системами автоматической стабилизации и предупреждения (например, звукового) о перемещении, чтобы предотвратить аварии и минимизировать риски для окружающих объектов и людей.

6. Увеличение маневренности. БПЛА для лесного хозяйства должны быть способны быстро менять направление полета и маршрут для эффективного обнаружения и мониторинга лесных угодий.

Отдельно следует остановиться на такой ключевой особенности модернизации БПЛА, как обеспечение возможности навигации в условиях обилия растительности. Для успешного мониторинга лесных ресурсов, БПЛА должны быть способны летать вблизи деревьев и других растений и избегать столкновений, точно следовать запрограммированному маршруту или автоматически реагировать на изменения в окружающей среде.

БПЛА, в том числе, лесохозяйственного назначения, обычно оснащены автопилотом и навигационной системой, которые позволяют им автономно выполнять заданные миссии. Они могут использовать системы ГЛОНАСС/GPS или иные системы для определения своего местоположения и планирования маршрута. Однако в условиях обилия лесной растительности [6, 7] традиционные навигационные системы могут быть недостаточно эффективными из-за препятствий и помех, создаваемых растительностью (в частности, из-за затенения или отражений сигналов от деревьев).

Для навигации в условиях обильной растительности для совершенствования конструкции лесохозяйственных БПЛА могут использовать следующие технологии и подходы:

1. Стереоскопическая и инфракрасная камера: дрон может быть оснащен камерами, которые позволяют создавать трехмерные карты окружающей среды и обнаруживать препятствия, включая растительность. Инфракрасные камеры могут помочь в обнаружении различий в температуре, что может быть полезно для определения плотности растительности или наличия проходов.

2. Лазерный дальномер (LIDAR): LIDAR-системы используют лазерные импульсы для создания высокоточных трехмерных карт местности. Это особенно полезно в условиях плотной растительности, где необходимо точное определение расстояния до поверхности и обнаружение препятствий.

3. Системы слепого полета (инерциальная навигация): эти системы используют данные с различных датчиков для определения местоположения и ориентации БПЛА без использования внешних ссылок, таких как ГЛОНАСС/GPS. Это может включать акселерометры, гироскопы и магнитометры.

4. Адаптивные алгоритмы навигации: для работы в сложных условиях растительности могут быть разработаны алгоритмы, которые адаптируются к изменяющейся среде. Например, используя машинное обучение, БПЛА может учиться избегать препятствий и выбирать оптимальные маршруты полета.

5. Гибридные системы навигации: комбинация нескольких методов навигации, таких как ГЛОНАСС/GPS, LIDAR, и данных от камер, может обеспечить более надежную навигацию в условиях обильной растительности [8].

6. Радиосигналы и маяки: в некоторых случаях, особенно при работе в лесу, могут быть размещены маяки или использованы радиосигналы для обеспечения ориентации и навигации лесохозяйственных БПЛА.

7. Аудиосигналы: в некоторых случаях могут использоваться датчики, реагирующие на испускаемые звуковые волны, чтобы обнаруживать препятствия и определять расстояния.

8. Интеллектуальное управление: использование искусственного интеллекта и машинного обучения для анализа данных от датчиков и принятия решений о навигации является современным направлением развития лесохозяйственных БПЛА, получающим в последнее время широкое распространение.

Для эффективной навигации в условиях обильной растительности необходимо принимать во внимание множество факторов, включая тип растительности, высоту полета, скорость и маневренность БПЛА. Разработчики систем навигации для БПЛА должны учитывать эти факторы и комбинировать различные технологии для достижения оптимальных результатов.

С учётом вышеизложенного, можно сформулировать следующие выводы.

1. Использование беспилотных летательных аппаратов в лесном хозяйстве может существенно улучшить эффективность и точность лесохозяйственных работ, помочь сохранить лесные ресурсы и предотвратить их разрушение.

2. Перспективным материалом для создания лёгких и прочных конструкций лесохозяйственных БПЛА является кевлар, который позволяет повысить огнестойкость фюзеляжа, крыльев, приводных винтов и иных элементов дрона.

3. Одной из ключевых особенностей модернизации БПЛА является обеспечение их навигации в условиях обилия лесной растительности.

*Работа выполнена под руководством доцентов Платонова А.А. и Сердюковой Н.А.*

### Список литературы

1. Кононова С.А. Применение беспилотных летательных аппаратов (БПЛА) в лесном хозяйстве / С.А. Кононова, А.А. Перепичаев, Н.А. Рыжова // Актуальные проблемы лесного комплекса. – 2023. – № 64. – С. 58-60.

2. Мягков Д.Ю. Применение беспилотных летательных аппаратов для мониторинга состояния лесного хозяйства / Д.Ю. Мягков, Р.И. Могилянец // Труды БГТУ. №2. Лесная и деревообрабатывающая промышленность. – 2013. – № 2(158). – С. 89-92.

3. Применение беспилотных летательных аппаратов (дронов) / Белик А.Е., Егоров Р.А., Маршанин Е.В., Максимов В.А., Максимов Н.А. – М: Кнорус, 2024. – 400 с.

4. Использование беспилотников в лесном хозяйстве // Aeromotus – интегратор беспилотных промышленных решений [сайт]. – URL: <https://aeromotus.ru/ispolzovanie-bespilotnikov-v-lesnom-hozyajstve/> (Дата обращения: 30.03.2024).

5. Пожарный дрон – описание и возможности // Радиокоптер.ру [сайт]. – URL: <https://radiocopter.ru/pozharnyy-dron-cto-eto-takoe-opisanie-i-vozmozhnosti-primenenie-bespilotnikov/> (Дата обращения: 30.03.2024)

6. Платонов А.А. Оценка видовой разнообразия растительности, произрастающей на территориях линейных инфраструктурных объектов Центральной России / А.А. Платонов // Лесотехнический журнал. – 2023. – Т. 13, № 1(49). – С. 180-193. – DOI 10.34220/issn.2222-7962/2023.1/12



7. Платонов А.А. Комплексное управление лесной растительностью: этапы и перспективы развития / А.А. Платонов // Лесотехнический журнал. – 2023. – Т. 13, № 2(50). – С. 142-157. – DOI 10.34220/issn.2222-7962/2022.3/8.

8. Yin D. Individual mangrove tree measurement using UAV-based LiDAR data: Possibilities and challenges / D. Yin, L. Wang // Remote Sens. Environ. 2019, 223, 34–49.

### References

1. Kononova S.A. Application of unmanned aerial vehicles (UAVs) in forestry / S.A. Kononova, A.A. Perepichayev, N.A. Ryzhova // Current problems of the forestry complex. – 2023. – № 64. – pp. 58-60.

2. Myagkov D.Yu. Application of unmanned aerial vehicles for monitoring the state of forestry / D.Yu. Myagkov, R.I. Mogilyanets // Proceedings of BSTU. № 2. Forestry and woodworking industry. – 2013. – № 2(158). – pp. 89-92.

3. Application of unmanned aerial vehicles (drones) / Belik A.E., Egorov R.A., Marshanin E.V., Maksimov V.A., Maksimov N.A. – Moscow: Knorus, 2024. – 400 p.

4. The use of drones in forestry [Electronic resource] // Aeromotus - integrator of unmanned industrial solutions [website]. – URL: <https://aeromotus.ru/ispolzovanie-bespilotnikov-v-lesnom-hozyajstve/> (Access date: 03/30/2024)

5. Fire drone - description and capabilities [Electronic resource] // Radiocopter.ru [website]. – URL: <https://radiocopter.ru/pozharnyy-dron-cto-eto-takoe-opisanie-i-vozmozhnosti-primeneniya-bespilotnikov/> (Access date: 03/30/2024)

6. Platonov A.A. Assessment of species diversity of vegetation growing in the territories of linear infrastructure facilities in Central Russia / A.A. Platonov // Forestry Engineering Journal. – 2023. – Т. 13, № 1(49). – pp. 180-193. – DOI 10.34220/issn.2222-7962/2023.1/12

7. Platonov A.A. Integrated management of forest vegetation: stages and prospects of development / A.A. Platonov // Forestry Engineering Journal.. – 2023. – Vol. 13, № 2(50). – pp. 142-157. – DOI 10.34220/issn.2222-7962/2022.3/8.

8. Yin D. Individual mangrove tree measurement using UAV-based LiDAR data: Possibilities and challenges / D. Yin, L. Wang // Remote Sens. Environ. 2019, 223, 34-49.

DOI: 10.58168/CIRCULAR2024\_249-253

УДК 544.723.2

**ИЗУЧЕНИЕ СОРБЦИОННОГО ИЗВЛЕЧЕНИЯ ИОНОВ МЕДИ ИЗ МОДЕЛЬНЫХ  
СТОЧНЫХ ВОД НОВЫМИ СОРБЕНТАМИ НА ОСНОВЕ ФЕРРИТОВ МЕТАЛЛОВ**  
STUDY OF SORPTION EXTRACTION OF COPPER IONS FROM MODEL WASTE WATERS  
BY NOVEL FERRITE BASED SORBENTS

**Молчанова О.Н.**, студентка лесопромышленного факультета ФГБОУ ВО «Воронежский государственный лесотехнический университет имени Г.Ф. Морозова», Россия, Воронеж.

**Новикова Л.А.**, кандидат химических наук, доцент ФГБОУ ВО «Воронежский государственный лесотехнический университет имени Г.Ф. Морозова», Россия, Воронеж.

**Томина Е.В.**, доктор химических наук, доцент, зав. кафедрой химии и биотехнологии ФГБОУ ВО «Воронежский государственный лесотехнический университет имени Г.Ф. Морозова», Россия, Воронеж.

**Molchanova O.N.**, student of woodworking faculty, Voronezh State University of Forestry and Technologies named after G.F. Morozov, Voronezh, Russia.

**Novikova L.A.**, PhD in Chemical Sciences, associate professor, 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, Voronezh State University of Forestry and Technologies named after G.F. Morozov, Voronezh, Russia.

**Аннотация:** данная работа посвящена исследованию сорбции ионов меди новыми образцами ферритов магния и цинка, синтезированными методом цитратного горения. Экспериментально определено время сорбции ионов меди из модельных водных растворов, содержащих 3,2 мг/л ионов  $\text{Cu}^{2+}$ . Исследовано влияние pH на процесс сорбции. Обнаружена более высокая (в 1,6 раза) сорбционная способность образца феррита магния, чем для образца феррита цинка. Анализ проведенных экспериментов показывает, что оба феррита сохраняют высокую сорбционную способность в нескольких сорбционных циклах без регенерации.

**Abstract:** the present work devoted to study of sorption of copper ions by novel samples of magnesium and zinc ferrites synthesized by citrate burning method. The time of copper ions sorption was experimentally determined from model aqueous solutions containing 3,2 mg of  $\text{Cu}^{2+}$  ions. The effect of pH on sorption was studied. The higher sorption ability of magnesium ferrite sample (in 1.6 time) than that for zinc ferrite sample was found. The analysis of experimental data revealed that both ferrite samples retain sorption capacity in multiple adsorption cycles without regeneration.

**Ключевые слова:** сорбенты, феррит магния, феррит цинка, тяжелые металлы, ионы меди, сорбция, очистка воды, сточные воды, экология.

**Keywords:** sorbents, magnesium ferrite, zinc ferrite, heavy metals, copper ions, sorption, water treatment, waste waters, environment protection.

Ионы меди являются распространенными загрязнителями сточных вод различных промышленных процессов, таких как производство гальванических покрытий и печатных плат, добыча полезных ископаемых и др. [1]. Сброс сточных вод, содержащих ионы меди в количествах, превышающих ПДК в окружающую среду, оказывает негативное воздействие на водные экосистемы и здоровье человека [2]. Экологические нормативы обеспечивают охрану и защиту водных ресурсов от промышленного воздействия, в следствие чего предприятиям необходимо повышать эффективность и усовершенствовать технологии очистки промышленных стоков. Сорбция является широко применяемым методом удаления тяжелых металлов из сточных вод [3-5]. Однако, имеющиеся сорбционные материалы не всегда эффективны, имеют высокую стоимость производства и регенерации. В связи с этим, актуальным и практически значимым является создание новых доступных сорбентов, способных эффективно удалять тяжелые металлы из воды и обладающих магнитными свойствами.

Целью настоящего исследования явилось изучение закономерностей сорбционного извлечения ионов меди из модельных сточных вод с использованием новых композитных сорбентов. Эти сорбенты были разработаны для решения задачи сочетания высокой емкости сорбции, селективности к ионам меди и возможности регенерации.

Объектами исследования являлись образцы новых сорбентов: феррит магния ( $MgFe_2O_4, Mg-F$ ) и феррит цинка ( $ZnFe_2O_4, Zn-F$ ) синтезированные методом цитратного горения из стехиометрических количеств соответствующих реагентов [6]. Сорбционную способность сорбентов определяли в отношении модельных сточных вод, которыми служили водные растворы 0,01 н  $CuSO_4$ . Были получены кинетические кривые сорбции ионов меди ( $Cu^{2+}$ ) при переменном времени сорбции – 5, 10, 20, 40, 60, 80, 120 и 180 мин. Для этого 0,2 г сорбента помещали в 20 мл раствора  $CuSO_4$ , периодически встряхивали, затем фильтровали через бумажный фильтр и в фильтрате определяли содержание ионов  $Cu^{2+}$ . Для количественного определения использовали фотоколориметрический метода анализа, при котором проводили фотометрическую реакцию ионов меди с раствором 5%  $NH_4OH$ , фотометрировали стандартные растворы в кювете  $l=2$  см при длине волны 610 нм. По калибровочному графику определяли исходную и равновесную концентрацию раствора и рассчитывали величину адсорбции по формуле:

$$a = \frac{(C_p - C_n) * V_{p-ra} * M_{эkv}}{m(\text{сорб})}, \quad (1)$$

где  $C_n$ ,  $C_p$  – начальная и равновесная концентрация раствора, мг/г;  $V_{p-ra}$  – объем раствора, л;  $M_{эkv}$  – молярная масса эквивалента меди, г-эkv/моль;  $m(\text{сорб})$  – масса сорбента, г.

В исследовании рассмотрены различные параметры, влияющие на эффективность сорбции, такие как время контакта, pH и концентрация ионов меди. Изучена возможность регенерации сорбентов раствором 0,1 н. HCl [7].

На рис. 1 представлены кинетические кривые сорбции ионов меди исследованными образцами.

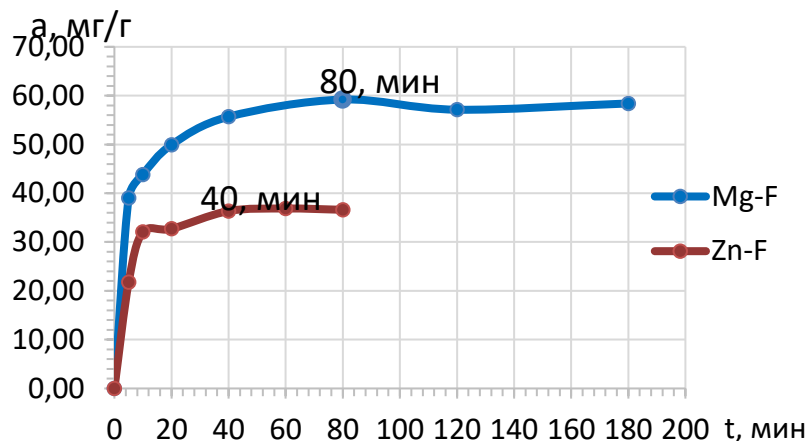


Рисунок 1 - Кинетические кривые сорбции ионов меди образцами ферритов цинка (Zn-F) и магния (Mg-F)

По данному графику определили, что сорбционное равновесие устанавливается для феррита магния через 80 мин, а для феррита цинка – через 40 мин. Установили, что образец феррита магния имеет большую сорбционную способность (59,2 мг/г), по сравнению с образцом феррита цинка (36,87 мг/г), примерно в 1,6 раза.

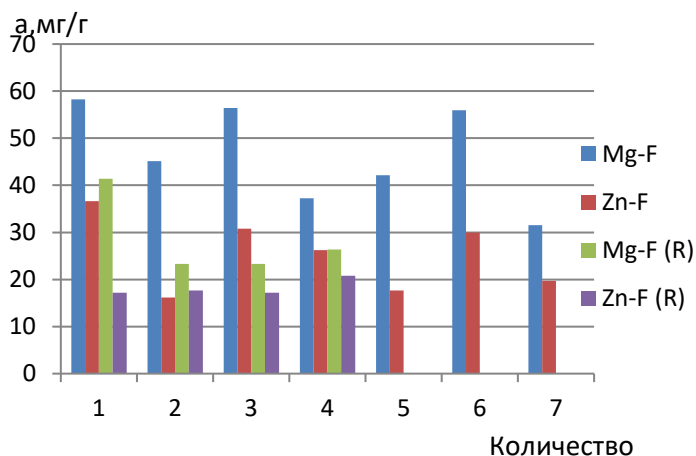


Рисунок 2 - Зависимость сорбционной емкости сорбентов от числа циклов сорбции, как в условиях регенерации (R) сорбента, так и без нее

Исследование влияния pH растворов на величину сорбции показало, что при pH=3,0 сорбционная способность ферритов увеличивалась, а при pH= 2,0 – уменьшалась. Возрастание сорбции может быть связано с протонированием поверхности сорбента и образованием дополнительного числа гидроксильных групп, связывающих ионы меди в виде комплексов. Дальнейшее снижение pH приводит к конкурентной сорбции протонов, приобретению поверхностью положительного заряда и подавлению сорбции ионов меди. В то же время, при увеличении показателя pH до 5,1 обнаружено сильное помутнение раствора вследствие выпадения гидроксида меди ( $\text{Cu}(\text{OH})_2$ ), что мешает количественному определению и изучению сорбции в нейтральной области pH.

На рис. 2 представлена зависимость сорбционной емкости сорбентов от количества повторных циклов сорбции в условиях регенерации и без нее. Феррит магния, как и феррит цинка хорошо сохраняет сорбционную способность даже без регенерации раствором соляной кислоты в течение 4-5 циклов сорбции. После регенерации сорбентов раствором 0,1 н. HCl (30 мин) величина сорбционной емкости материалов несколько снижается: у феррита магния на 28%, а у феррита цинка – 57%, но продолжает сохраняться в последующие 6-7 циклов сорбции. Кроме того, отмечено, что происходит частичное вымывание ионов железа (подтверждено качественной реакцией) из структуры сорбента, что может указывать на частичную деградацию материала при действии кислоты и необходимости поиска другого электролита в качестве элюента для регенерации.

Таким образом, проведенное исследование показало, что новые композитные сорбенты на основе ферритов магния и цинка способны эффективно извлекать ионы меди из водных сред. Оптимизация параметров сорбции позволила определить время достижения равновесия и оптимальное значение кислотности раствора ( $\text{pH}=3,0$ ) для селективного извлечения ионов меди. Показана возможность регенерации и многократного использования сорбентов для сорбционной очистки воды. Установлена возможность легкой магнитной сепарации отработанных сорбентов действием внешнего магнитного поля на суспензию сорбента. Результаты исследования служат основой для создания новых композитных сорбентов на основе ферритов, обладающих магнитными свойствами, и имеющих потенциал для практического использования в промышленных технологиях.

Дальнейшие исследования будут направлены на выявление механизма сорбции, оптимизацию условий регенерации сорбентов и повышения эффективности извлечения токсикантов из водной среды.

*Исследования выполнены при поддержке Российского Научного Фонда, грант № 23-23-00122.*

### Список литературы

1. Николаева Л., Аджигитова А. Очистка сточных вод промышленных предприятий от ионов меди золой отходов потребления. Экология и промышленность России. 2022; 26(2):4-8. <https://doi.org/10.18412/1816-0395-2022-2-4-8>.
2. Смоляниченко А.С., Халюшев А.К., Яковлева Е.В. Математический анализ сорбционного процесса очистки шахтных вод // Siberian Journal of Life Sciences and Agriculture. 2023. Т. 15, №5. С. 264-281. DOI: 10.12731/2658-6649-2023-15-5-937.
3. Стоянова А.Д., Чечерина А.Ю., Иванова А.В., Гайдукова А.М., Конькова Т.В., Мухин В.М. (2024). Сорбция ионов двухвалентных металлов из водных растворов на активированном угле с его последующим электрофлотационным выделением. Сорбционные и хроматографические процессы, 24(1), 101-110. DOI: <https://doi.org/10.17308/sorpchrom.2024.24/12023>.

4. Томина Е., Куркин Н., Конкина Д. Наноразмерный катализатор  $ZnFe_2O_4$  для очистки сточных вод от красителей окислительной деструкцией. *Экология и промышленность России*. 2022;26(5):17-21. <https://doi.org/10.18412/1816-0395-2022-5-17-21>.

5. Лукашевич О.Д., Усова Н.Т. Сорбент из железистого шлама для очистки сточных вод от ионов тяжелых металлов. *Вестник Томского государственного архитектурно-строительного университета*. 2018;(1):148-159. <https://doi.org/10.31675/1607-1859-2018-20-1-148-159>.

6. Ходосова Н.; Новикова Л.; Томина, Е.; Бельчинская Л.; Жабин А.; Куркин Н.; Крупская В.; Закусина О.; Королева Т.; Тюпина Е.; и др. Магнитные наносорбенты на основе бентонита и шпинели  $CoFe_2O_4$  // *Минералс*, 2022, 12, 1474. <https://doi.org/10.3390/min12111474>.

7. Томина Е., Новикова Л., Котова А., Мещерякова А., Крупская В., Морозов И., Королева Т., Тюпина Е., Перов Н., Алехина Ю. Наноконпозиты  $ZnFe_2O_4$ /цеолит для Сорбционное извлечение  $Cu^{2+}$  из водной среды // *ЭпплайдКем*. 2023. Т.3. С. 452-476. <https://doi.org/10.3390/appliedchem3040029>.

### References

1. Nikolaeva L., Adzhigitova A. Copper Deionization of Industrial Wastewater by Ash of Consumption Residual. *Ecology and Industry of Russia*. 2022;26(2):4-8. (In Russ.). <https://doi.org/10.18412/1816-0395-2022-2-4-8>

2. Smolyanichenko A.S., Khaljushev A.K., Yakovleva E.V. Mathematical Analysis of the Sorption Process of Mine Water Purification. *Siberian Journal of Life Sciences and Agriculture*, 2023, vol. 15, no. 5, pp. 264-281. DOI: 10.12731/2658-6649-2023-15-5-937

3. Stoyanova A.D., Checherina A.Y., Ivanova A.V., Gaidukova A.M., Konkova T.V., Mukhin V.M. (2024). Sorption of divalent metal ions from aqueous solutions on activated carbon with its further separation through electroflotation. *Sorbtsionnye I Khromatograficheskie Protsessy*, 24(1), 101-110. <https://doi.org/10.17308/sorpchrom.2024.24/12023>

4. Tomina E., Kurkin N., Konkina D. Nanoscale  $ZnFe_2O_4$  Catalyst for Wastewater Treatment from Dyes by Oxidative Degradation. *Ecology and Industry of Russia*. 2022;26(5):17-21. (In Russ.) <https://doi.org/10.18412/1816-0395-2022-5-17-21>

5. Lukashevich O.D., Usova N.T. Iron sludge sorbing agent for sewage purification from heavy metal ions. *Vestnik Tomskogo gosudarstvennogo arkhitekturno-stroitel'nogo universiteta. Journal of Construction and Architecture*. 2018; (1): 148-159. (In Russ.). <https://doi.org/10.31675/1607-1859-2018-20-1-148-159>

6. 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  $CoFe_2O_4$  Spinel. *Minerals* 2022, 12, 1474. <https://doi.org/10.3390/min12111474>

7. Tomina E., Novikova L., Kotova A., Meshcheryakova, A., Krupskaya V., Morozov I., Koroleva, T., Tyupina, E., Perov, N., Alekhina Y.  $ZnFe_2O_4$ /Zeolite Nanocomposites for Sorption Extraction of  $Cu^{2+}$  from Aqueous Medium // *AppliedChem*. 2023. V.3. P. 452-476. <https://doi.org/10.3390/appliedchem3040029>.

DOI: 10.58168/CIRCULAR2024\_254-260

УДК 528.48:

**ГЕОДЕЗИЧЕСКИЙ АСПЕКТ В ИНФОРМАЦИОННОМ МОДЕЛИРОВАНИИ  
СООРУЖЕНИЙ**

**GEODETTIC ASPECT IN INFORMATION MODELING OF STRUCTURES**

**Морковин В.А.**, кандидат технических наук, доцент, заведующий кафедрой ФГБОУ ВО «Воронежский государственный лесотехнический университет имени Г.Ф. Морозова», Воронеж, Россия.

**Пеньков В.А.**, кандидат технических наук, доцент 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.

**Morkovin V.A.**, candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Head of Department, Voronezh State University of Forestry and Technologies named after G.F. Morozov, Voronezh, Russia.

**Penkov V.A.**, candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Voronezh State University of Forestry and Technologies named after G.F. Morozov, Voronezh, Russia.

**Storodubtseva T.N.**, doctor of Technical Sciences, Professor, Voronezh State University of Forestry and Technologies named after G.F. Morozov, Voronezh, Russia.

**Аннотация.** В работе рассмотрены современные методы геодезического обеспечения строительства, отражены направления дальнейших исследований. Представлены особенности информационных технологий моделирования BIM-технологии, отражена возможность комплексного решения задач, сведения всех технологических процессов в единую цифровую информационную модель. Освещены основные принципы информационного подхода в проектировании в аспекте геодезического обеспечения и этапы создания геодезического проекта в BIM, как исключительно компьютерного и инженерного продукта. Отмечено, что геодезическое обеспечение строительства в BIM требует существенного изменения содержания и форм обучения в курсах инженерной геодезии для геодезистов и строителей, изучения принципов информационного моделирования, а также разработки методик самого моделирования зданий.

**Abstract.** The work examines modern methods of geodetic support for construction and reflects directions for further research. The features of information technologies for modeling BIM technology are presented, the possibility of complex problem solving, and the integration of all technological processes into a single digital information model is reflected. The basic principles of the information approach to design in the aspect of geodetic support and the stages of creating a geodetic project in BIM, as an exclusively computer and engineering product, are covered. It is noted that geodetic support for construction in BIM requires a significant change in the content and forms

of training in engineering geodesy courses for surveyors and builders, studying the principles of information modeling, as well as developing methods for building modeling itself.

**Ключевые слова:** геодезические работы, строительство, информационное моделирование сооружений, современные средства и методы геодезического обеспечения строительства.

**Keywords:** geodetic work, construction, information modeling of structures, modern means and methods of geodetic support for construction.

Информационное моделирование сооружений (Building Information Modeling) – это подход к возведению, оснащению, обеспечению эксплуатации и ремонту здания, который предполагает сбор и комплексную обработку в процессе проектирования всей архитектурно-конструкторской, технологической, геодезической и финансовой информации о здании со всеми ее взаимосвязями и зависимостями, надежная основа для принятия решений на протяжении всего его жизненного цикла существования.

Это возможность решать задачи комплексно, снабжается сведением всех технологических процессов в единую цифровую информационную модель.

ВМ позволяет проектировать все конструкции и системы инженерных коммуникаций с учетом коллизий, формировать весь альбом документации, уменьшает вероятность человеческих ошибок, выполнять расчет конструктивных и других характеристик здания по его модели.

Переход проектно-строительной отрасли России на технологию ВМ информационного моделирования зданий законодательно начался с приказа Минстроя России № 926 от 29.12.2014. С 1 января 2022 года в России началось внедрение информационного моделирования в строительную отрасль. Теперь почти все объекты, финансируемые из госбюджета, будут проектироваться с применением ВМ, независимо от их стоимости.

Готовый проект должен быть выполнен в 3D-пространстве и состоять не просто из несущих линий и текстур, как при классическом 3D-моделировании, но и из множества искусственных элементов, имеющих в реальной жизни определенные физические свойства. Проектировщик при закладке в свою модель всех исходных данных фактически переводит настоящий объект в цифровое пространство, то есть оцифровывает его. Любые процессы, которые будут происходить в уже построенном строении, можно спрогнозировать, используя технологию ВМ. В целом, применение современных технологий позволяет в разы сократить время проектирования. В режиме онлайн отображаются все изменения, позволяющие отслеживать и исправлять все недостатки. Автоматически рассчитывается количество материалов, необходимых для строительства. Нет необходимости вносить изменения в весь проект – в случае внесения корректировок не требуется полностью перерабатывать сопутствующие документы.

Однако даже с учетом возможностей ВМ-технологии результат строительства зависит от качества проводимых геодезических работ. Без геодезистов необходимой квалификации,



которые применяют современные геодезические технологии, успешное внедрение метода BIM невозможно [1-3].

Геодезические работы являются неотъемлемой частью строительства, без них нельзя обойтись при создании и сопровождении BIM проекта. В современном строительстве задачи геодезической службы состоят в получении исходных геодезических данных, в вынесении в натуру частей строящегося объекта, в контроле его геометрических параметров и, наконец, в фиксации фактической реализации строительства и в создании завершающей документации законченного строительства.

При этом в методе BIM необходима трансформация полученных пространственных данных в информационные системы территории в 3D-изображениях. Повышаются требования к 3D-измерениям, моделированию и визуализации геопространственных данных в государственной системе координат. Изменяются технологии получения данных геодезическими методами, приборы и программное обеспечение, профессиональные навыки ориентируются на информационные и коммуникационные технологии. Поэтому геодезические данные должны быть гарантированного качества, удобными в использовании в других отраслях.

Геодезические работы в BIM технологии выполняют при подготовке строительства; проектировании сооружений; ведении строительства; документировании и эксплуатации строительства.

Суть BIM- проектирования и BIM- геодезии в создании компьютерной модели нового здания, которая несет в себе все сведения об этом объекте. Подобное проектирование предполагает прежде всего сбор и комплексную обработку в процессе проектирования всей архитектурной, проектной, технологической и производственной информации об объекте.

Задачи современной геодезической службы в строительстве состоят в получении исходных геодезических данных, в вынесении в натуру частей строящегося объекта, в контроле его геометрических параметров и, наконец, в фиксации фактической реализации строительства и в создании завершающей документации законченного строительства.

В идеале BIM проект - это виртуальная копия здания.

Основные принципы информационного подхода в проектировании в аспекте геодезического обеспечения:

- трехмерное моделирование;
- автоматическое получение чертежей;
- интеллектуальная параметризация объектов;
- соответствующие объектам базы данных;
- распределение процесса строительства по временным этапам.

Геодезический проект в BIM – это исключительно компьютерный и инженерный продукт. Работа с ним ведется с помощью Интернета на базе современных специализированных программных комплексов.

Работа по созданию геодезического проекта в BIM ведется поэтапно (послойно) как и в традиционных технологиях:

В процессе подготовительных работ в проекте выносятся данные о рельефе и конфигурации земельного участка. Детальная работа по топографической съемке и проектированию земляных работ проводится с использованием специализированного программного обеспечения обработки геодезических данных.

Затем разрабатывается производственный проект геодезического обеспечения в соответствии с BIM и после разбивки проекта по слоям, выполняется координатная привязка. Готовый BIM-геодезический проект можно передать любому подрядчику для производства его цикла работ, его можно рассматривать во времени, прогнозировать функционирование в совокупности с соседними проектами [1-3].

Работа с BIM-геодезической моделью носит непрерывный характер, поскольку может иметь неограниченное количество уточнений и доработок.

С самого начала работ над проектом BIM, в процессе изысканий, специалисты геодезической службы работают с 3D-программными средствами, дополняя геодезическими данными модель проекта с целью уточнения его изображения, для последующих геодезических разбивочных работ.

Геодезические изыскания являются опорой и основой любого строительства, поэтому их цель - грамотно вписать в исходную инфраструктуру участка объекта геодезического обеспечения, определив основные оси и границы зданий и сооружений в пространстве. Представляемые топографо-геодезические материалы используются как для утверждения и согласования проекта строительства, так и для принятия важнейших инженерных решений.

Применение информационной модели полученной в процессе BIM- геодезии помогает существенно облегчить дальнейшую работу с объектом. Качественный BIM проект позволяет заранее проверить здание на функциональную пригодность.

В технологии BIM требуется подавляющий объем геодезических данных представлять в цифровой форме. Они должны быть гарантированного качества, удобными в использовании его в других отраслях. При этом постоянно повышаются требования к 3D-измерениям, моделированию и визуализации геопространственных данных.

В процессе строительства геодезисты осуществляют контроль пространственной точности текущей модели BIM в соответствии со стандартами Международной организации по стандартизации (ISO), обновляют измеренные значения, тесно сотрудничая с проектировщиками и другими участниками строительства. Они отвечают за фиксацию точных данных о текущем состоянии строительства, выявление расхождений измерений с проектом и разногласий в документации законченного строительства, передачу результатов геодезических работ заказчику.

Новые технологии и технические средства строительства в BIM создают новые возможности для работы геодезистов на строительных площадках. При этом требуется повышение требований относительно точности определения пространственных объектов и программного обеспечения и стандартов.

Геодезисты – единственные специалисты, участвующие в строительстве с самого начала и до его завершения. Поэтому они должны досконально владеть современными

геодезическими приборами и программным обеспечением, уметь читать строительную документацию, организовывать работу на строительных площадках, профессионально общаться с руководством и другими участниками при строительстве.

Удобный контроль и взаимосвязь геоданных в 3D-модели позволяет уменьшить количество повторных измерений, помогает значительно улучшить качество работы. Высокоточные плановые и высотные геоданные для разбивочных работ удобно и целесообразно получать из 3D-модели.

Поэтому именно геодезисты отвечают за фиксацию точных данных о текущем состоянии строительства, выявление расхождений измерений с проектом и разногласий в документации законченного строительства, передачу результатов геодезических работ заказчику. Смена методов работы привела к тесному сотрудничеству всех задействованных на строительстве инженерно-технических работников с геодезистами, роль которых стала решающей.

Однако даже с учетом возможностей BIM-технологии результат строительства зависит от качества проводимых геодезических работ. Без геодезистов необходимой квалификации, применяющих современные геодезические технологии, успешное внедрение метода BIM невозможно.

Таким образом, управление геоданными в BIM является возможностью для геодезистов сотрудничать и расширять их роль в процессе строительства в качестве профессиональных коллег проектировщиков. Такое сотрудничество требует от них умения оценивать проект с точки зрения управляющего строительством или объектом, а также получать новые навыки в других областях знаний системы BIM.

После окончания строительства преимуществом для геодезистов является лучшее знание модели данных для подготовки исполнительной технической документации строительства, возможность дальнейшего использования этой модели для создания различных моделей данных в управлении домами, реестров зданий и квартир. Именно они трансформируют конечную документацию проекта BIM в цифровой 3D-форме для управления строительством для целей администрирования сооружения на протяжении всего срока ее эксплуатации.

Для геодезистов BIM – это процесс моделирования и практической реализации. Геодезический проект в BIM может использоваться эксплуатирующими организациями любого уровня, а также в целях создания моделей 3D городов и 3D кадастра.

Организация труда методом BIM нуждается в гораздо более тесном сотрудничестве специалистов различных специализаций, предполагает постоянное использование цифровых данных в системе клиент-сервер, высокую точность работ, соблюдение сроков и пространственной точности объектов строительства, исправление ошибок, выполнение соответствующих решений руководства.

Преимущества использования современного геодезического обеспечения в BIM-технологиях:

- сокращение сроков проектирования;

- уменьшение расходов на реализацию проекта;
- повышение производительности работы благодаря простоте получения информации;
- повышение согласованности строительной документации;
- доступность конкретной информации о производителях материалов, количественных характеристиках для оценки и проведения тендера.

Современные средства и методы инженерной геодезии позволяют все получаемые с их помощью данные отображать в графических и цифровых моделях необходимого масштаба и точности. Соответствие геодезических технологий требованиям BIM обеспечивается постоянным совершенствованием и своевременным изменением и развитием средств и методов геодезических измерений и программного обеспечения.

Совершенствование технологии геодезического обеспечения строительства в соответствии с требованиями и возможностями BIM требует радикального изменения профессионального мышления специалистов, в том числе и непосредственно работающих на стройплощадке [4, 5].

Изменение профессионального мышления в отношении геодезического обеспечения строительства в BIM требует существенного изменения содержания и новых форм обучения в курсах инженерной геодезии для геодезистов и строителей информационного моделирования, а также разработки методик самого моделирования зданий.

Внедрение BIM требует привлечения кадров высокой квалификации, знающих нормы и правила проектирования; владеющих специальной терминологией, практическими навыкам и 3D-моделирования. Причем не только в проектные и строительные организации, но и в инженерный состав заказчика, органы госэкспертизы, стройнадзора и т.д. [1, 5].

Таким образом, применение современных технологий позволяет в разы сократить время проектирования, BIM не заменяет человека, а расширяет его возможности, но требует от него более высокой квалификации, BIM не работает автоматически, ей требуется административный блок специалистов. Однако даже с учетом возможностей BIM-технологии результат строительства зависит от качества выполняемых геодезических работ.

### Список литературы

1. Талапов В. В. Технология BIM: суть и особенности внедрения информационного моделирования зданий. – М. : ДМК-пресс, 2015. – 410 с.
2. ГОСТ Р 57311-2016 Требования к эксплуатационной документации строительных объектов для информационного моделирования.
3. СП 333.1325800.2017 «Информационное моделирование в строительстве. Правила формирования информационной модели объектов на различных стадиях жизненного цикла». URL: <http://docs.cntd.ru/document/556793897>.
4. Дронов Д. С., Киметова Н. Р., Ткаченко В. П. Проблемы внедрения BIM – технологий в России // Синергия наук. 2017. № 10. - С. 529-549. URL: <http://synergy-journal.ru/archive/article041> дата обрац. 10.04.24.

5. Петров К. С., Швец Ю. С., Корнилов Б. Д., Шелкоплясов А. О. Применение BIM-технологий при проектировании и реконструкции зданий и сооружений // Инженерный вестник Дона. 2018. №4. - С. 28-36.

### References

1. Talapov V.V. BIM technology: the essence and features of the implementation of building information modeling. – M.: DMK-press, 2015. – 410 p.

2. GOST R 57311-2016 Requirements for operational documentation of construction projects for information modeling.

3. SP 333.1325800.2017 “Information modeling in construction. Rules for the formation of an information model of objects at various stages of the life cycle.” URL: <http://docs.cntd.ru/document/556793897>

4. Dronov D.S., Kimetova N.R., Tkachenkova V.P. Problems of implementing BIM technologies in Russia // Synergy of Sciences. 2017. No. 10. - pp. 529-549. URL: <http://synergy-journal.ru/archive/article041> date of access. 04/10/24.

5. Petrov K. S., Shvets Yu. S., Kornilov B. D., Shelkoplyasov A. O. Application of BIM technologies in the design and reconstruction of buildings and structures // Engineering Bulletin of the Don. 2018. No. 4. - pp. 28-36.

DOI: 10.58168/CIRCULAR2024\_261-267

УДК 674.8:620

## ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ДРЕВЕСНЫХ ОТХОДОВ В ИЗДЕЛИЯХ ТРАНСПОРТНОГО СТРОИТЕЛЬСТВА

### USE OF WOOD WASTE IN TRANSPORT CONSTRUCTION PRODUCTS

**Морковин В.А.**, кандидат технических наук, доцент, заведующий кафедрой 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.

**Ускова И.Д.**, студент ФГБОУ ВО «Воронежский государственный лесотехнический университет имени Г.Ф. Морозова», Воронеж, Россия.

**Morkovin V.A.**, candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Head of the Department, Voronezh State University of Forestry and Technologies named after G.F. Morozov, Voronezh, Russia.

**Storodubtseva T.N.**, doctor of Technical Sciences, Professor, Voronezh State University of Forestry and Technologies named after G.F. Morozov, Voronezh, Russia.

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

**Аннотация.** Основной целью работы является исследование использования древесных отходов при изготовлении железнодорожных шпал и насколько такое использование окажется выгоднее по сравнению с другими шпалами. Неправильная утилизация пагубно влияет на окружающую среду, что ведет к деградации экосистемы и сказывается на здоровье человека. Поэтому проблема неправильного распоряжения отходами является одной из наиболее важной для современного общества. Один из видов полезного использования древесных отходов – это транспортное строительство. Это очень важная отрасль, целью которой является благоприятное развитие экологической среды.

**Abstract.** The main goal of the work is to study the use of wood waste in the manufacture of railway sleepers and how such use will be more profitable compared to other sleepers. Improper disposal has a detrimental effect on the environment, leading to ecosystem degradation and affecting human health. Therefore, the problem of improper waste management is one of the most important for modern society. One of the useful uses of wood waste is transport construction. This is a very important industry, the goal of which is the favorable development of the ecological environment.

**Ключевые слова:** отходы, транспортное строительство, переработка, железнодорожные шпалы, древесно-композиционные материалы.

**Keywords:** waste, transport construction, processing, railway sleepers, wood-composite materials.

Новизна исследования заключается в том, что в работе предложен способ вторичного использования древесины для производства железнодорожных шпал, что способствовало бы не только экономической выгоде, но и пользе окружающей среды.

Методы исследования: проведение сравнения разных видов шпал и составление диаграммы.

В ходе исследований было доказано, что экономичными и выгодными являются древесные полимерные композиционные (ДПК) шпалы. Пластиковые изделия – шпалы, имеют лучшие характеристики, по сравнению с железобетонной и деревянной шпалами, поэтому замена на композиционные деревянные и железобетонных (ж/б) вполне себя оправдывает.

Такие шпалы можно использовать и на высокоскоростных железнодорожных магистралях, и на железных дорогах, которые строят на вечной мерзлоте. Данные шпалы также уменьшат количество складированных, а в некоторых случаях попросту выброшенных, шпал, что позитивно скажется на экологии страны [1-3].

С приходом производства появилось большое разнообразие отходов, которые крайне важно правильно утилизировать или перерабатывать. Неправильная утилизация пагубно влияет на окружающую среду, что ведет к деградации экосистемы и сказывается на здоровье человека. Поэтому проблема неправильного распоряжения отходами является одной из наиболее важной для современного общества. Переработка отходов способствует снижению потребления природных ресурсов нашей земли. Такие материалы, как металлы и древесина, требуют более значительных затрат не только ресурсов, но и энергии для добычи и производства

Тема экологии и переработки тесно связано с транспортным строительством. Не думаю, что кто-то в наше время может представить жизнь без транспорта. Но даже с таким количеством преимуществ рядом находятся минусы. Транспортное строительство периодически сталкивается с финансовыми затруднениями и сложностью осуществления каких-либо нововведений из-за угрозы окружающей среде. Поэтому в этой сфере нужно продумывать каждую деталь и стремиться к экономии и выгоде для людей и природы.

К отходам относят такой материал, как древесина. Хотелось бы начать с того, что древесина – это возобновляемый природный ресурс или сырье, которое люди используют уже тысячи лет для производства разных изделий или постройки разнообразных сооружений. Но что же делать с разными видами древесных отходов? Оставлять такой материал в бесконтрольном состоянии – это серьезная опасность. Для снижения экологических опасностей древесные отходы стараются так же использовать для какого-либо производства. Независимо от того, где находятся древесные отходы, этот процесс загрязняет атмосферу, создает горы отходов и беспорядок [3, 4]. Древесные отходы используются в строительстве шпал для железнодорожных путей.

И на данный момент такой вид транспортного строительство остается очень актуальным. Важным фактором, определяющим перспективность разработки шпал новых

конструкций, является крайне неравномерное развитие железных дорог на территории России [5].

К основным экологическим преимуществам полимерных композиционных шпал относятся возможности использования для их производства вторичного сырья, а также переработки их в новые шпалы по окончании срока эксплуатации. Пластиковые шпалы нет необходимости пропитывать ядовитым креозотом, которым пропитывают деревянные шпалы для устойчивости к гниению. Со временем все чаще и чаще возникают трудности при переработке шпал, которые обработаны масляными пропитками, такими как креозот.

Очень часто специально предназначенные полигоны переполняются такими шпалами, что способствует их захоронению в неподходящих участках [6-7]. К сожалению это может привести к серьезным экологическим осложнениям. Переработка деревянных шпал может послужить замыканием жизненного цикла продукта, а также хорошей заменой нужного материала для обработки и источника энергии.

К сожалению, предназначенные свалки для выработавших свой ресурс шпал, быстро заполняются, и это может привести к серьезным экологическим осложнениям, т. к. отработанные шпалы начинают просто сваливать в местах, не предназначенных для утилизации.

Но, проблема может быть решена с помощью переработки деревянных шпал - послужить замыканием жизненного цикла продукта, а также хорошей заменой нужного материала для обработки и источника энергии [8].

Теперь мы можем плавно перейти к сравнению композиционных шпал по сравнению с другими.

Основные преимущества деревянных композиционных шпал:

- возможность применения для разных стандартов ширины путей без существенной переработки внутреннего конструктива; низкая цена; простая конструкция и технология производства; высокая прочность геометрических параметров, износостойкость;

- выдерживают температуры от плюс 60 до минус 60 градусов Цельсия; не боятся влаги, химически устойчивы, не ржавеют; срок службы более 50-ти лет; нет коррозии, гнили и не подвержены атаке паразитов; хорошая изоляция.

Деревянные композиционные шпалы обладают большим преимуществом по сравнению с другими видами шпал.

Преимущества деревянных шпал: легко обрабатываются и перемещаются; малое повреждение при аварийных ситуациях; выносливы при больших нагрузках и высоких скоростях; имеют очень низкую цену.

Недостатки деревянных шпал: возможность возгорания; атака паразитов при неправильной обработке или ее отсутствия; появление гнили; использование ядовитых пропиток, которые плохо влияют на окружающую среду.

Бетонные шпалы ничем не пропитывают, но из-за отсутствия необходимых производств по их утилизации возникают огромные свалки.



Преимущества бетонных шпал: срок службы 40-50 лет; возможность производства в больших количествах; из-за более тяжелого веса обеспечивает боковую устойчивость гусеницы; хорошая изоляция; нет коррозии; нет опасности со стороны паразитов, не подвержены гниению; благодаря долговечности являются перспективными для экономики.

Недостатки бетонных шпал: трудны в обработке; высокая цена; трудно изготавливаемые в различных видах размера и из-за этого не используются в строительстве мостов и переправах. Использование стальных шпал ведет к экономическим потерям из-за того, что стальные шпалы обладают большей массой, электропроводностью и ограниченной коррозионной стойкостью.

Преимущества стальных шпал: срок использования 20-25 лет; не подвергаются разложению и нападению паразитов; прочное и простое соединение при высоких скоростях и нагрузках.

Недостатки стальных шпал: так же подвержены появлению коррозии; не могут использоваться для некоторых секций рельсов.

Изготовление пластиковых шпал помогают сохранению лесных ресурсов, более экологичны. Их можно еще раз использовать в качестве заполнителя в новых видах шпал.

Укладка шпал из переработанного пластика позволяет сократить использование древесины [9, 10].

На основе недостатков и преимуществ разных видов шпал, можно составить сравнительные диаграммы, что бы выяснить преимущество использования древесно-полимерных шпал.

Самый маленький период службы у деревянных шпал (10-12 лет), поэтому в этом сравнении такое производство занимает самую малую часть диаграммы, а самую большую часть занимают полимерные шпалы, ведь срок их службы более 50 лет (рис. 1). На основе этого факта сделаем вторую диаграмму, которая позволит нам понять так ли экономично такое производство, ведь обычно за отличным качеством следует высокая цена (рис. 2).

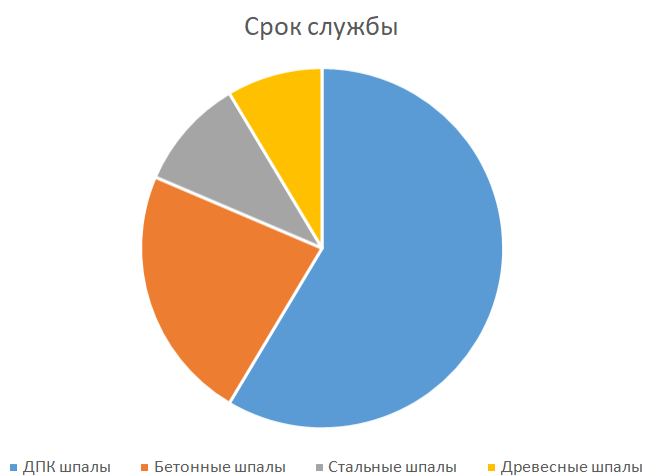


Рисунок 1 - Срок службы разных видов шпал

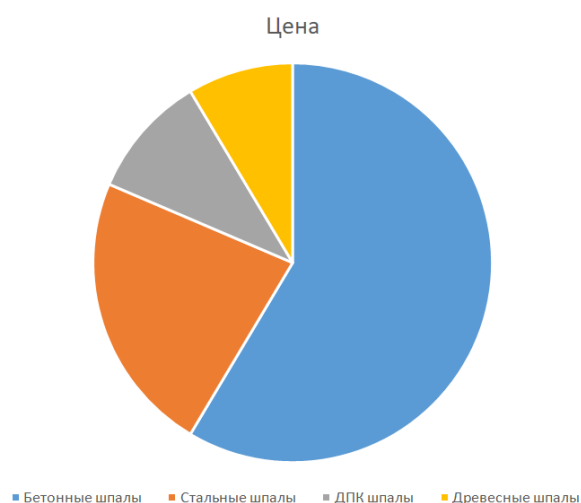


Рисунок 2 - Цена разных видов шпал

Но самыми экономичными мы все равно можем смело считать шпалы из древесного композиционного материала. Хотя деревянные шпалы дешевле, они менее долговечны и полезны для окружающей среды, поэтому более выгодны ДПК шпалы.

Вывод. Наиболее перспективным вариантом, считаем, является пластиковая шпала. У нее больше эксплуатационных достоинств, поэтому замена деревянных и бетонных шпал на пластиковые вполне обоснована. Такие шпалы можно использовать и на скоростных железнодорожных магистралях, и на железных дорогах, которые строят на дальнем севере. Данные шпалы также уменьшат количество складированных, а в некоторых случаях, попросту выброшенных, шпал, что позитивно скажется на экологии страны. Они (шпалы) экологичны и выгодны в цене.

Берегите планету и правильно распоряжайтесь отходами. Ведь отходы, которые вы считали обычным мусором, могут послужить на благо и дальше. Без умения правильного использования природных даров не получился бы такой долговечный материал, как древесно-полимерные шпалы.

### Список литературы

1. Стородубцева, Т.Н. Строительные древесностекловолоконные композиционные материалы для изделий специального назначения : моногр. / Т.Н. Стородубцева. - Воронеж: Изд-во ВГУ, Воронеж, 2005. – 42 с. ISBN 5-7455-1271-7
2. Стородубцева, Т.Н. Композиционный материал на основе древесины для железнодорожных шпал: Трещиностойкость под действием физических факторов : моногр. / Т.Н. Стородубцева. - Воронеж: Изд-во ВГУ, 2002.- 216 с. ISBN 5-7455-1271-7
3. Бугаян, С.А. Вторичное использование твердых бытовых отходов как неотъемлемый элемент рационального использования природных ресурсов: Текст научной статьи по специальности «Экономика и бизнес» / Бугаян, С. А. 2019. № 1. Том 10. DoI 10.17835/2078-5429.2019.10.1.090-099.
4. Грачева, В.Р. Роль переработки отходов в устойчивом развитии: экологические и экономические выгоды / 2023. URL: <https://moluch.ru/archive/487/106407/> (дата обращения: 22.03.2024).
5. Транспортное строительство: основные принципы и важность для развития городской инфраструктуры // Научные Статьи.Ру – портал для студентов и аспирантов. URL <https://nauchniestati.ru/spravka/transportnoe-stroitelstvo/> (дата обращения: 22.03.2024).
6. Фадеева, Г.Д., Паршина, К.С., Родина, Е.В. Железнодорожные шпалы: настоящее и будущее // Молодой ученый. – 2013. – №6. URL: <https://moluch.ru/archive/53/7190/> (дата обращения: 22.03.2024).
7. Нежданов, К.К., Гарькин, И.Н., Мягков, Д.В. Способ автоматической рихтовки рельсового пути и повышения долговечности шпал // Современные проблемы совершенствования работы железнодорожного транспорта: межвуз. сб. науч. трудов. –

М.: МИИТ, 2011. С. 102-104. – URL: <https://moluch.ru/archive/53/7221/> (дата обращения: 22.03.2024).

8. Стородубцева, Т. Н. Решение задачи ресурсосбережения - использование древесных отходов в композиционных материалах / Т. Н. Стородубцева // Развитие идей Г.Ф. Морозова при переходе к устойчивому лесоуправлению : материалы международной научно-технической юбилейной конференции, 20-21 апреля 2017 года / редкол.: М. В. Драпалюк (пред.), С. М. Матвеев (отв. ред.), М. В. Анисимов (отв. секретарь), С. Ю. Крохотина ; Воронеж. гос. лесотехн. ун-т им. Г.Ф. Морозова. - Воронеж, 2017. - С. 279-282. ISBN 978-5-7994-0785-8.

9. Кислицына, С. Н. Способы переработки отходов деревообрабатывающей промышленности : учебное пособие для студентов, обучающихся по направлению подготовки 35.03.02 "Технология лесозаготовительных и деревоперерабатывающих производств" // М-во образования и науки Российской Федерации, Федеральное гос. бюджетное образовательное учреждение высш. образования "Пензенский гос. ун-т архитектуры и стр-ва" (ПГУАС). - Пенза : ПГУАС, 2016. – 60 с.

10. Якунин, В.И. Стратегия развития железнодорожного транспорта Российской Федерации до 2030 г. // Железнодорожный транспорт. – 2007. – № 12. – С. 2–6.

## References

1. Storodubtseva, T.N. Construction wood-fiber composite materials for special-purpose products: monograph. / T.N. Storodubtseva. - Voronezh: VSU Publishing House, Voronezh, 2005. – 42 p. ISBN 5-7455-1271-7

2. Storodubtseva, T.N. Wood-based composite material for railway sleepers: Crack resistance under the influence of physical factors: monograph. / T.N. Starodubtseva. - Voronezh: VSU Publishing House, 2002.-216 p. ISBN 5-7455-1271-7

3. Bugayan, S.A. Recycling of municipal solid waste as an integral element of the rational use of natural resources: Text of a scientific article in the specialty "Economics and Business" / Bugayan, S. A. 2019. No. 1. Volume 10. Doi 10.17835/2078-5429.2019.10.1.090 -099.

4. Gracheva, V.R. The role of waste recycling in sustainable development: environmental and economic benefits / 2023. URL: <https://moluch.ru/archive/487/106407/> (access date: 03/22/2024).

5. Transport construction: basic principles and importance for the development of urban infrastructure // Scientific Articles.Ru - a portal for students and graduate students. URL <https://nauchniestati.ru/spravka/transportnoe-stroitelstvo/> (access date: 03/22/2024).

6. Fadeeva G.D., Parshina K.S., Rodina E.V. Railway sleepers: present and future // Young scientist. – 2013. – No. 6. URL: <https://moluch.ru/archive/53/7190/> (access date: 03/22/2024).

7. Nezhdanov K.K., Garkin I.N., Myagkov D.V. A method for automatically straightening a rail track and increasing the durability of sleepers // Modern problems of improving the work of railway transport: interuniversity. Sat. scientific works – М.: МИИТ, 2011. P. 102-104. – URL: <https://moluch.ru/archive/53/7221/> (access date: 03/22/2024).

8. Storodubtseva T. N. Solving the problem of resource saving - the use of wood waste in composite materials / T. N. Storodubtseva // Development of ideas of G. F. Morozov in the transition to sustainable forest management: materials of the international scientific and technical anniversary conference, 20-21 April, 2017 / editorial board: M. V. Drapalyuk (chair), S. M. Matveev (executive editor), M. V. Anisimov (executive secretary), S. Yu. Krokhotina; Voronezh. state forestry engineering University named after G.F. Morozova. - Voronezh, 2017. - pp. 279-282. ISBN 978-5-7994-0785-8.

9. Kislitsyna S.N. Methods of processing waste from the woodworking industry: a textbook for students studying in the field of study 03.35.02 "Technology of logging and wood processing industries" // Ministry of Education and Science of the Russian Federation, Federal State. budgetary educational institution of higher education education "Penza State University of Architecture and Construction" (PGUAS). - Penza: PGUAS, 2016. – 60 p.

10. Yakunin V.I. Strategy for the development of railway transport in the Russian Federation until 2030 // Railway transport. – 2007. – No. 12. – P. 2–6.

DOI: 10.58168/CIRCULAR2024\_268-272

УДК 004.942:551.582

**ВАРИАБЕЛЬНОСТЬ УГЛЕРОДНОГО ЦИКЛА В ПОЧВАХ ПРИРОДНЫХ  
И АНТРОПОГЕННО ПРЕОБРАЗОВАННЫХ ЭКОСИСТЕМ КУРСКОГО РЕГИОНА**  
VARIABILITY OF THE CARBON CYCLE IN SOILS OF NATURAL  
AND ANTHROPOGENICALLY TRANSFORMED ECOSYSTEMS OF THE KURSK REGION

**Неведров Н.П.**, кандидат биологических наук, доцент ФГБОУ ВО «Курский государственный университет», Курск, Россия.

**Nevedrov N.P.**, candidate of Biological Sciences, associate professor, Kursk State University, Kursk, Russia.

**Демехин И.В.**, аспирант ФГБОУ ВО «Курский государственный университет», Курск, Россия.

**Demekhin I.V.**, postgraduate student, Kursk State University, Kursk, Russia.

**Аннотация:** В статье приведены данные о пространственно-временной изменчивости пулов и потоков углерода в темно-серых почвах и подзолах (дерново-подзолах) песчаных, а также в их разнообразных антропогенных модификаций. Отмечено, что пространственное разнообразие потоков CO<sub>2</sub> с поверхности исследуемых темно-серых и агротемно-серых почв значительно выше, чем с поверхности подзолов и дерново-подзолов песчаных. Установлено, что загрязнение темно-серых почв и подзолов песчаных тяжелыми металлами по-разному сказывается на изменчивости почвенных потоков CO<sub>2</sub> с их поверхности. Выявлено, что обработка агротемно-серых почв живой культурой *Chlorella sorokiniana* уменьшает углеродоемкость агротехнологии возделывания сои в условиях Курского региона.

**Abstract:** The article presents data on the spatiotemporal variability of carbon pools and fluxes in Grey-Luvic Phaeozems and Albic Podzol (Arenic), as well as their various anthropogenic modifications. It was noted that the spatial diversity of CO<sub>2</sub> fluxes from the surface of the studied Grey-Luvic Phaeozems and Grey-Luvic Phaeozems Hortic is significantly higher than from the surface of Albic Podzol (Arenic) and Albic Podzol (Arenic, Ochric). It has been established that contamination of Grey-Luvic Phaeozems and Albic Podzol (Arenic) with heavy metals has different effects on the variability of soil CO<sub>2</sub> fluxes from their surface. It was revealed that the treatment of Grey-Luvic Phaeozems Hortic with a living culture of *Chlorella sorokiniana* reduces the carbon intensity of soybean cultivation technology in the conditions of the Kursk region.

**Ключевые слова:** почвенные потоки углерода, мезоэкосистемы, альфегумусовые почвы, агротемно-серые почвы, микроводоросли.

**Keywords:** soil carbon fluxes, mesoecosystems, Al-Fe-Humus soils, Grey-Luvic Phaeozems Hortic, microalgae.

Нарастающая интенсивность хозяйственной деятельности человека приводит к значительным изменениям углеродного цикла экосистем, в т.ч. природных. Деградация почв,

вызванная истощающим режимом земледелия, чрезмерной эксплуатацией лесных ресурсов, химическим загрязнением, ограничивает способность почв к депонированию углерода. Даже при использовании органических удобрений в агроэкосистемах ежегодно отмечаются потери органического вещества почвами. В регионах РФ в следствие интенсивной хозяйственной деятельностью потери углерода почвами могут составлять до 800 кг С/га в год [1]. Смещение углеродного баланса в сторону его эмиссии в атмосферу – доминирующий фактор трансформации климатической системы Земли [3]. Изменения природы и климата уже сегодня требуют от региональных и глобальных экономических систем серьезных перестроений и адаптаций. Изучение углеродного цикла экосистем во всем их разнообразии, а также разработка и внедрение углеродных проектов позволит управлять климатической системой планеты и снижать темпы глобального потепления. Например, использование различных биопрепаратов на основе микроводорослей может помочь в достижении углеродной нейтральности в агроэкосистемах, а также повысить плодородие почв [4].

Цель работы – экологическая оценка почвенных потоков и пулов углерода в условиях пространственно-временной изменчивости свойств почв на фоне их генетической неоднородности и антропогенной трансформированности (на примере Курского региона).

Исследование проводилось на территории Агробиологической станции Курского государственного университета (АБС КГУ), расположенной в северной части Курской агломерации, а также на территории урочища «Парк», расположенного в южной части Курска. В рамках исследований на АБС КГУ объектом исследования являлся почвенно-растительный покров 6 ключевых участков, представленных природными, природно-антропогенными и антропогенными экосистемами: лесная экосистема, луг разнотравный, газонная экосистема, агроэкосистема (яблоневый сад), агроэкосистема (многолетние травы), агроэкосистема (чистый пар). Почвенный покров исследуемых экосистем был представлен темно-серыми почвами и агротемно-серыми почвами. На территории урочища «Парк» исследовались мезоэкосистемы лиственного и хвойного лесов, участки сплошных рубок, а также участки с турбированными, уплотненными и химически загрязненными альфегумусовыми почвами (подзолами и дерново-подзолами песчаными и их антропогенными модификациями). Также в условиях агроэкосистем АБС КГУ в 2022 и 2023 г. проводились мелкоделяночные опыты, нацеленные на исследование влияния живой культуры *Chlorella sorokiniana* на потоки углерода в агротемно-серых почвах.

Внутрисезонную изменчивость скорости почвенных потоков углерода оценивали по скорости эмиссии CO<sub>2</sub> с поверхности почв *in situ*. Использовали метод закрытых камер (инфракрасный газоанализатор CO<sub>2</sub> AZ 7752, откалиброванный по Li-820 и концентрации CO<sub>2</sub> в нижней тропосфере – 400 ppm). Измерения скорости потоков CO<sub>2</sub> осуществлялись в период с мая по сентябрь 2023 года [5]. Содержание органического углерода определялось по методу Тюрина. Биомассу травянистого покрова определяли с помощью метода укусов (размер пробных площадок – 0,25 м<sup>2</sup>, повторность трехкратная). Углерода фитомассы определяли сухим озолением. Статистическая обработка данных осуществлена с использованием средств Microsoft Excel 2007.

Почвенные потоки  $\text{CO}_2$  на исследуемых ключевых участках АБС КГУ, характеризовались сопоставимой сезонной динамикой с минимальными значениями показателя в мае – июне и максимальными – в июле (рис. 1).

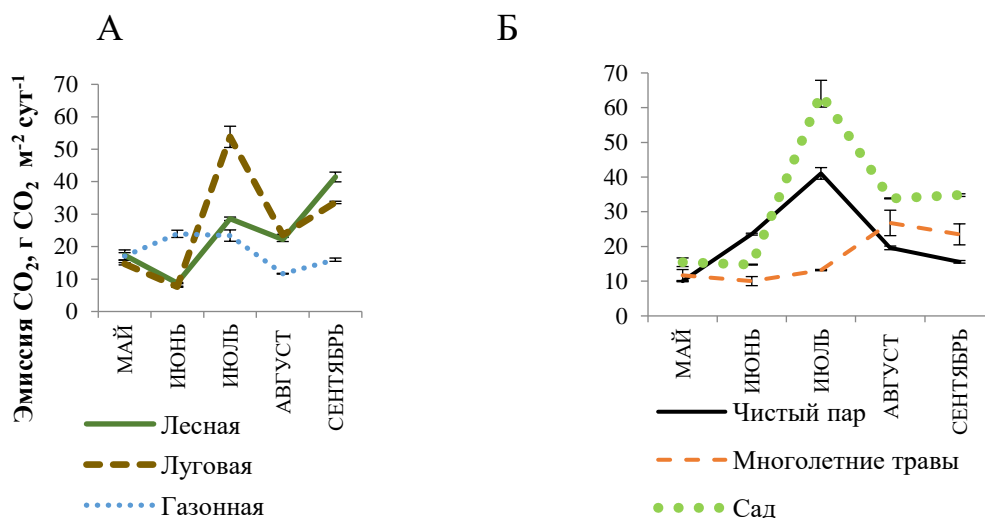


Рисунок 1 - Сезонная динамика скорости эмиссии  $\text{CO}_2$  из темно-серых и агротемно-серых почв ключевых участков АБС КГУ: А – естественные и урботрансформированные (газонная) экосистемы, Б – агроэкосистемы

В ходе проведенной оценки почвенных потоков  $\text{CO}_2$  установили, что больше всего углерода эмитировали в атмосферу почвы агроэкосистемы сада (19,0 т/га) и леса (13,8 т/га), что обусловлено преобладанием ризосферной активности по сравнению с другими исследуемыми экосистемами. Наименьшее количество углерода (9,9 т/га) эмитировали почвы агроэкосистемы с многолетними травами.

Результаты сезонных изменений содержания и запаса органического углерода в гумусовых горизонтах почв показали, что его накопление (увеличение на 0,11 – 0,12% по содержанию) происходило в почвах экосистем луга и сада, что объясняется сенокошением (5 раз за сезон) без выноса биомассы из экосистемы, что способствовало регулярному поступлению повышенного количества опада на поверхность почвы, с последующей его постепенной биodeградацией и гумификацией. В лесной, газонной экосистемах и агроэкосистемах (чистый пар, многолетние травы) отмечались исключительно потери  $\text{C}_{\text{орг}}$  почвами. Максимальные потери наблюдались в лесной экосистеме и составляли 0,34% от весенних значений исследуемого показателя.

В вегетационный сезон 2023 года в фитомассе (травостоя) и свежем опаде ключевых участков АБС КГУ запасалось от 4,2 до 7,5 т/га углерода. Лесная экосистема и агроэкосистема сада отличались большей продуктивностью и явно превалировали по этому показателю над остальными исследуемыми экосистемами.

Результаты, полученные в мезоэкосистемах урочища «Парк», показали, что в условиях антропогенной трансформации легких альфегумусовых песчаных почв отмечалось сезонное накопление содержания  $\text{C}_{\text{орг}}$  на 7,7 – 21,1%. Для уплотненных и турбированных почв,

наоборот, наблюдалось снижение содержания органического углерода на 7,4 – 14,7% относительно фоновой мезоэкосистемы (сосновый лес). Наиболее высокое содержание  $C_{\text{орг}}$  отмечалось в почве лиственного леса, почве рубки и почве, загрязненной стоками ливневых канализаций автомагистралей. Средняя за вегетационный сезон скорость почвенных потоков диоксида углерода составляла от 3,4 до 18,9 г  $\text{CO}_2 \text{ м}^{-2} \text{ сут}^{-1}$ . Минимальные значения скорости потоков  $\text{CO}_2$  были характерны для турбированных почвах, максимальные – для химически загрязненных (стоками ливневых канализаций автомагистралей) почв.

Обработка почв живой культурой микроводоросли *C. sorokiniana* приводила к изменениям сезонной динамики скорости потоков  $\text{CO}_2$  с поверхности агротёмно-серой почвы, что обусловлено увеличением численности (до 1,6 раза) зеленых водорослей в почвенном микробиоме [4]. Направленность изменений показателя находилось в зависимости от возделываемой культуры и способа обработки почвы. При ежемесячной обработке почв под культурой сои биопрепаратом на основе *C. sorokiniana* скорость почвенных потоков  $\text{CO}_2$ , как правило, снижалась на 6,1 – 24,7%, при общем за сезон уменьшении количества эмитируемого в атмосферу углерода на 10,8% (рис. 2).

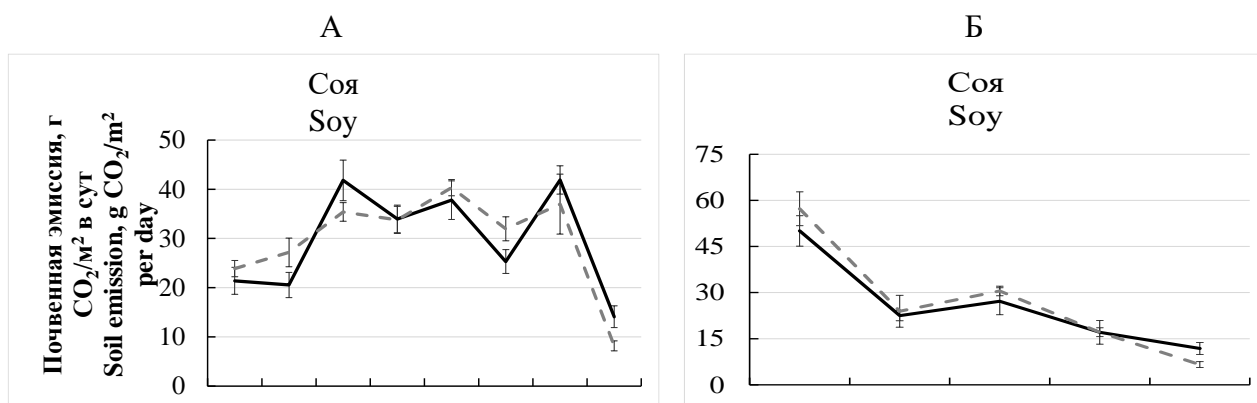


Рисунок 2 - Сезонная динамика потоков  $\text{CO}_2$  с поверхности агротемно-серых почв в условиях обработки почв живой культурой *C. sorokiniana* при возделывании сои

При однократной в вегетационный сезон обработке агротёмно-серых почв под соей внесение *C. sorokiniana* не приводило к существенным изменениям скорости потоков диоксида углерода, что можно объяснить относительно низкой дозой биопрепарата на фоне изменяющихся агроклиматических условий.

Антропогенное преобразование почв вносит существенные изменения в углеродный цикл почв Курского региона. Суммарное количество эмитированного в атмосферу углерода темно-серыми и агротемно-серыми почвами колебалось в пределах 9,9 – 19,0 т/га, при сезонной изменчивости скоростей почвенной эмиссии от 9,5 до 63,1 г  $\text{CO}_2 \text{ м}^{-2} \text{ сут}^{-1}$ . В альфегумусовых песчаных почвах скорости почвенной эмиссии были значительно ниже и составляли 3,4 – 18,9 г  $\text{CO}_2 \text{ м}^{-2} \text{ сут}^{-1}$  (общая эмиссия с поверхности почв за сезон 1,9–11,0 т/га). Сезонные потери почвенного органического углерода в агроэкосистемах достигали 0,34 %. В подзолах песчаных и их антропогенных модификациях отмечалось как



увеличение содержания органического углерода в почвах в течение вегетационного сезона на 21,1%, так и его снижение на 14,7 %. Химическое загрязнение темно-серых почв заметно снижало скорость почвенных потоков CO<sub>2</sub>, тогда как загрязнение подзолов, наоборот, приводило к значительному увеличению скорости потоков CO<sub>2</sub> из них. Применение биопрепарата на основе *C. sorokiniana* позволило снижать скорость потоков CO<sub>2</sub> с поверхности агротемно-серых почв 10,8 %, что свидетельствует о перспективности применения данной живой культуры при разработках углеродных проектов для агропроизводства.

### Список литературы

1. Аветов, Н. А., Александровский, А. Л., Алябина, И. О., Ананко, Т. В., Барсова, Н. Ю., Бирюков, М. В., ..., Январева, Л. Ф. Национальный атлас почв Российской Федерации. 2011.
2. Кублановская А.А, Хапчаева С.А., Зотов В.С., Зайцев П.А., Лобакова Е.С., Соловченко А.Е. Влияние суспензии клеток микроводоросли *Chlorella vulgaris* IPPAS C-1 (Chlorophyceae) на биологическую активность и микробиом почвы при возделывании фасоли // Вестник Московского университета. Серия 16. Биология. 2019. №4. С. 284 – 293.
3. Курганова И., Кудеяров В. Экосистемы России и глобальный бюджет углерода // Наука в России. 2012. №. 5. С. 25-32.
4. Лукьянов В. А., Стифеев А. И. Прикладные аспекты применения микроводорослей в агроценозе. Scientific magazine" Kontsep, 2014.
5. Nevedrov, N.P. Seasonal Dynamics of CO<sub>2</sub> Emission from Soils of Kursk / N.P. Nevedrov, D.A. Sarzhanov, E.P. Protsenko, I.I. Vasenev // Eurasian Soil Science. – 2021. – Vol. 54. – No. 1. – P. 80–88.

### References

1. Avetov N. A., Aleksandrovsky A. L., Alyabina I. O., Ananko T. V., Barsova N. Yu., Biryukov M. V., ... & Yanvareva L. F. National soil atlas of the Russian Federation. 2011.
2. Kublanovskaya A.A., Khapchaeva S.A., Zotov V.S., Zaitsev P.A., Lobakova E.S., Solovchenko A.E. The influence of a cell suspension of the microalgae *Chlorella vulgaris* IPPAS C-1 (Chlorophyceae) on the biological activity and microbiome of the soil during the cultivation of beans // Vestnik Moskovskogo universiteta. Episode 16. Biology. 2019. No. 4. P. 284 – 293.
3. Kurganova I., Kudeyarov V. Ecosystems of Russia and the global carbon budget // Nauka v Rossii. 2012. No. 5. P. 25-32.
4. Lukyanov V. A., Stifeev A. I. Applied aspects of the use of microalgae in agrocenosis. Scientific magazine" Kontsep, 2014.
5. Nevedrov, N.P. Seasonal Dynamics of CO<sub>2</sub> Emission from Soils of Kursk / N.P. Nevedrov, D.A. Sarzhanov, E.P. Protsenko, I.I. Vasenev // Eurasian Soil Science. – 2021. – Vol. 54. – No. 1. – P. 80–88.

DOI: 10.58168/CIRCULAR2024\_273-279

УДК 674

**РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ ПРИ РАСПИЛОВКЕ ЛЕСОМАТЕРИАЛОВ**  
**RESOURCE SAVING IN TIMBER CUTTING**

**Нетсев И.Э.**, студент 3 курса машиностроительного факультета ФГБОУ ВО «Воронежский государственный лесотехнический университет имени Г.Ф. Морозова», Воронеж, Россия.

**Максименков А.И.**, к.т.н., доцент, заведующий кафедрой лесной промышленности, метрологии, стандартизации и сертификации ФГБОУ ВО «Воронежский государственный лесотехнический университет имени Г.Ф. Морозова» Воронеж, Россия.

**Netsev I.E.**, 3rd year student of the mechanical engineering faculty, Voronezh State University of Forestry and Technologies named after G.F. Morozov, Voronezh, Russia.

**Maksimenzov A.I.**, PhD, Associate Professor, Head of the Department of Forestry, Metrology, Standardization and Certification, Voronezh State University of Forestry and Technologies named after G.F. Morozov, Voronezh, Russia.

**Аннотация.** Использование ресурсосберегающих технологий является неотъемлемой частью устойчивого развития любой сферы промышленности. Одним из факторов, влияющих на ресурсосбережение лесопильных технологий, является рациональный распил лесоматериалов, базирующийся на выборе способа распиловки с учетом специальных требований, предъявляемых к пиломатериалам, минимизацией энергоемкости и максимального выхода высококачественной продукции. В статье рассматриваются наиболее часто применяемые схемы распиловки, проводится их сравнительный анализ с учетом эффективности и ресурсосбережения.

**Abstract.** The use of resource-saving technologies is an integral part of the sustainable development of any industry. One of the factors influencing the resource-saving of sawmill technologies is the rational sawing of timber, based on the choice of sawing method taking into account the special requirements for sawn timber, minimizing energy consumption and maximum output of high-quality products. The article considers the most frequently used sawing schemes, conducts a comparative analysis taking into account efficiency and resource conservation.

**Ключевые слова:** лесозаготовки, ресурсосбережение, схемы распила, энергоемкость, выход продукции, текстура дерева, коробление, усушка.

**Keywords:** logging, resource conservation, sawing patterns, energy consumption, product yield, wood texture, warping, shrinkage.

Одной из энергоемких и наиболее важных технологических операций при переработке древесины является ее распиловка на пиломатериалы. Основной и общепринятый критерий ресурсосбережения и эффективности переработки лесоматериалов - это максимальный

выход продукции с требуемым качеством в долях или процентах от объема исходного сырья. Поэтому главная цель распиловки - получение максимально полных объемов выхода готовых пиломатериалов при низком количестве отходов, низкой трудоемкости, высокого уровня энергосбережения и т.д.

Существуют факторы, определяющие ресурсосбережение и эффективность распиловки. Они отражены на схеме (рис. 1).

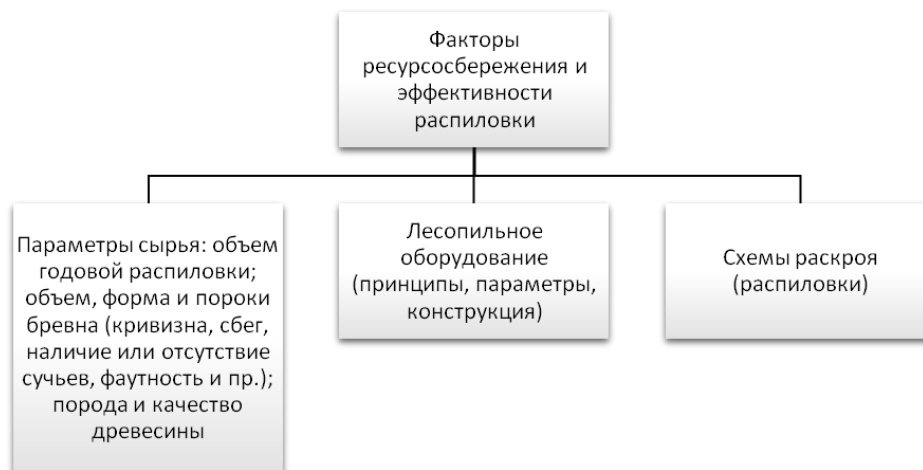


Рисунок 1 - Факторы, определяющие ресурсосбережение и эффективность распиловки

Характеристики и параметры сырья относятся к числу факторов, которые практически не поддаются управлению со стороны человека. Единственный способ управления этой группой факторов с целью повышения ресурсосбережения и эффективности – сортировка сырья по различным признакам. Воздействуя на два последних фактора, можно управлять процессами ресурсосбережения и повышать эффективность распиловки. Например, подбором соответствующего оборудования или его модернизацией. Но основным фактором управления является схема распиловки бревен. Характеристика сырья и целевое использование являются основными критериями, определяющими выбор схемы распиловки.

Существует четыре различных типа схем распиливания, которые различаются по внешнему виду, размеру и цене: плоские (простые распилы в хвойных породах), радиальные (вертикальные волокна в хвойных породах), рифленые и живые [4].

Живая распиловка в реальном времени, также известная как распиловка слябов или сквозная распиловка, представляет собой процесс, когда бревно распиливается примерно наполовину на открытой стороне, а затем один раз поворачивается на противоположную сторону для распиловки до тех пор, пока бревно не будет закончено. Хотя это может быть самый простой и быстрый метод распиловки, но в реальном времени означает, что каждый кусок пиломатериала необходимо обрезать кромкой, чтобы получить максимальную ценность[2]. Распиленные пиломатериалы часто бывают широкими и тяжелыми, более

низкого сорта и могут иметь чрезмерное коробление в процессе сушки. Такая распиловка обычно рекомендуется для бревен низкого качества из-за этих недостатков.

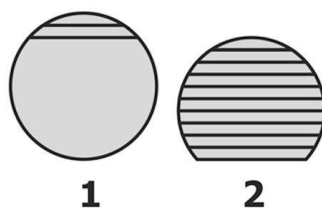


Рисунок 2 - Этапы живой распиловки

При распиловке на брусы первые разрезы выполняются по верхней части бревна и переворачиваются на 180 градусов, чтобы распилить вторые разрезы по противоположной стороне. После поворота на 90 градусов, чтобы распилить третью сторону, и еще на 180 градусов, чтобы распилить последнюю сторону, бревно превращается в центральную часть, называемую брусом. Этот брус либо отправляется на другую машину для дальнейшей обработки, либо продается как крупный и тяжелый брус. Распиловка бруса максимально увеличивает производительность лесопилки в объемах досок в день и широко используется в лесопильной промышленности. Распиловка брусьев, используемая в основном для бревен среднего и низкого качества, может сэкономить время и усилия при работе с низкосортными и недорогими пиломатериалами [3].

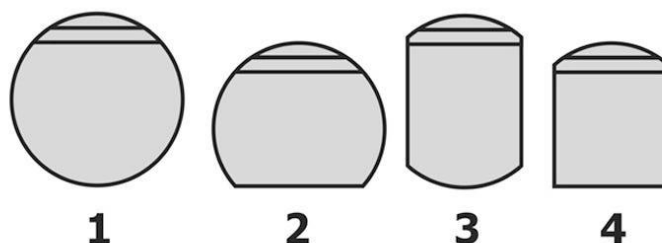


Рисунок 3 - Этапы распила на брус

Иногда вместо того, чтобы оставлять брус как есть, его поворачивают и распиливают, чтобы получить максимальное количество пиломатериалов. При необходимости доски затем обрезают, отпиливая необработанный край.

Плоский (тангенциальный) распил — наиболее распространенный вариант распила. При плоской распиловке бревно распиливают, обтачивают на новую грань, распиливают и снова обтачивают до пяти раз. Распил идет с внешней стороны бревна, что придает древесине характерный кафедральный (остроконечный) узор [3].

Плоский распил является наиболее экономичным видом сортовой распиловки, поскольку его очень быстро производить и при этом возникает мало отходов: доски получаются широкие, а сучков мало.

С финансовой точки зрения сортировочная плоская распиловка является лучшим ресурсосберегающим методом распиловки бревен среднего и высокого качества, даже, несмотря на то, что на некоторых заводах может быть сложно переворачивать бревно, а ежедневный объем производства может быть ниже [2].

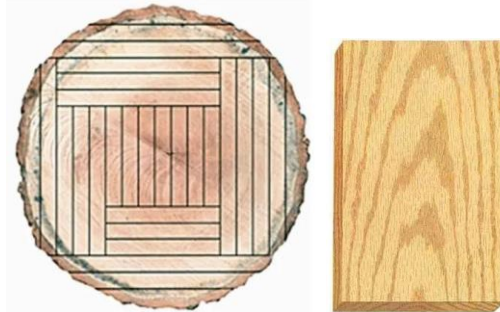


Рисунок 4 - Схема плоского распила

Есть несколько причин рассмотреть возможность распиловки пиломатериалов на четверти (радиальным способом), поскольку структура волокон некоторых лиственных пород пользуется большим спросом. Например, дуб, распиленный радиально, дороже, чем дуб, распиленный плоским способом. Древесина, распиленная радиально, также характеризуется высокой прочностью, а это означает, что во время высыхания она будет давать меньшую усадку и коробление, чем другие пиломатериалы. Из-за этих преимуществ столяры-краснодеревщики, обычно предпочитают работать с пиломатериалами, распиленными радиально. Распиленный радиально пиломатериал получается путем четвертования бревна и последующего деления этих четвертей на пиломатериалы. Радиальные лучи направлены от центра бревна вдоль радиуса (отсюда и термин «радиальные лучи»); по этой причине, хотя лучи всегда технически присутствуют в древесине, они становятся наиболее заметными и выраженными на пиломатериале радиального распила. При радиальном распиле бревна, рассекаются лучи в древесине, в результате пиломатериал дает длинные прямые линии волокон. Практически у всех пород древесины есть радиальные лучи, но только у древесины с широкими, заметными лучами будут проявляться невероятные блики на поверхности [4].

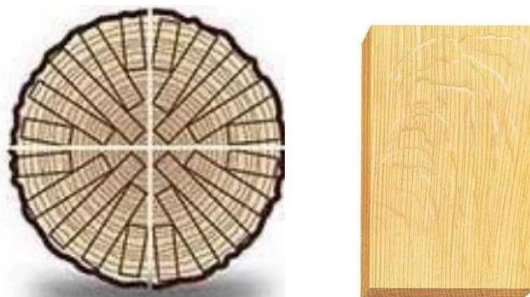


Рисунок 5 - Схема радиального распила

Радиальный распил требует больше времени (более высокая энергоемка при резке в торец) и создает изрядное количество отходов в ходе процесса (низкий объемный выход), что

может повысить себестоимость пиломатериалов. Но, пиломатериалы радиальной распиловки обладают более высоким качеством, чем пиломатериалы тангенциальной распиловки.

Рифтовая (полурадиальная) распиловка очень похожа на радиальную. Пиломатериалы, распиленные по рифтовой схеме, имеют такие же длинные прямые линии текстуры, как и пиломатериалы, распиленные радиально, но без лучевых узоров. Глядя на торцевую структуру досок, можно заметить, что годовичные кольца слегка отклоняются под углом от  $30^\circ$  до  $60^\circ$  градусов от поверхности[5]. Поскольку процесс распила очень похож, то таким способом также получают узкие доски.

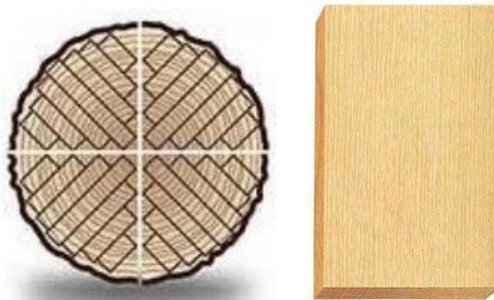


Рисунок 6 - Рифтовый распил

Пиломатериалы рифтовой распиловки максимально устойчивы к внешним воздействиям, практически не подвергаются деформации и обладают высокой износостойкостью. Имеют коэффициент усушки  $0,19\%$ , а коэффициент разбухания  $0,2\%$ , что в два меньше чем у пиломатериалов тангенциальной распиловки [5], поэтому, несмотря на высокую энергоёмкость процесса распила, они являются наиболее ресурсосберегающим выбором выработки пиломатериалов.

В табл. 1 приведена сравнительная характеристика способов распила с учетом ресурсосбережения и эффективности.

Определяя способ распиловки с целью ресурсосбережения необходимо брать во внимание в первую очередь стоимостный критерий и в этом случае при высокой цене все остальные критерии могут игнорироваться, и оправдывается это превышением прибыли над убытками от потерь меньшего объемного выхода и больших энергозатрат на куб готовой продукции[2].

Итак, является основным подходом к ресурсосберегающему производству пиломатериалов оптимизация распила лесоматериалов с целью получения наиболее ценной и требуемой номенклатуры лесоматериалов с учетом минимизации удельной энергоёмкости и максимизации объема выхода продукции.

Таблица 1 - Сравнительная таблица схем распиловки

Схема распила	Преимущества	Недостатки
Живой распил	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Самая низкая стоимость распиловки</li> <li>2. Высокая скорость распиловки</li> <li>3. Не требует высокой квалификации персонала.</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Доски имеют тенденцию к короблению и растрескиванию во время высыхания.</li> <li>2. При распиловке относительно толстых досок может возникнуть высокая степень отходов.</li> </ol>
Плоский распил	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Быстрота распила</li> <li>3. Низкий выход отходов</li> <li>4. Широкие прочные доски</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Склонность к растрескиванию и короблению, легко деформируются при большой влажности</li> <li>2. Текстура мало подходит для декоративной обработки</li> <li>3. Высокая энергоемкость на единицу продукции, за счет дополнительных поворотов бревна</li> </ol>
Радиальный распил	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Ценная характеристика узора поверхности для столяров.</li> <li>2. Усадка в два раза меньше по ширине по сравнению с другими пиломатериалами при сушке (3% против 6%)</li> <li>3. Сохнет ровно, с меньшим риском повреждения во время сушки.</li> <li>4. Более устойчивы в среде с переменной влажностью.</li> <li>5. изнашивается более равномерно при использовании в качестве напольного покрытия.</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Увеличение времени (и затрат) на распиловку (15%) – самая высокая энергоемкость.</li> <li>2. Более высокие потери, чем при плоской распиловке (20%)</li> <li>3. Обычно требуются бревна большего диаметра, чтобы избежать тонких досок.</li> <li>4. Усаживается в два раза больше по толщине по сравнению с плоскими пиломатериалами.</li> <li>5. Тенденция искривлению в поперечном направлении.</li> </ol>
Рифтовый распил	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Чрезвычайно прочный пиломатериал с высокой стоимостью.</li> <li>2. Создает равномерно расположенный параллельный рисунок волокон.</li> <li>3. Высокий объемный выход</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Высокая энергоемкость, но ниже чем у радиальной распиловки.</li> <li>2. Обычно требуются бревна большего диаметра, чтобы избежать тонких досок.</li> <li>3. Относительно низкий уровень отходов</li> </ol>

### Список литературы

1. Копейкин А.М. Технология лесопильно-деревообрабатывающих производств: учебное пособие / А.М. Копейкин, Р.В. Дерягин. – Вологда: ВоГТУ, 2013. – 95 с.
2. Сафин Р.Р, Беляева А.В. Энергосбережение: современный подход к повышению эффективности деревообрабатывающих предприятий России // Деревообрабатывающая промышленность. - 2005. - №3. - С. 11-13
3. Справочник по лесопилению / Ю.А. Варфоломеев, И.С. Дружин, Ю.А. Дьячков и др. Под ред. А.М. Копейкина. - М.: Экология, 1991. - 496 с
4. Якимович, С.Б. Оптимизация раскроев на сортименты и пиломатериалы в условиях лесосеки / С.Б.Якимович, Ю.В.Ефимов // Лесной вестник. - 2008. - №6. - С. 125 - 129.
5. Янушкевич, А. А. Технология лесопильного производства : учебник для студентов вузов по спец. «Технология деревообрабатывающих производств», «Машины и оборудование лесного комплекса», «Профессиональное обучение (деревообработка)» / А. А. Янушкевич ; Белорусский государственный технологический университет. - Минск : БГТУ, 2010. - 328 с.

### References

1. Kopeikin A.M. Technology of sawmills and woodworking industries: textbook / A.M. Kopeikin, R.V. Deryagin. – Vologda: VoGTU, 2013. – 95 p.
2. Safin R.R., Belyaeva A.V. Energy saving: a modern approach to increasing the efficiency of woodworking enterprises in Russia // Woodworking industry. - 2005. - No. 3. - pp. 11-13
3. Handbook of sawmilling / Yu.A. Varfolomeev, I.S. Druzhin, Yu.A. Dyachkov et al. Ed. A.M. Kopeikina. - M.: Ecology, 1991. - 496 p.
4. Yakimovich, S.B. Optimization of cutting for assortments and lumber in cutting areas / S.B. Yakimovich, Yu.V. Efimov // Lesnoy Vestnik. - 2008. - No. 6. - P. 125 - 129.
5. Yanushkevich, A. A. Sawmill technology: a textbook for university students on special topics. «Technology of woodworking industries», «Machinery and equipment of the forestry complex», «Vocational training (woodworking)» / A. A. Yanushkevich; Belarusian State Technological University. - Minsk: BSTU, 2010. - 328 p.



DOI: 10.58168/CIRCULAR2024\_280-283

УДК 678.073

**К ЧЕМУ ПРИВОДЯТ ОШИБКИ ПРОЕКТИРОВЩИКОВ?****WHAT DO THE MISTAKES OF DESIGNERS LEAD TO?**

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

**Стородубцева Т.Н.**, доктор технических наук, профессор ФГБОУ ВО «Воронежский государственный лесотехнический университет имени Г.Ф. Морозова», Россия, Воронеж.

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

**Storodubtseva T.N.**, doctor of Technical Sciences, professor, Voronezh State University of Forestry and Technologies named after G.F. Morozov, Voronezh, Russia.

**Аннотация:** В этой статье мы рассмотрим, какие ошибки могут быть допущены при выборе материалов, эргономики, функциональности и дизайна. Однако при проектировании важно учитывать науку и функциональность. Эта тема недостаточно изучена, и на ее раскрытие может повлиять многие факторы. Проекты будут более эффективными, если при внедрении современных технологий, используются передовые технологии и материалы. Дизайн-это решение высоко уровневых проблем для улучшения развития или создания конкретной технической системы. В то же время проекты могут быть максимально эффективными благодаря использованию самого современного оборудования, технологий и передовых научных знаний. В то же время проекты должны быть реалистичными.

**Abstract:** In this article we will look at what mistakes can be made when choosing materials, ergonomics, functionality and design. However, it is important to consider science and functionality when designing. This topic is not well understood and many factors may influence its development. Projects will be more effective if advanced technologies and materials are used when introducing modern technologies. Design is the solution of high-level problems to improve the development or creation of a specific technical system. At the same time, projects can be as efficient as possible by using the most modern equipment, technology and cutting-edge scientific knowledge. At the same time, projects must be realistic.

**Ключевые слова:** проектирование, выбор материалов, эффективность, технологии.

**Keywords:** design, choice of materials, efficiency, technology.

Дизайн требует максимального внимания к деталям, от размеров конструкции до выбора материалов для фурнитуры и облицовки фасада. В ситуациях, когда необходимо реализовать нестандартные решения, требуется разработка индивидуальных дизайн-проектов. При создании эскиза дизайнер учитывает размеры, форму конструкции. Количество и взаимное расположение элементов хранения. Это обеспечивает точность расчетов и

квалифицированные консультации по дизайну мебели. Самым популярным программным обеспечением для создания элементов интерьера считается PRO100.

Эскизы можно быстро и легко создавать и просматривать в разных плоскостях. Создание индивидуального проекта - это длительный процесс, состоящий из множества этапов [1]. Необходимо учесть множество деталей, от размеров здания и выбора фурнитуры до облицовки фасада.

Ошибки проектирования приводят к снижению безопасности. Неправильно построенные здания, оборудование и системы могут стать причиной несчастных случаев и обрушений; увеличение затрат: ошибки в проектировании приводят к дополнительным затратам, связанным с необходимостью перепроектирования или доработки проекта; нарушение сроков: разработчики могут неверно оценить время, необходимое для реализации проекта, что приведет к нарушению сроков; неудовлетворенность клиентов: ошибки в проектах могут привести к неудовлетворенности клиентов и негативно сказаться на репутации компании.; эксплуатационные проблемы: плохо спроектированные системы и объекты могут привести к эксплуатационным проблемам, таким как неэффективность и поломки [2]; экологические проблемы: неправильное проектирование зданий и внутренних конструкций может привести к ухудшению состояния окружающей среды, включая выбросы вредных веществ и загрязнение окружающей среды и т.п.; угроза жизни и здоровью: ошибки в проектах, связанных с безопасностью, таких как здания, мосты и дороги, могут иметь серьезные последствия для жизни и здоровья.

Ошибки, допущенные дизайнерами мебели, могут иметь серьезные последствия для конечного продукта и его использования. Неправильный выбор материалов, плохая эргономика, недостаточная функциональность и ошибки в дизайне могут привести к быстрому износу, дискомфорту для пользователя, нежелательному внешнему виду и низкому качеству мебели [3]. Поэтому важно уделить должное внимание всем аспектам дизайна мебели, а также потребностям и предпочтениям пользователя.

Стоимость исправления ошибок в конструкции мебели зависит от ее сложности, масштаба изменений и используемых материалов. Чтобы получить более точную оценку, лучше всего обратиться к профессиональному дизайнеру или мастеру.



Рисунок 1 - Стоимость исправления – задачи тестирования ПО – снизить стоимость разработки путем раннего обнаружения дефектов; тест дизайн – самая ранняя фаза, на которой тестирование врезается в разработку

Самостоятельный ремонт: небольшие дефекты мебели иногда можно исправить самостоятельно, используя специальные инструменты и материалы. Это может быть более экономичным вариантом, но требует определенных навыков и времени.

Специализированный ремонт: если возникла сложная ошибка или у вас нет необходимых навыков или инструментов, вы можете попросить специалиста по ремонту мебели сделать это за вас. Стоимость такого ремонта зависит от масштаба ошибки, материалов и местоположения [4].

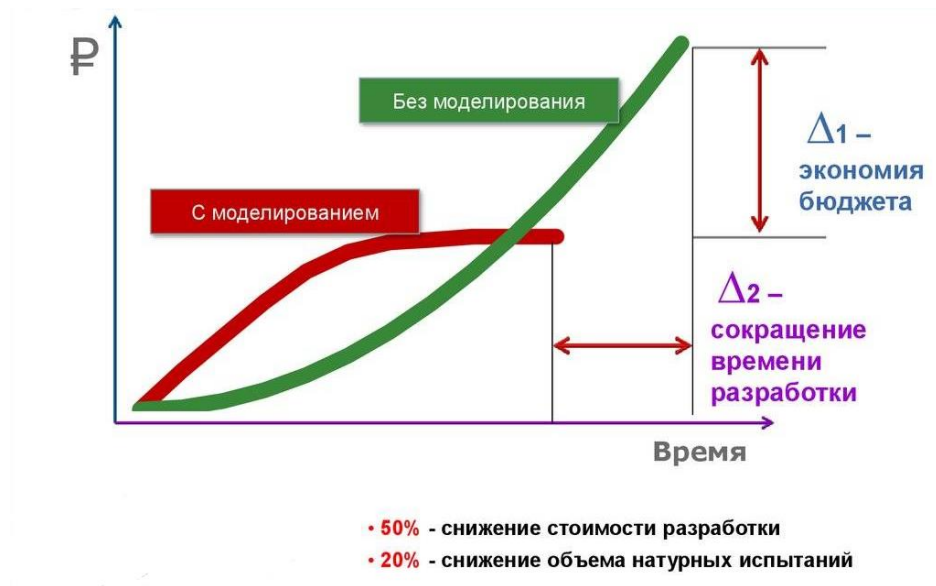


Рисунок 2 – Стоимость ошибок при проектировании

При проектировании корпусной мебели следует соблюдать общие правила, определяющих простоту сборки, долговечность продукции простота в обращении. В любом изделии практичность, комфорт и красота — две стороны одной медали, а его форма объективно зависит от функции, дизайна, материалов и технологий производства. Это подчеркивает важную роль технологий в разработке новых продуктов и обеспечении их качества.

Проектирование изделия или его компонентов называется техническим и инженерным проектированием, если оно гарантирует производство продукции с заданными характеристиками при минимальных затратах труда и материалов [3]. Простой дизайн и идеальная форма обеспечивают удобство и минимальные трудозатраты при сборке и ремонте изделий. К техническим показателям также включают точность и чистоту продукта, возможность разборки, замены деталей и элементов, уровни стандартов и типов консолидации и видов отделки.

1) Определение и характеристика корпусной мебели.

- Понятие "корпусная мебель".

- Характеристика корпусной мебели по материалу, дизайну и функциональности.

- Особенности процесса проектирования корпусной мебели.

2) Роль опыта в проектировании корпусной мебели.

- Опыт как основа для принятия эффективных проектных решений.
- Аккумуляция опыта различных проектов и ее роль в повышении качества дизайна.

- Преимущества сотрудничества с опытным специалистом в этой сфере.

3) Профессионализм в проектировании корпусной мебели.

- Знание потребностей клиента и его адаптация в соответствии с их потребностями.

- Профессиональные навыки дизайнера мебели.

- Ответственный и профессиональный подход во всех стадиях проектирования.

4). Основные этапы проектирования корпусной мебели.

- Определение и анализ требований клиента.

- Создание шаблонов и создание идей.

- 3D-моделирование и визуализация проекта.

- Разработка деталей конструкций и техническая документация.

- Постановка задач по производству и контролю качества.

Ошибки проектировщиков могут вызывать увеличение стоимости проекта, проблемы качества продукции, нарушения сроков его реализации, ухудшение репутации предприятия, проблемы безопасности и снижение эффективности работ.

### Список литературы

1. Бунаков П.Ю., Стариков А.В. Автоматизация проектирования корпусной мебели: основы, инструменты, практика. – Москва, ДМК Пресс, 2009. – 852 с.

2. Барташевич, А. А., Трофимов С. П. Конструирование мебели. - Минск, 2006. – 368 с.

3. Григорьев М. А. Материаловедение для столяров и плотников. – Москва : Высшая школа, 1985. - 161 с.

4. Белов А.А., Янов В.В. Художественное конструирование мебели. – Москва : Лесная промышленность, 1974. – 224 с.

### References

1. Bunakov P.Yu., Starikov A.V. Automation of cabinet furniture design: basics, tools, practice / DMK Press, Moscow, 2009. – 852 p.

2. Bartashevich, A. A., Trofimov S. P. Furniture design. Minsk, 2006. - 368 p.

3. Grigoriev M. A. Materials science for joiners and carpenters: Publishing house: Higher School, Moscow, 1985. - 161 p.

4. Belov A.A., Yanov V.V. Artistic design of furniture Moscow: Timber industry, 1974. – 224 p.

DOI: 10.58168/CIRCULAR2024\_284-287

УДК 332.644

## ДОХОДНОСТЬ ЛЕСА В СОВРЕМЕННЫХ УСЛОВИЯХ РОССИЙСКОЙ ЭКОНОМИКИ

FOREST PROFITABILITY IN MODERN CONDITIONS OF THE RUSSIAN ECONOMY

**Опара М.В.**, кандидат технических наук, доцент ФГБОУ ВО «Воронежский государственный лесотехнический университет имени Г.Ф. Морозова», Воронеж, Россия.

**Opara M.V.**, candidate of Technical Sciences, associate professor, Voronezh State University of Forestry and Technologies named after G.F. Morozov, Voronezh, Russia.

**Врагов С.А.**, преподаватель ФГБОУ ВО «Воронежский государственный лесотехнический университет имени Г.Ф. Морозова», Воронеж, Россия.

**Vragov S.A.**, teacher, Voronezh State University of Forestry and Technologies named after G.F. Morozov, Voronezh, Russia.

**Аннотация:** В настоящее время вопросы рационального использования леса и продуктов его производства стоят очень остро. Согласно Указу Президента необходимо более полно использовать природные ресурсы, при этом не только достигать экономического эффекта от его реализации, но и своевременно восстанавливать используемые природные дары. Основным источником дохода от реализации леса является его экспорт в Зарубежные страны, что приводит к истощению природных ископаемых.

**Abstract:** Currently, the issues of rational use of forests and their products are very acute. According to the Presidential Decree, it is necessary to use natural resources more fully, while not only achieving the economic effect of its implementation, but also restoring the natural gifts used in a timely manner. The main source of income from the sale of timber is its export to foreign countries, which leads to the depletion of natural resources.

**Ключевые слова:** экономический эффект, экспорт, лесозаготовка, лесовосстановление, устойчивое использование леса

**Keywords:** economic effect, export, logging, reforestation, sustainable use of forests

Доходность леса России является важным аспектом для многих отраслей экономики и общественной жизни страны. Лес играет значительную роль в экологическом балансе, предоставляет природные ресурсы, создает рабочие места, а также является источником дохода для государства [1,2].

Одним из основных источников доходности леса в России является лесозаготовка и продажа древесины. В стране есть огромные площади лесов, которые предоставляют большой потенциал для древесных ресурсов. Древесина из России экспортируется в другие страны, что является значительным источником дохода для государства.

Лесоразведение - это процесс выращивания новых деревьев в вырубленных участках

леса. Это может быть сделано путем посадки саженцев или естественного восстановления путем семенного размножения. Лесоразведение позволяет сохранять и поддерживать лесные ресурсы для будущих поколений и может стать источником дохода через продажу лесных культур.

Лесопереработка всегда была основной частью Российского лесопользования, но ее вклад остается маленьким и составляет всего 0,99% [3,4]. Однако очевидно, что в отрасли имеются значительные резервы для роста.

Кроме того, лес также предоставляет возможности для развития туризма и рекреации. Многие люди посещают леса России, чтобы насладиться красотой природы, организовать пикники, заниматься спортом и другими активностями. Это создает потенциал для развития туристической инфраструктуры, привлечения инвестиций и создания рабочих мест. Туризм также может быть источником дохода от лесных ресурсов. Один из ключевых аспектов обеспечения устойчивой доходности лесов в России - это развитие лесного хозяйства с учетом принципов устойчивого лесопользования. Это предполагает баланс между эксплуатацией лесных ресурсов и их сохранением для будущих поколений. [5] Необходимо осуществлять охрану и восстановление лесов после вырубки, проводить меры по улучшению их состояния, контролировать лесозаготовки и соблюдать лесопользование в соответствии с законодательством.

Другим важным аспектом является развитие лесной промышленности и продвижение продукции на мировом рынке. Российская древесина и деревопродукция имеют высокий потенциал для экспорта на международные рынки, однако для этого необходимо модернизировать производственные технологии, повысить качество продукции и развить маркетинговые стратегии [6,7]. Экспорт древесины может стать значительным источником дохода для национальной экономики и способствовать росту лесопромышленного комплекса.

Кроме того, развитие лесного туризма и создание новых возможностей для отдыха и развлечений в лесах могут привлечь дополнительных посетителей и способствовать росту туристической индустрии. Создание экологически чистых и комфортных условий для отдыха в лесу, развитие инфраструктуры и организация интересных мероприятий, таких как экскурсии, фестивали и мастер-классы, помогут увеличить приток туристов и повысить доходы от туризма в регионах, где расположены леса.

### 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\\_207967/491d0aad1a57443c712cfd119c49c7d5291eab8/](http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_207967/491d0aad1a57443c712cfd119c49c7d5291eab8/)

2. Научные чтения памяти доцента кафедры технологий строительных конструкций, изделий и материалов Александра Дмитриевича Лазько: Сборник тезисов докладов

международной конференции, 27 декабря 2018 г., г. Макеевка / Ред. кол.: Н.М. Зайченко, В.И. Нездойминов, В.Ф. Мушанов и др. – ГОУ ВПО «ДОННАСА», 2019. – 67 с

3. Филичкина М.В. Отходы древесно-подготовительного цикла производства газетной бумаги, как сырье для изготовления древесно-композиционных материалов [Текст]/ М.В., Филичкина, В.С. Копарев, С.Б. Васильев; М.В., Филичкина, В.С. Копарев, С.Б. Васильев //Деревянное малоэтажное домостроение: экономика, архитектураи ресурсосберегающие технологии: сборник статей научно-практической конференции, 23-27 июня 2014г. /Петрозаводский государственный университет. – Петрозаводск: Изд-во Петропресс, 2015 – Ч.2. – С.66-81.

4. 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.

5. Formation of mechanisms for creating innovative national polygons Tretyakova L.A., Azarova N.A., Оpara 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. Сер. «III International Scientific and Practical Conference «Actual Problems of the Energy Complex: Mining, Production, Transmission, Processing and Environmental Protection» 2021. С. 012066.

6. Земнухова Л.А., Неорганические компоненты соломы и шелухи овса / Л.А. Земнухова, В.В. Будаева, Г.А. Федорищева, Т.А. Кайдалова, Л.Н. Куриленко, Е.Д. Шкорина, С.Г. Ильясов // Химия растительного сырья. – 2009. – №1. – С. 147–152.

7. Poskrobko, S. Biofuels. Part II. Thermogravimetric research of dry de-composition / S. 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\\_207967/491d0aad1a57443c712cfd119c49c7d5291eab8/](http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_207967/491d0aad1a57443c712cfd119c49c7d5291eab8/).

2. Scientific readings in memory of Associate Professor of the Department of Technologies of Building Structures, Products and Materials Alexander Dmitrievich Lazko: Collection of abstracts of the international conference, December 27, 2018, Makeevka / Ed. Col.: N.M. Zaichenko, V.I. Nezdoiminov, V.F. Muschanov et al. – State Educational Institution of Higher Professional Education «DONNASE», 2019. – 67 p.

3. Filichkina M.V. Waste from the wood preparatory cycle of newsprint production as a raw material for the production of wood-composite materials [Text]/ M.V., Filichkina, V.S. Koparev, S.B. Vasiliev; 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.

4. 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.

5. 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.

6. Zemnukhova L.A., Inorganic components of straw and oat husks / L.A. Zemnukhova, V.V. Budaeva, G.A. Fedorishcheva, T.A. Kaydalova, L.N. Kurylenko, E.D. Shkorina, S.G. Ilyasov // *Chemistry of plant raw materials*. – 2009. – No. 1. – pp. 147–152.

7. Poskrobko, S. Biofuels. Part II. Thermogravimetric research of dry de-composition / S. Poskrobko, D. Krol // *J. Therm. Anal. Calorim.* – 2012. – V. 109. No. 2. – P. 629-638.



DOI: 10.58168/CIRCULAR2024\_288-291

УДК 630\*43

**АНАЛИЗ РИСКОВ УЩЕРБА ЛЕСА ОТ ПОСЛЕДСТВИЙ ЛЕСНЫХ ПОЖАРОВ**  
**RISK ANALYSIS OF FOREST DAMAGE FROM THE EFFECTS OF FOREST FIRES**

**Опара М.В.**, кандидат технических наук, доцент ФГБОУ ВО «Воронежский государственный лесотехнический университет имени Г.Ф. Морозова», Воронеж, Россия.

**Opara M.V.**, candidate of Technical Sciences, associate professor, Voronezh State University of Forestry and Technologies named after G.F. Morozov, Voronezh, Russia.

**Врагов С.А.**, преподаватель, ФГБОУ ВО «Воронежский государственный лесотехнический университет имени Г.Ф. Морозова», Воронеж, Россия.

**Vragov S.A.**, teacher, Voronezh State University of Forestry and Technologies named after G.F. Morozov, Voronezh, Russia.

**Аннотация:** Лесные пожары остаются одним из самых опасных видов ущерба, наносимых окружающей среде. Последствия пожара, это непоправимый урон флоре и фауне лесных массивов, а также человеку. В статье приводятся природные и антропогенные факторы, влияющие на возникновение пожара, также оцениваются экономические, социальные и экологические последствия пожаров, включающие гибель животных, растений, выбросов вредных газов в атмосферу, что непосредственно является экологической проблемой человечества.

**Abstract:** Forest fires remain one of the most dangerous types of damage to the environment. The consequences of a fire are irreparable damage to the flora and fauna of forests, as well as to humans. The article presents natural and anthropogenic factors affecting the occurrence of fire, and also assesses the economic, social and environmental consequences of fires, including the death of animals, plants, emissions of harmful gases into the atmosphere, which is directly an environmental problem of mankind

**Ключевые слова:** лесной пожар, гибель животных и растений, ущерб, гроза, антропогенные факторы, природные явления

**Keywords:** forest fire, death of animals and plants, damage, thunderstorm, anthropogenic factors, natural phenomena

Лес является достоянием России, насколько нам известно, наша страна является Мировым лидером по количеству покрытой лесом территорией. Но иногда возникают трудности по сохранению лесного массива в первозданном виде. Речь идет о лесных пожарах, они являются наиболее опасным природным явлением, которое практически не поддается контролю, порой оно зависит не только от природных воздействий, но и зачастую от руки человека.

В 2024 году по данным АвиаЛесОхраны показатель пожарной опасности был снижен. Для контроля и тушения пожаров регионы России приобретают оборудование и технику для тушения пожаров, усовершенствуют уже имеющиеся технологии работы, оптимизируют и укомплектовывают штатных пожарных, а также повышают квалификацию в имеющемся составе лесопожарных подразделений. Что касается Воронежской области то в 2023 году в ходе выполнения проекта по сохранению лесов была приобретена необходимая техника и оборудования для борьбы с лесными пожарами. Для мониторинга лесных пожаров были установлены камеры «Лесонаблюдатель», это позволило оперативно выезжать к месту пожара и в более короткие сроки локализовать очаги возгорания. По данным Начальника МЧС в регионе площадь возгорания составила 142 га.

Лес в жизни каждого человека, а также флоры и фауны играет исключительную роль [1,2]. Насколько нам известно, кислород, выделяемый деревьями в лесном массиве, обогащает целые города и страны. А при возникновении лесных пожаров количество деревьев уменьшается, подрост пропадает, погибают животные и растения, нарушаются пищевые цепочки и т.д., а его восстановление занимает огромное количество времени, что приводит к экологическим катастрофам. Учитывая Мировую тенденцию сохранения окружающей среды, минимизацию вредных выбросов в атмосферу, снижение углеродного следа и других значимых аспектов, необходимо тщательно контролировать лесные пожары, которые являются наиболее стихийным бедствием для всего человечества.

Пожары в лесу являются катастрофой для всего человечества. Ежегодно от возгораний погибает большое количество лесных жителей, растений, почвенного покрова. Учитывая скорость распространения пожара, которая может достигать 80 км/ч, а при воздействии ветра может увеличиваться, средний температурный показатель в эпицентре возгорания может достигать до 1300 °С. и мы понимаем, что при такой температуре ни остается ничего живого. Что касается борьбы с такой стихией, то затормозить такой процесс, могут только специально обученные профессионалы.

Теперь необходимо разобраться, так что же провоцирует появление очагов возгорания в лесных массивах. Возникают пожары под воздействием факторов природы и факторов влияния человека на природу, данные факторы называются антропогенными. Природными провокаторами являются разряды грозы. Такое природное явление сопровождается постоянными электрическими разрядами и с легкостью может спровоцировать появление очагов возгорания. Такое явление, как молния представляет собой искровой разряд кучевого облака, который проявляется вспышкой и громом [3,4]. Существует еще такое понятие как самовозгорание леса, оно происходит, если температура окружающей среды составляет более 55 °С.

Антропогенное воздействие проявляется при участии человека и его невнимательного, небрежного отношения к лесу. В качестве примера можно привести, брошенный окурок, умышленный поджог, с целью дальнейшей реализации древесины, непотушенный костер и т.д. Классифицируя последствия лесных пожаров, можно выделить 3 вида: экономические, социальные и экологические [5]. К экологическим относят гибель флоры и фауны,

уничтожение почвы и подроста. Что касается экономических последствий, то здесь снижение стоимости реализуемой древесины, затраты на ликвидацию очагов возгораний. К социальным факторам можно отнести смерть людей, снижение качества жизни, появление болезней и др.

Огромной проблемой человечества есть и будут оставаться лесные пожары. Для минимизации количества очагов возгораний, необходимо в первую очередь исключить антропогенный фактор, то есть не допустить влияние человека к дарам природы, как мы уже рассматривали ранее, это небрежное отношение к лесу, намеренный поджог и др. Для контроля и мониторинга данного вопроса в лесных массивах, парках, устанавливаются камеры, позволяющие не только вовремя обнаружить нарушение, но и в кратчайшие сроки предпринять действия для локализации возникающих очагов возгорания. Лес – это наше богатство, кислород Планеты, без него качество жизни людей, флоры и фауны будет ничтожным. Давайте сохраним и приумножим эту драгоценность для будущих поколений.

### Список литературы

1. Научные чтения памяти доцента кафедры технологий строительных конструкций, изделий и материалов Александра Дмитриевича Лазько: Сборник тезисов докладов международной конференции, 27 декабря 2018 г., г. Макеевка / Ред. кол.: Н.М. Зайченко, В.И. Нездойминов, В.Ф. Мушанов и др. – ГОУ ВПО «ДОННАСА», 2019. – 67 с
2. 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.
3. 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. Сер. «III International Scientific and Practical Conference «Actual Problems of the Energy Complex: Mining, Production, Transmission, Processing and Environmental Protection» 2021. С. 012066.
4. Земнухова Л.А., Неорганические компоненты соломы и шелухи овса / Л.А. Земнухова, В.В. Будаева, Г.А. Федорищева, Т.А. Кайдалова, Л.Н. Куриленко, Е.Д. Шкорина, С.Г. Ильясов // Химия растительного сырья. – 2009. – № 1. – С. 147–152.
5. Poskrobko, S. Biofuels. Part II. Thermogravimetric research of dry de-composition / S. Poskrobko, D. Krol // J. Therm. Anal. Calorim. – 2012. – V. 109. № 2. – P. 629-638.

### References

1. Scientific readings in memory of Associate Professor of the Department of Technologies of Building Structures, Products and Materials Alexander Dmitrievich Lazko: Collection of abstracts of the international conference, December 27, 2018, Makeevka / Ed. Col.: N.M. Zaichenko, V.I. Nezdoiminov, V.F. Muschanov et al. – State Educational Institution of Higher Professional Education

«DONNASA», 2019. – 67 p

2. 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.

3. 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.

4. Zemnukhova L.A., Inorganic components of straw and oat husks / L.A. Zemnukhova, V.V. Budaeva, G.A. Fedorishcheva, T.A. Kaydalova, L.N. Kurylenko, E.D. Shkorina, S.G. Ilyasov // *Chemistry of plant raw materials*. – 2009. – No. 1. – pp. 147–152.

5. Poskrobko, S. Biofuels. Part II. Thermogravimetric research of dry de-composition / S. Poskrobko, D. Krol // *J. Therm. Anal. Calorim.* – 2012. – V. 109. No. 2. – P. 629-638.

DOI: 10.58168/CIRCULAR2024\_292-298

УДК 528: 721:004.94

**ОБ УСТОЙЧИВОМ РАЗВИТИИ ГЕОДЕЗИЧЕСКОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ  
СТРОИТЕЛЬСТВА**

**ABOUT SUSTAINABLE DEVELOPMENT OF GEODETIC SUPPORT  
OF CONSTRUCTION**

**Пеньков В.А.**, кандидат технических наук, доцент ФГБОУ ВО «Воронежский государственный лесотехнический университет имени Г.Ф. Морозова», Воронеж, Россия.

**Морковин В.А.**, кандидат технических наук, доцент, заведующий кафедрой 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.

**Penkov V.A.**, candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Voronezh State University of Forestry and Technologies named after G.F. Morozov, Voronezh, Russia.

**Morkovin V.A.**, candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Head of Department, Voronezh State University of Forestry and Technologies named after G.F. Morozov, Voronezh, Russia.

**Storodubtseva T.N.**, doctor of Technical Sciences, Professor, Voronezh State University of Forestry and Technologies named after G.F. Morozov, Voronezh, Russia.

**Аннотация.** В статье рассмотрены принципы устойчивого развития компаний, выполняющих геодезическое обеспечения в концепции ESG, особенности производственной деятельности в сфере инженерной геодезии, современные средства и методы геодезического обеспечения строительства, Показано, что внедрение современных и перспективных средств и методов геодезического обеспечения строительства в технологии информационного моделирования сооружений (Building Information Modeling), выгодно для бизнеса как долгосрочная конкурентоспособная модель, значительно повышают возможности устойчивого развития профильных компаний. При этом роль геодезистов в решении ряда задач становится определяющей, что требует повышения уровня ответственности, изменения направленности профессиональных навыков не только на информационные, но и на коммуникационные технологии. Отражены возможности реализации концепции ESG и направления развития инженерно-геодезического обеспечения в BIM технологии.

**Abstract.** The article discusses the principles of sustainable development of companies performing geodetic support in the ESG concept, features of production activities in the field of engineering geodesy, modern means and methods of geodetic support of construction. It is shown that the introduction of modern and promising means and methods of geodetic support of construction in the technology of information modeling of structures (Building Information Modeling), beneficial for business as a long-term competitive model, significantly increases the opportunities for

sustainable development of specialized companies. At the same time, the role of surveyors in solving a number of problems becomes decisive, which requires an increase in the level of responsibility, a change in the focus of professional skills not only on information, but also on communication technologies. The possibilities of implementing the ESG concept and the direction of development of engineering and geodetic support in BIM technology are reflected.

**Ключевые слова:** строительство, геодезические работы, информационное моделирование сооружений, современные средства и методы геодезического обеспечения строительства, концепция ESG, BIM технологии.

**Keywords:** construction, geodetic work, information modeling of structures, modern means and methods of geodetic support for construction, ESG concept, BIM technology.

Концепция ESG (environmental, social, governance) – это свод правил и подходов к ведению бизнеса, которые способствуют его устойчивому развитию [1, 2].

Смысл применения концепции ESG для компаний геодезического обеспечения строительства в том, что сегодня этот бизнес кроме зарабатывания денег любыми способами может создавать комфортную среду для сотрудников и реагировать на запросы общества, обеспечивать высокое качество корпоративного управления. Показательно, что принципы ESG могут внедрять и небольшие компании не в ущерб себе.

Геодезическое обеспечение строительства как, сфера деятельности и бизнес.

Геодезическое обеспечение строительства сопровождает весь жизненный цикл строительных объектов от замысла до реконструкции или утилизации. Это обусловлено особенностями геодезии как науки о технологиях сбора, обработки хранения и представления пространственной информации об объектах строительного производства и прилегающей территории. Для создания моделей пространства и объектов в нем геодезия использует две физические величины - угол и длину, и представляет количественную информацию о форме (Ф), размерах (Р) и пространственном положении (ПП) объектов и элементов, а так же изменениях этих параметров.

Геодезические измерения дают количественные оценки (Ф, Р, ПП), но определение численных (количественных изменений-отклонений) позволяет контролировать и регулировать процесс изменения качественных показателей. При определенных условиях внешнее изменение формы может влиять на качество внутреннего содержания, так как изменение требует безвозвратного расхода энергии. Изменение формы невозможно без изменения размеров, что в свою очередь вызывает изменение ПП как отдельных точек, элементов, блоков или объекта в целом, это – взаимосвязанные изменения.

С точки зрения инженерной геодезии, строительство объекта – это реализация технологии крупноразмерного формообразования - создание изделия заданной формы и размеров в четко определенном месте пространства. Причем геодезическая информация требуется и начинает использоваться уже на стадии конкретизации (Ф, Р, ПП) – при изысканиях и проектировании. В традиционных технологиях взаимодействие изыскателей-

геодезистов, проектировщиков, строителей, эксплуатационников определялось как уровень достаточный для успешного благополучного функционирования.

Организация деятельности геодезических компаний в сфере инженерной геодезии зависит от их технических и финансовых возможностей, положения в структуре многопрофильных компаний более высокого общего уровня.

В прошлом определения пространственного положения (пространственных координат) основывались на решении прямой и обратной геодезических задач с использованием прямых контактных средств и методов измерений. При этом часто использовались специальные достаточно технически сложные способы бесконтактных косвенных измерений. Это было обусловлено особенностями и точностными возможностями средств линейных измерений в безотражательном (бесконтактном) режиме. Информация получалась дискретной.

Для геодезического обеспечения современных зданий, состоящих из десятков деталей, имеющих уникальные размеры и расположение требуется:

- использование электронно-оптических геодезических приборов и инструментов;
- применение методов трехмерного сканирования разного масштаба от сканирования здания в целом до сканирования отдельных узлов;
- привлечение методов фотограмметрической обработки данных;
- использование единой базы данных проектной и исполнительной документации на объекте;
- глубокий анализ исполнительных съемок проектной организацией.

Комплексное применение методов наблюдения за техническим состоянием здания, которое включает в себя непрерывный мониторинг состояния основных несущих конструкций и периодическое геодезическое наблюдение за состоянием здания.

Применение указанных принципов позволит сократить себестоимость строительного производства, сократить сроки строительно-монтажных работ, уменьшить количество работающих в опасных условиях строительной площадки, повысить роль интеллектуального труда в строительстве.

В концепцию управления ESG входят экологический, социальный и управленческий критерии. Они включают в себя соответствующие принципы, которые компании необходимо соблюдать, чтобы развиваться в соответствии с ESG [1, 2].

Существенные возможности компаний геодезического обеспечения строительства позволяют следовать принципам ESG уже в настоящее время.

#### 1. Экологический критерий

Даже небольшая инженерно-геодезическая компания оказывает негативное воздействие на природу, потребляя ресурсы и создавая отходы. Поэтому в соответствии с этим критерием приобщают сотрудников к экологической культуре: соблюдение требований охраны природы при полевых работах, использование малоотходных средств на проведение камеральных общественных мероприятий по очистке прилегающей территории, отдельный сбор мусора в офисе и т. д.

#### 2. Социальный критерий это:

- забота о своих сотрудниках: создание и обеспечение привлекательных условий для сотрудников внедрением средств и методов уменьшающих объемы полевых работ и компьютеризация камеральных работ, улучшение условий быта, отдыха, обучение и развитие персонала;

- удовлетворение интересов потребителей;

- ответственное отношение к сообществу, на территории которого компания ведет деятельность: например, обеспечение информацией о территории для благоустройства и содержания, подземных коммуникациях.

3. Критерий корпоративного управления: прозрачность управления; эффективная деятельность руководителей всех уровней; наличие стратегии развития компании; открытое и честное взаимодействие с другими участниками бизнес процессов.

Внедрение современных и перспективных средств и методов геодезического обеспечения строительства в технологии информационного моделирования сооружений (Building Information Modeling) значительно повышают возможности устойчивого развития профильных компаний.

Организация труда методом BIM нуждается в гораздо более тесном сотрудничестве специалистов различных специализаций, предполагает постоянное использование цифровых данных в системе клиент-сервер, высокую точность работ, соблюдение сроков и пространственной точности объектов строительства, исправление ошибок, выполнение соответствующих решений руководства.

BIM позволяет вести параллельно несколько работ одновременно: составлять документы и сметы, проводить исследования, производить расчеты и т. д. Эффективное сотрудничество основывается на эффективном обмене информацией.

Роль геодезистов в решении ряда задач становится решающей и определяющей.

Такое повышение уровня ответственности требует изменения направленности профессиональных навыков не только на информационные, но и на коммуникационные технологии.

Эффективное сотрудничество основывается на эффективном обмене информацией.

Работа по ESG помогает привлекать более квалифицированный персонал, экономить на затратах, и снижать риск штрафов. Следование принципам ESG даёт компаниям определенные социальные и конкурентные преимущества [1-4].

В компании, следующие принципам ESG, легче вкладывают деньги госструктуры, более лояльны банки. Прозрачности отчётности и системы управления, позволяют легче получить кредиты под сниженный процент. Грамотное использование ресурсов и соблюдение трудовых норм создаёт хорошую репутацию компании и повышает лояльность клиентов. Профессионализм сотрудников способствует развитию компании.

В соответствии с принципами ESG бизнес движется по пути устойчивого развития, анализируя свою деятельность, разрабатывая или адаптируя и внедряя **новые** технологии, реализуя идеи и проекты, в том числе, взаимовыгодного сотрудничества. Для этого



необходимо, чтобы принципы ESG понимали и разделяли не только руководители и владельцы предприятия, но и все сотрудники.

Проекты геодезии в BIM должны быть, выгодны для этого бизнеса как долгосрочная конкурентоспособная модель [5-7].

Необходимость изменения профессионального мышления в геодезическом BIM обеспечении строительства требует не только разработки методик самого моделирования зданий, но и существенного изменения содержания и новых форм обучения инженерной геодезии для геодезистов и строителей - специалистов информационного моделирования [8]. Применение BIM технологий – большой прорыв цифровой трансформации строительства. Системное внедрение таких технологий на государственном уровне позволяет оптимизировать затраты на строительство и эксплуатацию объектов, повысить надежность и безопасность зданий и сооружений, сделать продукцию конкурентоспособной.

Преимущества использования BIM-технологий:

- сокращение сроков проектирования;
- уменьшение расходов на реализацию проекта;
- повышение производительности работы благодаря простоте получения информации;
- повышение согласованности строительной документации;
- доступность конкретной информации о производителях материалов, количественных характеристиках для оценки и проведения тендера.

BIM – это общая экономия времени и средств при проектировании, строительстве и эксплуатации здания. Именно наличие собранной в единую модель сооружения полной информации на любом этапе проектирования, строительства и эксплуатации, позволяет решить массу существующих проблем и приводит к главной цели конкурентной способности технологии в целом.

Внедрение BIM в строительстве – это не просто замена оборудования и переобучение персонала, это смена самого подхода к решению задач проектно-строительной деятельности. Требуется радикальное изменение профессионального мышления специалистов, в том числе и непосредственно работающих на стройплощадке [5, 9-10].

Таким образом, применение современных технологий позволяет в разы сократить время проектирования. Однако даже с учетом возможностей BIM-технологии результат строительства зависит от качества выполняемых геодезических работ. Без геодезистов необходимой квалификации, применяющих геодезические технологии, успешное внедрение метода BIM невозможно.

### Список литературы

1. The SDGS in action. UNDP. URL: <https://www.undp.org/sustainable-development-goals> (дата обращения (20.04.2024))
2. Постановление Правительства РФ от 21.09.2021 г. №1587 «Об утверждении критериев проектов устойчивого (в том числе зеленого) развития в РФ и требований к системе верификации проектов устойчивого (в том числе зеленого) развития в РФ». URL: <http://government.ru/docs/all/136742/>(дата обращения 10.03.2024)
3. ГОСТ Р ИСО 26000-2012 Руководство по социальной ответственности. URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200097847>(дата обращения 20.04.2024)
4. ГОСТ Р ИСО 21500-2014 Руководство по проектному менеджменту. URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200118020> (дата обращения 20.04.2024)
5. СП 333.1325800.2017 «Информационное моделирование в строительстве. Правила формирования информационной модели объектов на различных стадиях жизненного цикла». Интернет ресурс <http://docs.cntd.ru/document/556793897> (дата обращения:16.03.2024)
6. Требования к эксплуатационной документации строительных объектов для информационного моделирования ГОСТ Р 57311-2016.
7. Талапов В. В. Технология BIM: суть и особенности внедрения информационного моделирования зданий. – М. : ДМК-пресс, 2015. – 410 с.
8. Дронов Д.С., Киметова Н.Р., Ткаченко В.П. Проблемы внедрения BIM-технологий в России // Синергия наук. 2017. № 10. С. 529-549. URL: <http://synergy-journal.ru/archive/article041> дата обращ 10.04.24
9. Ромашкина Ю.Э. Решение проектных решений с использованием BIM-технологий и лазерного сканирования / Геопрофи 1'2021. - С. 38-41.
10. Yongze Song, Xiangyu Wang, Yi Tan., Peng Wu, Monty Sutrisna, Jack C. P. Cheng and Keith Hampson Trends and Opportunities of BIM-GIS. Integration in the Architecture, Engineering and Construction Industry: /A Review from a Spatio-TemporalStatistical Perspective ISPRS Int. 7.J. Geo-Inf. 2017, 6, 397p.32 <http://dx.doi.org/10.3390/ijgi6120397>

### References

1. The SDGS in action. UNDP. URL: <https://www.undp.org/sustainable-development-goals> (access date (04/20/2024))
2. Decree of the Government of the Russian Federation dated September 21, 2021 No. 1587 «On approval of criteria for sustainable (including green) development projects in the Russian Federation and requirements for the verification system for sustainable (including green) development projects in the Russian Federation». URL: <http://government.ru/docs/all/136742/>(date accessed 03/10/2024)
3. GOST R ISO 26000-2012 Guide to social responsibility. URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200097847> (access date 04/20/2024)

4. GOST R ISO 21500-2014 Guide to project management. URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200118020> (date of access: 04/20/2024)
5. SP 333.1325800.2017 «Information modeling in construction. Rules for forming an information model of objects at various stages of the life cycle». Internet resource <http://docs.cntd.ru/document/556793897> (access date: 03/16/2024)
6. Requirements for operational documentation of construction projects for information modeling GOST R 57311-2016. 7. Talapov V.V. BIM technology: the essence and features of the implementation of building information modeling. – M.: DMK-press, 2015. – 410 p.
7. Talapov V.V. BIM technology: the essence and features of the implementation of building information modeling. – M.: DMK-press, 2015. – 410 p.
8. Dronov D.S., Kimetova N.R., Tkachenkova V.P. Problems of implementing BIM technologies in Russia // Synergy of Sciences. 2017. No. 10. P. 529-549. URL: <http://synergy-journal.ru/archive/article041> accessed 04/10/24
9. Romashkina Yu.E. Solution of design solutions using BIM technologies and laser scanning / Geoprofi 1'2021. - P. 38-41.
10. Yongze Song, Xiangyu Wang, Yi Tan, Peng Wu, Monty Sutrisna, Jack C. P. Cheng and Keith Hampson Trends and Opportunities of BIM-GIS. Integration in the Architecture, Engineering and Construction Industry: /A Review from a Spatio-Temporal Statistical Perspective ISPRS Int. 7.J. Geo-Inf. 2017, 6, 397p.32 <http://dx.doi.org/10.3390/ijgi6120397>

DOI: 10.58168/CIRCULAR2024\_299-305

УДК 630\*323.12

**ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ МАШИН НА ЛЕСОЗАГОТОВКАХ**  
**EVALUATION OF THE EFFECTIVENESS OF THE USE OF MACHINES IN LOGGING**

**Полукаров Д.А.**, аспирант ФГБОУ ВО «Воронежский государственный лесотехнический университет имени Г.Ф. Морозова», Воронеж, Россия.

**Абрамов В.В.**, кандидат технических наук, доцент ФГБОУ ВО «Воронежский государственный лесотехнический университет имени Г.Ф. Морозова», Воронеж, Россия.

**Савченко С.И.**, аспирант ФГБОУ ВО «Воронежский государственный лесотехнический университет имени Г.Ф. Морозова», Воронеж, Россия.

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

**Polukarov D.A.**, Graduate student, Voronezh State University of Forestry and Technologies named after G.F. Morozov, Voronezh, Russia.

**Abramov V.V.**, Candidate of Technical Sciences, associate professor, Voronezh State University of Forestry and Technologies named after G.F. Morozov, Voronezh, Russia.

**Savchenko S.I.**, Graduate student, Voronezh State University of Forestry and Technologies named after G.F. Morozov, Voronezh, Russia.

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

**Аннотация:** Статья посвящена основным направлениям улучшения использования машин на лесозаготовках и показателям оценки их эффективности.

**Abstract:** The article is devoted to the main directions of improving the use of machines in logging and indicators for evaluating their effectiveness.

**Ключевые слова:** рубки, лесозаготовки, лесосечные работы, лесозаготовительные машины, показатели эффективности.

**Keywords:** logging, logging operations, logging machines, efficiency indicators.

Уровень использования машин определяется степенью совершенства системы управления производственным процессом предприятия. Он зависит не только от технического состояния и надежности лесозаготовительной техники, но и множества других факторов. Это было установлено с началом использования методов системного анализа для изучения закономерностей функционирования производственных и технологических процессов. Вместе с этим было установлено также, что уровень использования машин при машинном способе выполнения основных операций существенно влияет на эффективность и экономичность процесса в целом.

Уровень использования машин в лесозаготовительном производстве зависит от следующих основных факторов:

- показателей, характеризующих взаимодействие рабочих органов с предметом труда, а также конкретной лесозаготовительной машины с другими машинами в производственном процессе;

- условий окружающей среды (природно-производственные условия), которые часто называют условиями работы машин;

- свойств конкретного технологического (производственного) процесса и формы организации, вытекающих из закономерностей его функционирования;

- совершенства системы обслуживания машин, определяющей их эксплуатационную надежность и техническую готовность;

- совершенства системы учета и оценки работы машин;

- эффективности системы управления технологическими процессами или предприятием в целом;

- квалификации работников инженерной службы, занятой обслуживанием и использованием машин.

Представления о степени влияния последнего фактора за последние годы существенно изменились. Если ранее считали, что обслуживанием и использованием машин в технологическом процессе должны заниматься инженеры-механики, то теперь стало ясно, что использованием машин и материальных ресурсов должны заниматься инженеры-технологи, являющиеся организаторами лесозаготовительного производства и выполняющие функции управления производственным процессом предприятия.

В целом в лесозаготовительной отрасли назрела острая необходимость разработки теоретических основ машиноиспользования, т.е. создания математических моделей, отражающих влияние основных параметров на эффективность машиноиспользования позволяющих управлять этими параметрами и находить наиболее вероятные пути их оптимизации.

Эффективность использования промышленного оборудования целесообразно рассматривать с энергетической точки зрения, так как количество энергии, потребляемой в материальном производстве, качественно характеризует средства труда, а энергетические показатели производственного процесса обуславливают возможные значения таких основных показателей, как производительность труда, себестоимость продукции, фондоотдачу и т.д.

Современное состояние машинного производства, его энергонасыщенность показывает, что достижение высокой эффективности использования лесозаготовительных машин и оборудования возможно лишь при соответствии определенным значениям основных показателей, характеризующих отдельные элементы комплексного производственного процесса. К таким показателям должны быть отнесены: показатели, характеризующие предмет труда; показатели, характеризующие параметры техники; показатели условия труда; показатели условий, в которых осуществляется производственный процесс. Таким образом, правильное решение задач по определению эффективности использования машин и оборудования лесозаготовительного производства возможно только при анализе показателей комплекса: предмет труда - средство труда – человек - условия среды.

Для оценки энергетических показателей машин один из основоположников теории эксплуатации лесозаготовительной техники В.Б. Прохоров предлагает использовать: номинальную мощность силовой установки -  $N_{en}$ , номинальную удельную мощность -  $N_{удн}$ , характеризующую энергонасыщенность машины; скоростные показатели машин -  $v$ , удельную энергопроизводительность -  $K$ .

Комплексным показателем, характеризующим выполнение производственного процесса в заданных условиях, как известно [1], является удельная энергоемкость процесса. Он является комплексным потому, что одновременно характеризует особенности рабочих органов машины, влияющие на характер их воздействия на предмет труда и условия выполнения процесса.

Оценка энергетического совершенства конкретной машины и степень соответствия ее реальным условиям эксплуатации должна производиться по показателям, определяющим соотношение между выполненной технологической работой (или произведенной продукцией) и затраченной при этом энергией.

Исходя из этого формула действительной производительности оборудования и формула производительности труда будут выглядеть следующим образом:

$$P_m = \varphi_t K N_{em}, \quad (1)$$

$$P_{mp} = \varphi_t K N_{mp}, \quad (2)$$

где  $\varphi_t$  - коэффициент полезного использования времени или коэффициент непрерывности выполнения операции;

$K$  - удельная энергопроизводительность процесса;

$N_{em}$  - мощность первичного двигателя, затраченная на выполнение технологического процесса;

$N_{mp}$  - энерговооруженность труда, т.е. отношение мощности, затраченной на выполнение технологического процесса, к числу рабочих, участвующих в нем.

Коэффициент полезного использования времени (временной фактор производительности) можно определить по формуле:

$$\varphi_t = \varphi_{tc} \varphi_{tmop} \varphi_{tnz} \varphi_{tpr}, \quad (3)$$

где  $\varphi_{tc}$  - цикловые потери времени на выполнение вспомогательных элементов операции для машин периодического действия;

$\varphi_{tmop}$  - потери времени на устранение отказов (текущий ремонт) и проведение технического обслуживания;

$\varphi_{tnz}$  - потери времени на выполнение подготовительно-заключительных работ;

$\varphi_{tpr}$  - потери времени на простои по различным организационным и техническим причинам.

Указанные потери времени существенно влияют на цикловую производительность лесозаготовительного оборудования, подавляющее большинство которого работает дискретно. Как известно, в условиях производства технически возможная производительность

лесозаготовительных машин практически не достигается, что свидетельствует о низком организационно-техническом уровне эксплуатации. С другой стороны, это указывает на наличие больших резервов повышения производительности оборудования. Реализация этих резервов требует дальнейшего совершенствования лесозаготовительного оборудования и методов его эксплуатации с целью резкого повышения уровня использования.

Удельную энергопроизводительность процесса можно определить следующим образом

$$K = \frac{P_{mm}}{N_{em}}, \quad (4)$$

где  $P_{mm}$  - технологическая производительность машины, т.е. ее возможная производительность при непрерывном выполнении процесса.

Для оценки энергоемкости процессов можно использовать цикловую энергоемкость машинизированно производственного процесса

$$g_{эм} = \frac{1}{K \varphi_{эц}}, \quad (5)$$

где  $\varphi_{эц}$  - коэффициент полезного использования энергии на выполнение заданного технологического процесса;

$$\varphi_{эц} = \frac{N_{em} t_m}{\sum_{i=1}^n N_i t_i}, \quad (6)$$

где  $N_i t_i$  - соответственно, мощность и время, затрачиваемые на выполнение операций  $i$ -ой из  $n$  операций (элементов операций) в технологическом процессе (операции).

Если проанализировать логические предпосылки оценки параметров функционирования лесопромышленных процессов по энергопроизводительности и энергоемкости, то можно предположить, что из всех известных методов оценки они являются пока наиболее приемлемыми для решения некоторых задач оптимизации уровня использования машин при их эксплуатации. В тех же случаях, когда необходимо разработать новый технологический процесс или машину для реализации известного или проектируемого процесса, предложенные выше показатели не могут быть использованы в приведенном виде и требуют дальнейшего изучения и определенной трансформации.

В целом на наш взгляд, улучшение использования машин и оборудования в лесопромышленных процессах может происходить по двум направлениям:

- за счет более высокого приспособления проектируемых лесозаготовительных машин к условиям их работы (окружающей среды), т.е. другими словами за счет улучшения загрузки;
- за счет увязки параметров отдельных машин и оборудования, входящих в систему, т.е. улучшения взаимодействия машин в производственном (технологическом) процессе.

Следовательно, для того чтобы совершенствовать загрузку машин, необходимо знать методы оценки параметров условий работы машин, которые характеризуются свойствами

предмета труда, параметрами природно-производственных условий и свойствами рабочих органов и других узлов лесозаготовительных машин.

Каждый процесс, в котором средства труда взаимодействуют с предметом труда в пространстве, именуемом окружающей средой, обладает определенными характеристиками, основными из которых являются: его свойства, качество функционирования, системы обеспечения, обслуживания и управления, эффективность и экономичность. Указанные характеристики относятся как к отдельному процессу, так и к определенной совокупности взаимодействующих в производственных условиях процессов.

Из изложенного следует, что уровень загрузки машин зависит от большего числа факторов и является одним из доминирующих показателей качества функционирования процесса. Уровнем использования машин можно вполне характеризовать технический прогресс в той или иной отрасли народного хозяйства, в том числе и лесной промышленности.

### 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. Афоничев, Д.Н. Размещение петлевых разворотов на лесовозных усах / Д.Н. Афоничев // Вестник Московского государственного университета леса – Лесной вестник. 2010. № 6. С. 93-96.
5. Афоничев Д.Н. Алгоритм расчета в системе автоматизированного проектирования оптимальных параметров размещения лесовозных веток и усов / Д.Н. Афоничев // Вестник Московского государственного университета леса – Лесной вестник. 2010. № 5. С. 82-86.
6. 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. - Режим доступа: [www.science-education.ru/102-5518](http://www.science-education.ru/102-5518).
7. Средооадающие 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.



8. Оценка использования лесозаготовительных машин и оборудования в лесной промышленности / И.А. Сидельников, Р.А. Щеглов // Проблемы ускоренного воспроизводства и комплексного использования лесных ресурсов : материалы международной научно-практической конференции. - 2006. - С. 211-215.

9. Исследование технологических вариантов выполнения обрабатывающих операций лесосечных работ бензопилами / И. Н. Троянов, В. В. Абрамов, Л. Д. Бухтояров, Д. Н. Афоничев, А. С. Черных, А. И. Максименков // Лесотехнический журнал. - 2019. - Т. 9, № 3 (35). - С. 114-130.

10. Пошарников, Ф. В. Разработка математической модели трелевки древесины в условиях несплошных рубок / Ф. В. Пошарников, В. В. Абрамов, А. В. Бондаренко // Современные проблемы науки и образования. - 2012. - № 2. - Режим доступа: [www.science-education.ru/102-5521](http://www.science-education.ru/102-5521).

### 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. Afonichev, D.N. Placement of loop turns on logging moustaches / D.N. Afonichev // Bulletin of the Moscow State University of Forests – Forest Bulletin. – 2010. – No. 6. – pp. 93-96.

5. Afonichev D.N. Calculation algorithm in the computer-aided design system of optimal parameters for the placement of logging branches and whiskers / D.N. Afonichev // Bulletin of the Moscow State University of Forests – Lesnoy Vestnik. – 2010. – No. 5. - pp. 82-86.

6. Bondarenko, A.V. Modeling of natural production conditions in the tasks of primary forest transport research in mountainous areas / A.V. Bondarenko, V. V. Abramov, F. V. Posharnikov // Modern problems of science and education. - 2012. - No. 2. - Access mode: [www.science-education.ru/102-5518](http://www.science-education.ru/102-5518) .

7. 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.

8. Assessment of the use of logging machines and equipment in the forest industry / I.A. Sidelnikov, R.A. Shcheglov // Problems of accelerated reproduction and integrated use of forest resources: materials of the international scientific and practical conference. 2006. pp. 211-215.

9. Research of technological options for performing processing operations of logging operations with chainsaws / I. N. Troyanov, V. V. Abramov, L. D. Bukhtoyarov, D. N. Afonichev, A. S. Chernykh, A. I. Maksimenkov // Forestry Journal. - 2019. - Vol. 9, No. 3 (35). - P. 114-130.

10. Posharnikov, F. V. Development of a mathematical model of wood skidding in conditions of incomplete logging / F. V. Posharnikov, V. V. Abramov, A.V. Bondarenko // Modern problems of science and education. - 2012. - No. 2. - Access mode: [www.science-education.ru/102-5521](http://www.science-education.ru/102-5521).

DOI: 10.58168/CIRCULAR2024\_306-313

УДК 330.15

## ОЦЕНКА УСТОЙЧИВОГО РАЗВИТИЯ В РОССИИ: РОЛЬ ЭКОЛОГИЧЕСКИХ РЕЙТИНГОВ

### ASSESSMENT OF SUSTAINABLE DEVELOPMENT IN RUSSIA: THE ROLE OF ENVIRONMENTAL RATINGS

**Попов Е.В.**, кандидат экономических наук, доцент ФГБОУ ВО «Воронежский государственный лесотехнический университет имени Г.Ф. Морозова», Воронеж, Россия. **Popov E.V.**, candidate of Economic Sciences, associate professor, Voronezh State University of Forestry and Technologies named after G.F. Morozov, Voronezh, Russia.

**Аннотация:** Статья посвящена исследованию и анализу концепции устойчивого развития, с акцентом на применение экологических рейтингов и индексов для оценки устойчивости на национальном и мировом уровнях. Введение концепции устойчивого развития в стратегии развития стран делает рассмотрение этого вопроса чрезвычайно актуальным. Российская Федерация, обладая значительными площадями, запасами природных ресурсов и биоразнообразием, сталкивается с уникальными вызовами и возможностями в области устойчивого развития. Для достижения поставленных целей в статье рассмотрены различные аспекты экологических рейтингов и экологических индексов в оценке устойчивого развития, применяемые в мире и Российской Федерации. В заключение статьи сформулированы направления применения экологических рейтингов и индексов в России.

**Abstract:** The article is devoted to the research and analysis of the concept of sustainable development, with an emphasis on the use of environmental ratings and indices to assess sustainability at the national and global levels. The introduction of the concept of sustainable development into the development strategies of countries makes consideration of this issue extremely relevant. The Russian Federation, possessing significant areas, reserves of natural resources and biodiversity, faces unique challenges and opportunities in the field of sustainable development. To achieve these goals, the article examines various aspects of environmental ratings and environmental indices in assessing sustainable development used in the world and the Russian Federation. At the end of the article, the directions of application of environmental ratings and indices in Russia are formulated.

**Ключевые слова:** экономика природопользования, экологический рейтинг, экологический индекс, устойчивое развитие, ESG.

**Keywords:** environmental economics, environmental rating, environmental index, sustainable development, ESG.

Включение концепции устойчивого развития в стратегии развития стран на мировом и национальном уровне, обуславливает актуальность рассмотрения вопросов по этому направлению. Российская Федерация, как крупнейшая страна по площади, запасам природных ресурсов и биоразнообразию, сталкивается с рядом вызовов и возможностей в области устойчивого развития.

Вопросы оценки устойчивого развития играют ключевую роль в определении текущего состояния экологических, социальных и экономических аспектов развития страны, а также в формулировании стратегий и политики для достижения устойчивого развития в будущем. Существует множество методов и инструментов для оценки устойчивого развития, включая индексы, рейтинги, аналитические модели и другие подходы, каждый из которых имеет свои особенности и применение.

Целью данной статьи является рассмотрение различных аспектов экологических рейтингов и экологических индексов в оценке устойчивого развития, применяемых в мире и Российской Федерации.

Для оценки эффективности экологической составляющей деятельности компании, сравнения экологических показателей различных регионов страны, реализуемой государственной политики, в качестве одного из инструментов используют экологические рейтинги и индексы. Они имеют сходные цели, но существуют некоторые различия в их методологии и форме представления результатов.

Экологические рейтинги обычно представляют собой ранжированный список, где его объекты оцениваются и упорядочиваются по определенным критериям. В качестве критериев могут выступать качество воздуха и воды, управление отходами, энергоэффективность и другие показатели, которые по мнению рейтингового агентства являются существенными.

Экологические рейтинги часто используются для сравнения производительности различных объектов и выявления лидеров и аутсайдеров по экологическим показателям.

Экологические индексы обычно представляют собой комплексный показатель, объединяющий несколько различных параметров в единый показатель. Эти параметры могут быть взвешены по их относительной важности и объединены в единый индекс с использованием различных методов. Экологические индексы часто разрабатываются для более всесторонней оценки экологической ситуации и могут включать в себя как качественные, так и количественные показатели.

Таким образом, основное различие между экологическими рейтингами и индексами заключается в форме представления результатов: рейтинги представляют собой упорядоченные списки, в то время как индексы объединяют несколько показателей в единый комплексный показатель. Экологические рейтинги ранжируются на основании числовых значений экологических индексов.

В условиях отсутствия существенной разницы в интерпретации экологических рейтингов и индексов можно анализировать их вместе. Для понимания назначения экологических рейтингов и индексов в мире, проведем их характеристику по трем критериям (табл. 1):

1. Цель индекса / рейтинга.
2. Методология индекса / рейтинга.
3. Использование результатов индекса / рейтинга.

Таблица 1 - Характеристика мировых индексов / рейтингов

№	Название	Цель	Особенности методологии	Использование результатов
1	2	3	4	5
1	Индекс качества окружающей среды (Environmental Performance Index, EPI)	Оценка текущей экологической производительности страны в различных аспектах.	Используется 40 показателей эффективности по 11 категориям проблем, EPI оценивает 180 стран [1].	- сравнение экологической производительности различных стран; - разработка политики для улучшения экологической ситуации.
2	Индекс экологической устойчивости (Environmental Sustainability Index, ESI)	Оценка устойчивости страны или региона в долгосрочной перспективе.	Используются 70 переменных сгруппированные в 5 широких показателей устойчивости. Оценивает 180 стран.	- оценка тенденций в устойчивости различных регионов; - выявление областей, где необходимы усилия для достижения устойчивого развития.
3	Индекс загрязнения воздуха (Air Pollution Index, API)	Измерение уровня загрязнения воздуха в конкретном регионе или городе.	Индекс основан на измерении уровня конкретных загрязнителей в воздухе (оксиды азота, диоксид серы и другие). Представляет результаты в виде числового индекса или цветовой шкалы.	- информирование общественности о текущем уровне загрязнения воздуха; - принятие мер для защиты здоровья людей и окружающей среды.

Продолжение таблицы 1

1	2	3	4	5
4	Индекс доступности к чистой воде Clean Water Access Index (CWAI)	Оценка доступности чистой питьевой воды для населения в различных странах и регионах.	Использование индикаторов для оценки доступности к чистой воде.	<ul style="list-style-type: none"> <li>- разработка и реализация политики в области водоснабжения и санитарии;</li> <li>- мониторинг изменений в доступности к чистой воде с течением времени;</li> <li>- оценка эффективности мероприятий, направленных на улучшение доступности к чистой питьевой воде.</li> </ul>
5	Индекс биоразнообразия Biodiversity Index	Измерение и анализ разнообразия видов, генетического состава и разнообразия экосистем.	Использование индикаторов биоразнообразия.	<ul style="list-style-type: none"> <li>- охрана природы;</li> <li>- планирования использования земель;</li> <li>- научных исследований.</li> </ul>
6	Global Green Economy Index (GGEI)	Оценка экономической и экологической производительности стран и их способность к устойчивому развитию.	Анализ различных аспектов "зеленой" экономики.	<ul style="list-style-type: none"> <li>- определение сильных и слабых сторон в развитии зеленой экономики стран;</li> <li>- разработка стратегии развития.</li> </ul>

Окончание таблицы 1

1	2	3	4	5
7	Good Country Index	Оценка вклада страны в общее благополучие человечества, включая их вклад в сохранение окружающей среды и мировое сотрудничество.	Анализирует различные параметры, такие как вклад в мировое сообщество, экологическая устойчивость, культурное влияние и т.д.	- развитие ответственных подходов к экологическим вопросам.
8	Carbon Performance Leadership Index (CPLI)	Оценка компаний по их стратегиям по снижению выбросов углерода и принятым мер по борьбе с изменением климата.	Анализирует практики и политики компаний в области уменьшения углеродных выбросов.	- информация для инвесторов и потребителей.

Как видно из табл. 1, различия между экологическими индексами заключаются в количестве применяемых показателей и целевой аудитории.

Методологию для расчета индексов можно представить в виде следующих этапов:

1. Выбор индикаторов.
2. Сбор данных.
3. Стандартизация и анализ собранных данных для обеспечения их сопоставимости между разными регионами и странами.
4. Расчет индекса на основе собранных и стандартизированных данных.
5. Интерпретация результатов индекса биоразнообразия

В России также наблюдается растущий интерес к использованию экологических рейтингов и индексов для оценки устойчивого развития. Они помогают выявлять уязвимые места в экологической политике и экономике, а также формировать эффективные стратегии управления природными ресурсами. Для понимания назначения экологических рейтингов и индексов в России, проведем их характеристику по трем критериям (табл. 2).

Таблица 2 - Характеристика индексов / рейтингов, применяемых в РФ

№	Название	Цель	Особенности методологии	Использование результатов
1	Индекс экологической производительности регионов России (ИЭПР)	Оценка экологической ситуации и производительности регионов России.	Включает различные параметры, такие как качество атмосферного воздуха, воды, использование природных ресурсов и др.	Помогает идентифицировать области, требующие особого внимания в сфере охраны окружающей среды и разработать меры для их улучшения.
2	Экологический рейтинг регионов России	Ранжирование регионов России по уровню экологической ситуации.	Оценка качества воздуха, воды, уровня загрязнения и других экологических параметров.	Информация для разработки региональной экологической политики.
3	Индекс экологической безопасности (ИЭБ)	Оценка уровня экологической безопасности в различных сферах деятельности.	Анализ рисков для окружающей среды и здоровья человека от различных экологических факторов.	Разработка мер для улучшения экологической ситуации в различных секторах экономики.
4	Индекс доступности к экологически чистой воде	Оценка доступности экологически чистой питьевой воды в различных регионах России.	Анализ уровня доступности и качества питьевой воды.	Определение областей, требующих улучшений.
5	Индекс устойчивого развития муниципалитетов (ИУРМ)	Оценка уровня устойчивого развития муниципалитетов России.	Учитывает экологические, экономические и социальные аспекты.	Позволяет определить эффективность управления ресурсами и разработать стратегии для устойчивого развития регионов.



Как видно из табл. 2, экологические рейтинги и индексы, применяемые в РФ принципиально, не отличаются от их мировых аналогов. Стоит привести причины существования большого количества экологических рейтингов и индексов:

1. Разнообразие используемых показателей. Экологическая ситуация в мире охватывает широкий спектр аспектов, включая качество воздуха, воды, почвы, уровень загрязнения, биоразнообразие, энергетическую эффективность и многие другие. Разные рейтинги могут фокусироваться на различных аспектах исходя из их целей и методологии.

2. Различные методологии. Разные организации и исследователи могут использовать различные методологии при разработке рейтингов, что приводит к разным результатам и выводам.

3. Целевая аудитория. Различные рейтинги могут быть разработаны для различных целевых аудиторий.

4. Географические различия. Экологическая ситуация может значительно различаться в разных регионах мира из-за различий в климате, географии, промышленности и других факторах. Поэтому могут быть созданы специализированные рейтинги, ориентированные на конкретные регионы или страны.

5. Эволюция данных и методов. С появлением новых данных, технологий и методов анализа экологической ситуации появляются новые возможности для разработки рейтингов и улучшения существующих.

6. Коммерциализация процесса присвоения рейтинга. Создать новый рейтинг и индекс может любая компания, что позволяет использовать этот инструмент, как объект купли – продажи.

Проведя рассмотрение мировых и российских экологических рейтингов и индексов, можно сформулировать следующие крупные направления их применения:

- оценка экологической деятельности компаний;
- сравнение экологических показателей различных регионов России для выявления тех, которые нуждаются в дополнительной поддержке и развитии инфраструктуры;
- оценка действий государства в области экологии, включая законодательство, программы охраны окружающей среды и меры по снижению загрязнения.

В заключение следует сказать, что экологические индексы и рейтинги играют важную роль в оценке устойчивого развития в России. Их использование способствует более эффективному управлению природными ресурсами, улучшению экологической ситуации и обеспечению устойчивого развития для будущих поколений.

### Список литературы

1. Yale Center for Environmental Law & Policy. Environmental Performance Index (EPI). – New Haven, CT: Yale Center for Environmental Law & Policy. – URL: [epi.yale.edu](http://epi.yale.edu).
2. Попов, Е.В. Экономические затраты и выгоды от перехода на возобновляемые источники энергии в РФ // Менеджер года-2023 : матер. Всерос. науч.-практ. конференции. Воронеж, 2023. С. 176-180.
3. Смирнова, Т.М. Об информативности экологического рейтинга регионов Российской Федерации / Смирнова Т.М., Мельниченко П.И., Прохоров Н.И., Крутько В.Н. // Гигиена и санитария. 2019. Т. 98. № 11. С. 1222-1227. DOI: <http://dx.doi.org/10.18821/0016-9900-2019-98-11-1222-1227>
4. Shvarts, E.A., et al., Assessment of environmental responsibility of oil and gas companies in Russia: the rating method, Journal of Cleaner Production (2016), <http://dx.doi.org/10.1016/j.jclepro.2016.04.0213>. The measurement of corporate environmental performance and its application to the analysis of efficiency in oil industry
5. Agranat V. (2023) The Impact of Climate Risk Factors on the Cost and Financial Sustainability Indicators of Companies in Carbon-Intensive Industries in the BRICS Countries. Journal of Corporate Finance Research. 17(2): 68-84. <https://doi.org/10.17323/j.jcfr.2073-0438.17.2.2023.68-84>

### References

1. Yale Center for Environmental Law & Policy. Environmental Performance Index (EPI). — New Haven, CT: Yale Center for Environmental Law & Policy [URL: [epi.yale.edu](http://epi.yale.edu)].
2. Popov, E.V. Economic costs and benefits of switching to renewable energy sources in the Russian Federation / In the collection: Manager of the year-2023. materials of the All-Russian Scientific and practical conference. Voronezh, 2023. pp. 176-180.
3. Smirnova, T.M. On the informativeness of the environmental rating of the regions of the Russian Federation / Smirnova T.M., Melnichenko P.I., Prokhorov N.I., Krutko V.N. // Hygiene and sanitation. 2019. Vol. 98. No. 11. pp. 1222-1227. DOI: <http://dx.doi.org/10.18821/0016-9900-2019-98-11-1222-1227>
4. Shvarts, E.A., et al., Assessment of environmental responsibility of oil and gas companies in Russia: the rating method, Journal of Cleaner Production (2016), <http://dx.doi.org/10.1016/j.jclepro.2016.04.0213>. The measurement of corporate environmental performance and its application to the analysis of efficiency in oil industry
5. Agranat V. (2023) The Impact of Climate Risk Factors on the Cost and Financial Sustainability Indicators of Companies in Carbon-Intensive Industries in the BRICS Countries. Journal of Corporate Finance Research. 17(2): 68-84. <https://doi.org/10.17323/j.jcfr.2073-0438.17.2.2023.68-84>

DOI: 10.58168/CIRCULAR2024\_314-320

УДК 657.6:504 (622.276)

**ЭКОЛОГИЧЕСКИЙ АУДИТ НЕФТЕГАЗОДОБЫВАЮЩЕГО ПРЕДПРИЯТИЯ**  
**ENVIRONMENTAL AUDIT OF AN OIL AND GAS PRODUCING ENTERPRISE**

**Притужалова О.А.**, кандидат географических наук, доцент ФГАОУ ВО «Тюменский государственный университет», Тюмень, Россия.

**Андреева А.Ю.**, студентка 4 курса Института наук о Земле, ФГАОУ ВО «Тюменский государственный университет», Тюмень, Россия.

**Prituzhalova O.A.**, Candidate of Geographical Sciences, associate professor, University of Tyumen, Tyumen, Russia.

**Andreeva A.Yu.**, 4th year student of the Institute of Earth Sciences, University of Tyumen, Tyumen, Russia.

**Аннотация:** Устойчивое природопользование предполагает понимание экологической ситуации на территории деятельности предприятия и на прилегающей территории, оценку и управление экологическими рисками. Этим целям служит экологический аудит. Для нефтегазодобывающих предприятий проведение экологического аудита особенно актуально вследствие их высокого уровня воздействия на окружающую среду. В статье приводятся результаты изучения теоретических и методологических основ, опыта проведения экоаудитов предприятий нефтегазодобывающей отрасли, а также результаты разработки методического руководства по проведению комплексного экологического аудита нефтегазодобывающих предприятий (определены критерии экоаудита, методы, этапы, основные направления и аспекты проверки).

**Abstract:** Sustainable environmental management involves understanding the environmental situation in the territory of the enterprise and in the surrounding area, assessment and management of environmental risks. Environmental audit serves these purposes. For oil and gas producing enterprises, conducting an environmental audit is especially important due to their high level of their environmental impact. The article presents the results of studying the theoretical and methodological foundations, the experience of conducting environmental audits of oil and gas producing enterprises, as well as the results of developing a methodological guide for conducting a comprehensive environmental audit of oil and gas producing enterprises (the criteria of environmental audit, methods, stages, main directions and aspects of verification are defined).

**Ключевые слова:** экологический аудит, руководство по экологическому аудиту, сектор нефтегазодобычи.

**Keywords:** environmental audit, environmental audit manual, oil and gas production sector.

Нефтегазодобывающая промышленность относится к отраслям с высоким уровнем воздействия на окружающую среду как при штатном функционировании, так и вследствие возникающих аварий. Для снижения воздействия нефтегазодобывающих предприятий на

окружающую среду важно предотвращать экологические риски и нарушения экологического законодательства. В решении этих задач полезен экологический аудит (экоаудит), в первую очередь, выполняющий функцию информационного обеспечения принимаемых управленческих решений. Актуальность экоаудита возрастает при смене собственника предприятия, при определении стратегии его развития в области экологии и природопользования, при обосновании инвестиционных проектов. Также следует отметить, что в последние несколько лет в условиях моратория на плановые проверки в рамках государственного экологического надзора значимость экоаудита возрастает.

В Российской Федерации на сегодня отсутствуют законодательные требования по экоаудиту. Федеральный закон «Об охране окружающей среды» № 7-ФЗ от 10.01.2002 г. ограничивается лишь определением экологического аудита. Не определены порядок применения экоаудита, процедура проверки, состав и структура отчетной документации, требования к участникам аудиторской проверки. Вопрос возможности применения Федерального закона «Об аудиторской деятельности» № 307-ФЗ от 30.12.2008 г. является спорным [1]. Поэтому на данный момент высока востребованность создания методического руководства по проведению комплексного экологического аудита, в частности для нефтегазодобывающих предприятий. В настоящей статье изложены результаты разработки такого руководства. На первом этапе работы были изучены теоретические и методологические основы проведения экоаудита предприятий нефтегазодобычи, а также опыт проведения экоаудитов в данной отрасли. В рамках практической части исследования было разработано руководство по проведению экологического аудита нефтегазодобывающих предприятий, в частности определены критерии экоаудита нефтегазодобывающего предприятия, методы, этапы, основные направления и аспекты проверки.

В условиях отсутствия правовых требований ориентиром для проведения экоаудита выступает имеющий рекомендательный характер ГОСТ Р ИСО 19011-2021 (этот ГОСТ принят взамен прежнего семейства стандартов по экологическому аудиту ГОСТ Р ИСО 14010-14012), а также изданные за последние 25-30 лет учебные и методические пособия в данной области. Наиболее весомый вклад в проработку теоретических и методологических основ проведения экологического аудита предприятий нефтегазодобычи в России внесли авторы учебного пособия 1999 г. [2]. В нем приводятся методические рекомендации по проведению экологического аудирования видов деятельности, связанных с использованием различных природных ресурсов (земельных, водных, лесных), а также рекомендации по проведению экологического аудирования видов деятельности, связанных с разработкой месторождений полезных ископаемых (на примере нефтегазодобывающих предприятий). Этим методическим руководством определены цели и задачи экоаудита нефтегазодобывающих предприятий, случаи применения экоаудита, критерии аудита (перечень законодательных актов и иных нормативных документов, содержащих критерии аудита), этапы (подготовительный, основной и заключительный), методы (анкетирование предприятия, интервьюирование, экспертиза документов, наблюдение за деятельностью предприятия, натурное и инструментальное обследования), основные направления и акценты проверки. Последние

включают 1) аудит состояния и использования земель, 2) аудит состояния и использования поверхностных и подземных водных ресурсов, 3) аудит выбросов в атмосферу и состояния воздушной среды, 4) аудит обращения с отходами, 5) аудит состояния и использования лесных ресурсов, 6) изучение случаев аварий с разливом нефти.

Экоаудит зародился на Западе. В число первых компаний, разработавших собственные программы экологического аудита (в рамках так называемого «социального аудита»), входила американская нефтяная компания Occidental Petroleum. В 1980 г. данной компанией был выполнен внутренний экоаудит по требованию Комиссии по ценным бумагам и биржам США (SEC), заключающемуся в раскрытии информации о корпоративной социальной ответственности, в т. ч. об окружающей среде (о расходах и обязательствах в области охраны окружающей среды), а основным мотивом на тот момент служило предотвращение судебных разбирательств. Постепенно фокус экоаудитов сместился на определение характера и объема экологических обязательств, которые компании должны представлять акционерам в своих годовых отчетах [3]. А одним из главных стимулов проведения экоаудита стали требования коммерческих банков провести внутренний аудит при согласовании выдачи заемных средств.

Несмотря на то, что проведение экологического аудита не является обязательным в России, многие российские компании добровольно проводят его в целях обеспечения соблюдения экологических норм и улучшения своего имиджа. Изначально важными мотивами проведения экоаудита являлись заинтересованность в отношениях с зарубежными партнерами из западных стран и условия кредитования. Логично, что предприятия нефтегазодобывающей отрасли России одними из первых подверглись экоаудиту. Так, в статье [4] упоминаются экоаудиты ОАО «НК «Магма» (1993 г.) и ОАО «Черногорнефть» (1996 г.). На нефтяных месторождениях Томской области экоаудиты выполнялись с 2002 г. силами специалистов ОАО «ТомскНИПИнефть ВНК» [5].

Научных публикаций, обобщающих накопленный опыт проведения экоаудита на объектах нефтегазового комплекса, сравнительно немного. Наиболее интересна статья [6], подробно освещающая опыт американской компании Техасо, деятельность которой включает как добычу углеводородов (включая морскую добычу), так и их переработку. Названы основные цели программы экологического аудита предприятий Техасо, сфера охвата каждого аудита (вопросы качества воздуха, воды, ликвидации разливов нефти, обращения с отходами, полихлорированными бифенилами и иными токсичными веществами), основные этапы проверки. Общее число аудируемых объектов в компании порядка 550. Периодичность проведения аудитов устанавливается в зависимости от размера, сложности и вида проверяемого объекта: раз в три, пять или семь лет. В компании создана внутренняя аудиторская служба, сотрудники которой разрабатывают практические руководства по проведению экоаудитов и входят в состав аудиторских групп. Также в состав групп включаются обученные аудиторы операционного отдела и привлеченные консультанты (что в числе прочего позволяет обеспечить стороннюю экспертизу программ аудита). В применяемой Техасо процедуре аудита есть интересный нюанс – проект аудиторского заключения проходит проверку со стороны штатных аудиторов, которые не участвовали в

аудите, а также со стороны юристов и технических специалистов проверяемой компании. По результатам экоаудитов проводятся корректирующие действия, причем компания должна ежеквартально отчитываться о ходе их выполнения. Немаловажно, что руководство компании поддерживает проведение экоаудитов (поддержка заключается в выделении ставок для штатных аудиторов-экологов, их обучении по действующему законодательству и выделении бюджета на поддержание программы экоаудитов). Совет директоров Техасо также обязал компанию провести оценку программы внутреннего аудита сторонней организацией. Такая оценка была выполнена и подтвердила эффективность программы.

В работе [7] изучен опыт экоаудита в нефтяных компаниях, работающих в Перу: выявлены движущие силы и барьеры развития экологического аудита, даны рекомендации по совершенствованию программ экоаудита. В статье [8] показаны типичные нарушения природоохранных норм на примере двух месторождений в России, а также даны рекомендации по повышению степени экологической безопасности на объектах добычи нефти и газа. Следует отметить, что рекомендации разрабатывались на основе действующих законодательных требований и требований технологического проектирования соответствующих объектов. В статье [9] предложена модель аудит-консалтинга нефтегазовых организаций, включающая в числе прочего формирование заключения по аудиторской проверке и разработку корректирующих мероприятий.

В качестве основы для создания методического руководства по проведению комплексного экоаудита нефтегазодобывающих предприятий в части целей, задач, критериев аудита было использовано пособие [2]. Однако критерии экоаудита были пересмотрены с учетом актуальной нормативной базы, при этом были учтены нормативные правовые акты субъектов Российской Федерации (на примере Тюменской области с автономными округами).

Что касается этапов проведения экоаудита нефтегазодобывающего предприятия, авторы предлагают следовать схеме, предложенной ГОСТ Р ИСО 19011-2021, поскольку данная схема более полно регламентирует все возникающие в ходе проведения экоаудита вопросы. Таким образом, аудит рекомендуется провести в шесть этапов: Инициирование аудита; Подготовка к проведению аудита; Проведение аудита; Подготовка и рассылка отчета по аудиту; Завершение аудита; Выполнение последующих действий по результатам аудита.

В качестве методов проведения экоаудита авторами предлагаются ставшие привычными методы: анализ документации, интервью с руководителями и ответственными за различные направления проверяемой деятельности, наблюдение за деятельностью и инспекционные обходы территории предприятия, контрольные списки, при необходимости также инструментальные обследования. В качестве вспомогательных методов могут использоваться фото- и видеofиксация, картографический метод.

Основой для определения требований к содержанию экоаудиторской проверки (основным направлениям проверки) также послужило руководство 1999 года [2]. Однако современная экологическая повестка включает вопросы низкоуглеродного развития, поэтому область охвата аудита должна включать вопросы сокращения выбросов парниковых газов. То

же самое касается использования наилучших доступных технологий. Таким образом, число ключевых направлений проверки возрастает с шести до восьми.

Разработанное авторами методическое руководство по проведению комплексного экологического аудита нефтегазодобывающих предприятий также включает контрольный список для использования на этапе проведения аудита.

Препятствием для проведения эоаудита зачастую является недопонимание руководством компании ценности аудита, а также отсутствие на предприятии обученных аудиторов либо нехватка средств на привлечение сторонних эоаудиторских организаций. Согласно ГОСТ Р ИСО 19011-2021 аудитор должен быть компетентным, однако его компетентность может быть обеспечена разными методами вплоть до самообразования. Однако оптимальный путь – все же направить нескольких сотрудников, в том числе сотрудников руководящего звена, на курсы повышения квалификации в области экологической безопасности. Это будет инвестиция в более устойчивое развитие предприятия.

При проведении эоаудита на предприятии целесообразно опираться на имеющийся опыт реализации производственного экологического контроля (ПЭК). Эти два вида деятельности очень похожи с точки зрения используемого инструментария, но имеют разную направленность. Функции ПЭК – выполнение в процессе хозяйственной и иной деятельности мероприятий по охране окружающей среды, рациональному использованию и восстановлению природных ресурсов, а также обеспечение соблюдения установленных законодательством требований в области охраны окружающей среды. Таким образом, ПЭК направлен на непосредственное обнаружение и устранение нарушений экологических требований в реальном времени, такого рода проверки имеют рутинный характер. Экологический аудит имеет стратегическую направленность на выявление и ранжирование экологических рисков, определение сильных и слабых сторон деятельности предприятия и разработку мероприятий по оптимизации процесса природопользования, ему в большей степени присущ аналитический характер.

Экологический аудит является общепризнанной практикой обеспечения соответствия экологическим требованиям. По итогам эоаудитов компании разрабатывают планы и программы для снижения негативного воздействия на природу. Составленное авторами методическое руководство по проведению комплексного экологического аудита на нефтегазодобывающих предприятиях позволит реализовать потенциал эоаудита и снизить экологические риски деятельности.

Поскольку подготовленное руководство невозможно представить в формате статьи, с целью популяризации эоаудита как инструмента оптимизации природопользования и обеспечения проведения эоаудита на предприятиях нефтегазодобычи подготовленные авторами методические документы могут быть предоставлены заинтересованным лицам по запросу.

### Список литературы

1. Терлыч И. А. Экологический аудит: зарубежный опыт и особенности применения в России / И. А. Терлыч, Е. А. Гринь // Право: современные тенденции : Материалы III Международной научной конференции, Краснодар, 20–23 февраля 2016 года. – Краснодар: Новация, 2016. – С. 117-119.
2. Методические и нормативно-аналитические основы экологического аудирования в Российской Федерации: Учебное пособие по экологическому аудированию, ч. II. – М.: Тройка, 1999. – 776 с.
3. Khan T. The initiation of environmental auditing in the United States // *Managerial Auditing Journal*. – 2017. – 32. – P. 810-826. DOI: 10.1108/MAJ-06-2016-1393.
4. Волков И. М. Вопросы нормативного обеспечения и методологии экологического аудирования нефтегазодобывающих предприятий (на примере севера Тюменской области) / И. М. Волков // *Экологический консалтинг*. – 2004. – № 1(13). – С. 11-17.
5. Экологическое сопровождение разработки нефтегазовых месторождений / А. Г. Гендрин, Г. А. Надоховская, А. Н. Чемерис [и др.] // *Экология. Серия аналитических обзоров мировой литературы*. – 2009. – № 92. – С. 1-128.
6. Davidson D. A., Wills Th. L. Using internal environmental auditing programs to help prevent spill incidents. *International Oil Spill Conference Proceedings 1 February 1995; 1995 (1): P. 293–296. URL: <https://doi.org/10.7901/2169-3358-1995-1-293>*
7. Montes-Adrianzen C. *Environmental Audits in Oilfield Operations in Peru*. – University of Calgary, 2001. – 186 p.
8. Волков И. М. К вопросу методологии экологического аудита объектов добычи нефти и газа (на примере Вахского и Каримовского месторождений нефти) / И. М. Волков, Е. А. Вешкурцева // *Вестник Тюменского государственного университета*. – 2003. – № 2. – С. 145-151.
9. Растамханов Р. Р. Аудит-консалтинг экологической деятельности нефтегазовых организаций: организационно-методический аспект // *Учет. Анализ. Аудит*. – 2017. – № 6. – С. 86-91.

### References

1. Terlych I. A. Environmental audit: foreign experience and features of application in Russia / I. A. Terlych, E. A. Grin // *Law: modern trends : Materials of the III International Scientific Conference, Krasnodar, February 20-23, 2016. – Krasnodar: Novation, 2016. – P. 117-119.*
2. *Methodological and normative-analytical foundations of environmental auditing in the Russian Federation: A textbook on environmental auditing, part II. – M.: Troika, 1999. – 776 p.*
3. Khan T. The initiation of environmental auditing in the United States // *Managerial Auditing Journal*. – 2017. – 32. – P. 810-826. DOI: 10.1108/MAJ-06-2016-1393.



4. Volkov I. M. Issues of regulatory support and methodology of environmental auditing of oil and gas producing enterprises (on the example of the north of the Tyumen region) / I. M. Volkov // Environmental consulting. – 2004. – No. 1(13). – P. 11-17.

5. Environmental support for the development of oil and gas fields / A. G. Gendrin, G. A. Nadokhovskaya, A. N. Chemeris [et al.] // Ecology. A series of analytical reviews of world literature. - 2009. – No. 92. – P. 1-128.

6. Davidson D. A., Wills Th. L. Using internal environmental auditing programs to help prevent spill incidents. International Oil Spill Conference Proceedings 1 February 1995; 1995 (1): P. 293–296. URL: <https://doi.org/10.7901/2169-3358-1995-1-293>

7. Montes-Adrianzen C. Environmental Audits in Oilfield Operations in Peru. – University of Calgary, 2001. – 186 p.

8. Volkov I. M. On the issue of the methodology of environmental audit of oil and gas production facilities (on the example of the Vakhsky and Karimov oil fields) / I. M. Volkov, E. A. Veshkurtseva // Bulletin of the Tyumen State University. - 2003. – No. 2. – P. 145-151.

9. Rastamanov R. R. Audit-consulting of environmental activities of oil and gas organizations: organizational and methodological aspect // Accounting. Analysis. Audit. – 2017. – No. 6. – P. 86-91.

DOI: 10.58168/CIRCULAR2024\_321-326

УДК 58.006

**СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ РОСТА ПОБЕГОВ ХВОЙНЫХ РАСТЕНИЙ,  
ПЕРСПЕКТИВНЫХ ДЛЯ КАРБОНОВЫХ ФЕРМ НА СРЕДНЕМ УРАЛЕ**  
COMPARATIVE ANALYSIS OF STEMS GROWTH OF CONIFEROUS PLANTS PROMISING  
FOR CARBON FARMS IN THE MIDDLE URALS

**Симонян Р.С.**, магистрант, Уральский федеральный университет, ботанический сад, Екатеринбург, Россия.

**Михалищев Р.В.**, ведущий инженер, Уральский федеральный университет, ботанический сад, Екатеринбург, Россия.

**Валдайских В.В.**, кандидат биологических наук, Уральский федеральный университет, ботанический сад, Екатеринбург, Россия.

**Simonyan R.S.**, master student, Ural Federal University, botanical garden, Yekaterinburg, Russia.

**Mikhailishchev R.V.**, Lead Engineer, Ural Federal University, botanical garden, Yekaterinburg, Russia.

**Valdaiskikh V.V.**, PhD in Biology, Ural Federal University, botanical garden, Yekaterinburg, Russia.

**Аннотация.** Культивирование высокопродуктивных древесных растений является одним из направлений реализации климатических проектов в целях секвестрации атмосферного углерода. Повышенный интерес к интродукции новых видов на Среднем Урале обусловлен бедностью флоры хвойными породами, которые могут быть использованы не только для озеленения и в лесной промышленности, но и в решении экологических проблем – при создании карбоновых ферм. В условиях ботанического сада изучали линейный рост и развитие побегов у видов из семейства *Pinaceae* Lindl. согласно методике ГБС. Выявлены наиболее быстрорастущие виды и корреляции между приростом и погодными условиями.

**Abstract.** The cultivation of highly productive woody plants is one of the areas of climate project implementation in order to sequester atmospheric carbon. Due to the lack of coniferous species in the flora of the Middle Urals, there is an increased interest in introducing new species. These plants can be used not only for landscaping and the forestry industry, but also to solve environmental problems, such as creating carbon farms. In the conditions of the botanical garden, the linear growth and development of shoots of species from the *Pinaceae* family were studied in accordance with generally accepted methods. The fastest-growing species were identified, as well as correlations between growth and weather conditions.

**Ключевые слова:** *Pinaceae* Lindl., линейный рост побегов, инорайонные виды, карбоновые фермы.

**Keywords:** *Pinaceae* Lindl., growth, introduced species, carbon farm.

Российская Федерация обладает большим ресурсным потенциалом лесов, которые могут играть ключевую роль в регулировании глобального изменения климата и достижении углеродной нейтральности к 2060 году. Видовое разнообразие видов семейства *Pinaceae* Lindl.

во флоре Среднего Урала невелико, что обуславливает интерес к интродукции новых видов, которые могут быть использованы не только для озеленения и в лесной промышленности, но и в решении экологических проблем – при создании карбоновых ферм. В нашей работе проведен сравнительный анализ роста и развития побегов аборигенных и инорайонных видов в зависимости от климатических условий. Объектами исследования были 18 местных и инорайонных видов, принадлежащих родам *Abies* Mill., *Pinus* L., *Picea* A.Dietr., *Larix* Mill., *Pseudotsuga* Carr, выращиваемых в коллекции ботанического сада УрФУ в Екатеринбурге. Начало и окончание линейного роста побегов определяли согласно методике ГБС РАН [1]. Для анализа полученных данных проводился их статистический анализ с помощью программного пакета MS Excel 2010 и Statistica 13. При обработке результатов каждая дата переводилась в непрерывный ряд чисел (за начало принимается 1 марта каждого года) для последующих расчетов [2].

Вегетационный период 2021 года характеризовался ранней, экстремально теплой и засушливой весной, малым количеством осадков в первой половине лета, большим числом ясных дней в течение всего сезона. Вегетационный период 2022 года имел неравномерное распределение осадков, большая часть из которых выпала в начале вегетации, а также отличался температурами заметно ниже среднемноголетних в начале сезона и жаркой, засушливой погодой во второй половине вегетации. 2023 год отличался рекордно засушливой весной, а температура летних месяцев была выше нормы на 1,6–2,8 °С.

За время проведения исследований все изучаемые виды показали высокую зимостойкость, однако ранее в условиях ботанического сада такие виды как *Pseudotsuga mensiezii*, *Pinus densiflora* в отдельные годы незначительно повреждались в зимний период. В молодом возрасте у них отмечались повреждения хвои или почек после значительных морозов, а у сосны густоцветной наблюдалось полное вымерзание семян и некоторых растений в возрасте до 10 лет. Такой вид как, *Picea glauca* страдает в весенний период от физиологической сухости, что вызывает частичное опадение хвои, при этом побеги и почки не повреждаются, что позволяет растениям восстановиться в течение вегетационного сезона. Изучаемые растения в разной степени могут повреждаться вредителями и болезнями. *Pinus sibirica* и *Abies sibirica* заметно повреждаются вредителями, такими как хермес, а у *Pinus strobus* наблюдается гибель и усыхание отдельных ветвей или целых растений от пузырчатой ржавчины. Также грибными заболеваниями поражается *Pinus densiflora*, что приводит к усыханию отдельных ветвей или суховершинности. Таким образом, некоторые виды, несмотря на относительно быстрый рост и накопление биомассы, ввиду низкой устойчивости в условиях Среднего Урала малоприспособлены для использования в лесоклиматических проектах.

Линейный рост побегов у разных видов семейства в 2021 году рост начинался в период с 25 апреля по 18 мая, в 2022 – с 27 апреля по 30 мая, в 2023 – с 26 апреля по 24 мая, тогда как окончание роста сместилось на более ранние даты (в 2021 году – с 15 июня по 25 июля, в 2022 году – с 28 июня по 25 июля, в 2023 году – с 9 июня по 8 июля) (табл. 1).

Таблица 1 – Характеристика роста побегов представителей *Pinaceae* Lindl в период наблюдений

Вид	начало роста побегов, дата (M ± mM)	окончание роста побегов, дата (M ± mM)	продолжительность роста побегов, дни (M ± mM)	величина прироста, см (M ± mM)
<i>Pinus sylvestris</i>	01.05±2,1	21.06±2,7	49,7±2,7	16,5±0,7
<i>P. mugo</i>	05.05±2,2	26.06±4,3	51,7±4,4	26,0±0,8
<i>P. densiflora</i>	30.04±1,5	29.06±3,6	59,2±4,2	30,8±0,7
<i>P. banksiana</i>	27.04±1,1	19.06±3,1	52,8±3,9	15,9±0,6
<i>P. contorta</i> var. <i>latifolia</i>	26.04±0,8	18.06±2,9	52,4±3,4	24,2±0,8
<i>P. sibirica</i>	02.05±1,5	21.06±2,8	49,7±2,8	16,9±0,4
<i>P. strobus</i>	11.05±1,5	04.07±3,6	53,3±3,0	18,6±0,9
<i>Picea abies</i>	15.05±1,2	20.06±3,1	34,9±3,0	16,8±0,3
<i>P. koraiensis</i>	15.05±1,4	06.07±4,6	51,2±5,1	24,9±0,5
<i>P. glauca</i>	15.05±1,5	10.07±3,2	57,6±2,2	17,3±0,4
<i>P. obovata</i>	15.05±1,1	25.06±2,4	40,8±2,5	22,4±0,4
<i>P. obovata</i> var. <i>krylowii</i>	20.05±1,7	06.07±1,7	47,1±2,9	19,4±0,6
<i>P. omorika</i>	21.05±1,7	11.07±3,3	49,8±4,7	18,8±0,4
<i>P. pungens</i>	23.05±1,9	30.06±3,4	37,7±4,7	17,8±0,3
<i>P. engelmannii</i>	18.05±1,7	20.06±3,3	33,3±2,9	16,4±0,4
<i>Larix sibirica</i>	21.05±1,1	14.07±2,6	54,1±2,8	19,3±0,5
<i>Pseudotsuga menziesii</i>	23.05±1,9	15.07±5,2	52,0±6,6	11,6±0,2
<i>Abies sibirica</i>	18.05±2,1	06.07±1,5	47,8±2,9	13,0±0,2
<i>A. balsamea</i>	15.05±1,4	08.07±2,3	54,2±1,7	12,5±0,5

Анализ корреляционных связей фенофаз с различными метеопараметрами показал, что фенофаза «начало роста побегов» положительно коррелирует с суммами температур выше 0 °C ( $r=0,8675$ ;  $p<0,05$ ), 5 °C ( $r=0,8782$ ;  $p<0,05$ ) и 10 °C ( $r=0,8543$ ;  $p<0,05$ ) за период до начала роста побегов, с суммой осадков с января ( $r=0,3889$ ;  $p<0,05$ ) и коэффициентом гидротермического увлажнения (ГТК) до начала роста побегов ( $r=0,3793$ ;  $p<0,05$ ). Также наблюдались корреляции с условиями зимнего периода: положительные со средней температурой в декабре ( $r=0,2600$ ;  $p<0,05$ ), за январь-март ( $r=0,1646$ ;  $p<0,05$ ) и датой схода снежного покрова ( $r=0,2151$ ;  $p<0,05$ ) и отрицательная с высотой снежного покрова в январе ( $r=-0,2505$ ;  $p<0,05$ ). Фенофаза «окончание роста побегов» также, как и начало роста, положительно коррелирует с суммами температур, с суммой осадков и ГТК до начала фенофазы, причем их связи более сильные, чем у фенофазы «начало роста побегов». Также положительные корреляции с метеопараметрами были выявлены при анализе продолжительности роста.

Интенсивность роста побегов коррелирует с температурой только в первой половине вегетации [4]. Похожие результаты были получены и в наших условиях (рис. 1–2).

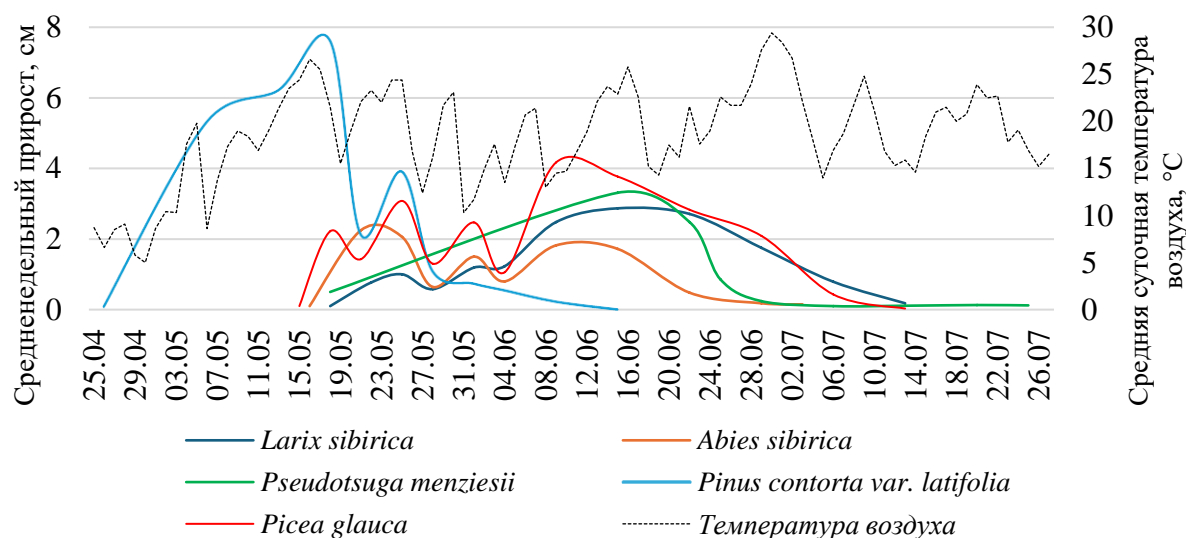


Рисунок 1 – Динамика температуры воздуха и средненедельного прироста побегов некоторых видов в 2021 году

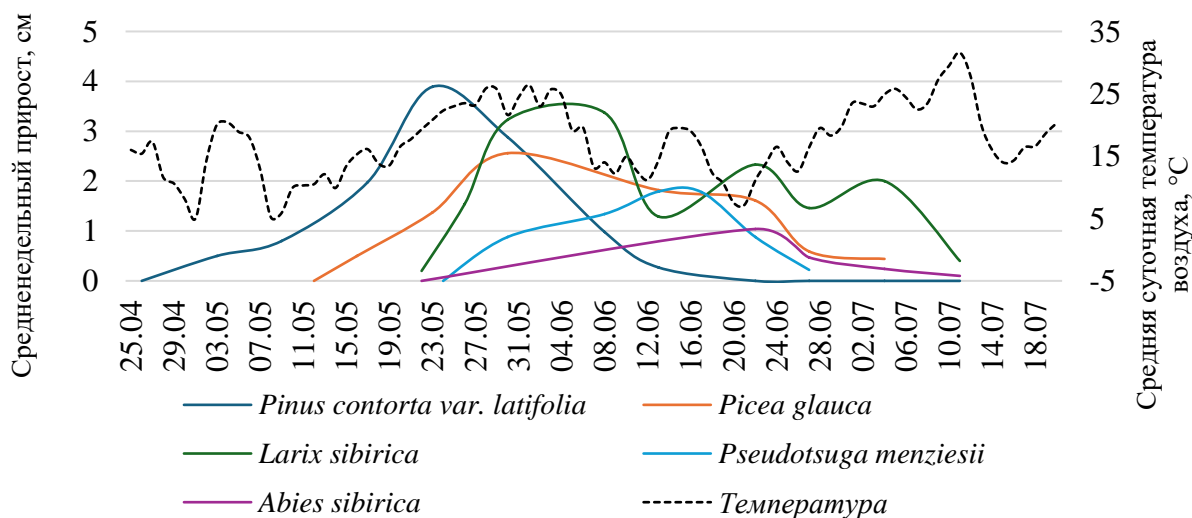


Рисунок 2 – Динамика температуры воздуха и средненедельного прироста побегов некоторых видов в 2023 году

При значительном повышении температуры отмечается и более интенсивный рост побегов. Наступление кульминации прироста побегов приходится на период с наиболее высокой температурой воздуха. После кульминации прироста отмечается слабая связь интенсивности роста побегов с температурой воздуха. В этот период она остается еще сравнительно высокой, а прирост снижается довольно быстро [5].

Средняя величина прироста побегов составила 16,5 см. Наименьший прирост за три года наблюдался у псевдотсуги (*Pseudotsuga mensiezii*) – 10,4 см, а наибольший – у сосны

густоцветной (*Pinus densiflora*) – 27,1 см (Рис. 3). По данным дисперсионного анализа на величину годичного прироста побегов в 2021 и 2023 году оказывали влияние видовые особенности ( $F=9,103$ ,  $p<0,05$ ;  $F=25,91$ ,  $p<0,05$ ), тогда как влияния продолжительности роста не выявлено ( $F=0,269$ ,  $p=0,606$ ;  $F=0,063$ ,  $p=0,804$ ). Что касается 2022 года, на годичный прирост влияли не только видовые особенности ( $F=9,873$ ,  $p<0,05$ ), но и продолжительность роста ( $F=6,656$ ,  $p<0,05$ ). Корреляционный анализ между величиной годичного прироста и погодных условий показал, что виды реагируют на изменение этих условий по-разному. Так, роды *Picea* и *Larix* имеют незначимые связи со среднегодовой температурой воздуха, роды *Abies* и *Pseudotsuga* имеют значимую умеренную обратную связь ( $r=-0,669$ ), а род *Pinus* больше всего реагирует на изменение среднегодовой температуры ( $r=-0,781$ ). Виды рода *Pinus* также чувствительны к изменению количества осадков в разные месяцы вегетации ( $r$  от 0,700 до 0,909). Согласно литературным данным, недостаток осадков проявляется в снижении прироста побегов на следующий год [3] – этим можно объяснить обратную корреляционную связь между показателями в нашем случае.

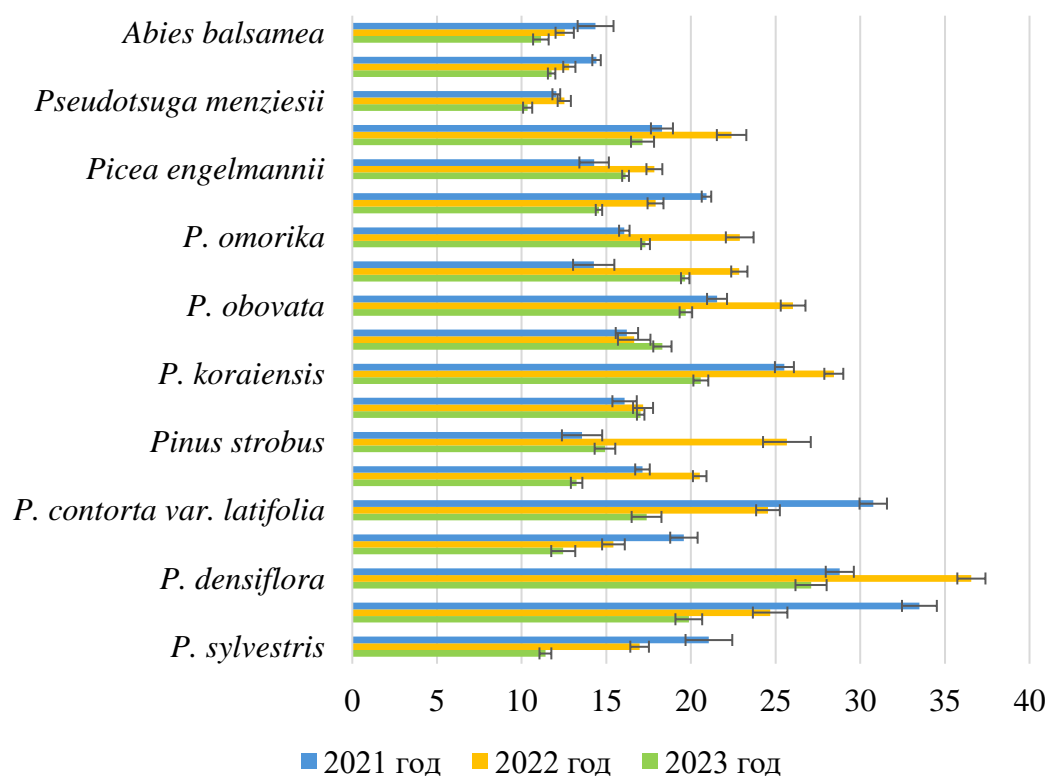


Рисунок 3 – Средняя величина годичных побегов разных видов по годам

Таким образом, разные виды неодинаково реагируют на изменения метеоусловий. Основными метеофакторами, регулирующими начало роста побегов, являются суммы положительных температур, в то время как окончание роста побегов в большей степени детерминируется, кроме температуры, влагообеспеченностью в зимний и весенне-летний периоды. В целом за три года приросты больше среднего наблюдались у сосен (*Pinus mugo*,

*Pinus densiflora*, *Pinus contorta* var. *latifolia*) и двух видов елей (*Picea koraiensis*, *Picea obovata*). Однако, некоторые виды, отличающиеся относительно быстрым ростом, могут быть неустойчивы к болезням и вредителям или иметь низкую зимостойкость. Полученные нами данные позволят разработать агротехнику изученных видов в условиях Среднего Урала.

Работа выполнена при финансовой поддержке Министерства науки и высшего образования Российской Федерации, тема Государственного задания FEUZ-2024-0011.

### Список литературы

1. Александрова М. С., Булыгин Н. Е., Ворошилов В. Н., Карпионов Р. А., Плотникова Л. С., Фролова Л. А., Шутко Н. В. Методика фенологических наблюдений в ботанических садах СССР. – М. : ГБС АН СССР, 1975. – 27 с.
2. Зайцев Г. Н. Обработка результатов фенологических наблюдений в ботанических садах // Бюл. Гл. ботан. сада АН СССР. – 1974. – №. 94. – С. 3–10.
3. Сахарова Н. М., Кожушко Н. В., Янушко Е. А. Влияние климатических условий на динамику прироста хвойных экзотов // Лесоведение и лесное хозяйство : республиканский межведомственный сборник. - Минск : Вышэйшая школа. – 1985. – № 20. – С. 25–28.
4. Кищенко И. Т. Влияние климатических факторов на рост представителей рода *Pinus* (Pinaceae) в условиях интродукции // Экология. – 2004. – № 4. – С. 249–254.
5. Фролова Л. А. Термический фактор и фазы сезонного развития представителей рода Ель в Ботаническом саду МГУ на Ленинских горах / Л. А. Фролова // тез. докл. Всесоюз. конф. «Термический фактор в развитии растений различных географических зон». – 1979. – С. 32–34.

### References

1. Alexandrova M. S., Bulygin N. E., Voroshilov V. N., Karpisonova R. A., Plotnikova L. S., Frolova L. A., Shkutko N. V. Methodology of phenological observations in botanical gardens of the USSR. – M. : GBS of the USSR Academy of Sciences. – 1975. – 27 p.
2. Zaitsev G. N. Processing results of phenological observations in botanical gardens // Byul. The Main Botanical Garden of the USSR Academy of Sciences. – 1974. – №. 94. – P. 3-10.
3. Sakharova N. M., Kozhushko N. V., Yanushko E. A. The influence of climatic conditions on the dynamics of growth of coniferous exotics // Forestry and forestry : Republican interdepartmental collection. - Minsk : Higher School. – 1985. – №. 20. – P. 25–28.
4. Kishchenko I. T. Effect of climatic factors on the growth of representatives of the genus *Pinus* (Pinaceae) under conditions of introduction // Russian journal of ecology. – 2004. – V. 35. – P. 214-219.
5. Frolova L. A. Thermal factor and phases of seasonal development of representatives of the genus Yel from different geographic zones // Termicheskiy faktor v razvitii rastenij raznykh geograficheskikh zonah. – 1979. – P. 32-34.

DOI: 10.58168/CIRCULAR2024\_327-332

УДК 630.812:630.43

**УСУШКА ДРЕВЕСИНЫ СОСНЫ, ПОВРЕЖДЕННОЙ ПОЖАРОМ**  
**SHRINKAGE OF PINE WOOD DAMAGED BY FIRE**

**Снегирева С.Н.**, кандидат биологических наук, доцент, ФГБОУ ВО «Воронежский государственный лесотехнический университет имени Г.Ф. Морозова, Воронеж, Россия.

**Платонов А.Д.**, доктор технических наук, профессор ФГБОУ ВО «Воронежский государственный лесотехнический университет имени Г.Ф. Морозова», Воронеж, Россия.

**Галайко А.М.**, магистр лесопромышленного факультета ФГБОУ ВО «Воронежский государственный лесотехнический университет имени Г.Ф. Морозова», Воронеж, Россия.

**Струкова М.И.**, студент ФГБОУ ВО «Воронежский государственный лесотехнический университет имени Г.Ф. Морозова», Воронеж, Россия.

**Snegireva S.N.**, candidate of Biological Sciences, Associate Professor, Voronezh State University of Forestry and Technologies named after G.F. Morozov, Voronezh, Russia.

**Platonov A.D.**, doctor of Technical Sciences, Professor, Voronezh State University of Forestry and Technologies named after G.F. Morozov, Voronezh, Russia.

**Galayko A.M.**, master of Forestry Faculty, Voronezh State University of Forestry and Technologies named after G.F. Morozov, Voronezh, Russia.

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

**Аннотация:** В статье приведены результаты исследования величины усушки ядровой древесины сосны, поврежденной сильным низовым и беглым верховым пожаром, после хранения в комнатных условиях в течение 10 лет. Экспериментально установлено повышение величины усушки древесины сосны, поврежденной пожаром при её влажности 30 % в тангенциальном направлении составило в среднем на 7 %, в радиальном направлении – 6,6 %. Характер изменения усушки в радиальном направлении близок к линейной, как у древесины поврежденной пожаром, так и неповрежденной. В тангенциальном направлении величина усушки у древесины, поврежденной пожаром, резко возрастает при её влажности менее 5 %. Древесина поврежденная пожаром может быть использована в изделиях без существенных ограничений.

**Abstract:** The article presents the results of a study of the shrinkage of pine wood damaged by a strong grassroots and runaway wildfire after storage in room conditions for 10 years. Experimentally, an increase in the shrinkage of pine wood damaged by fire at its humidity of 30 % in the tangential direction was on average 7 %, in the radial direction – 6,6 %. The nature of the shrinkage change in the radial direction is close to linear, both for fire-damaged and undamaged wood. In the tangential direction, the shrinkage value of fire-damaged wood increases sharply when



its humidity is less than 5 %. Wood damaged by fire can be used in products without significant restrictions.

**Ключевые слова:** пожар, древесина сосны, усушка древесины, влажность, ядровая древесина.

**Keywords:** fire, pine wood, wood shrinkage, humidity, sound wood.

Пожар оказывает существенное влияние на древесину. Воздействие высокой температуры на древесину может быть различным по степени воздействия и продолжительности [5]. В отличие от непродолжительного воздействия температуры на древесину в процессе технологического воздействия на нее, воздействие пожаров характеризуется именно высокой температурой.

В результате пожара в древесине происходят изменения, связанные с её деструкцией, блокировкой гидроксильных групп и ряд иных воздействий, оказывающих, оказывающих влияние на её гигротермические свойства. Это, в свою очередь, во многом определяет способность древесины к поглощению влаги из окружающего воздуха. Применение такой древесины в производстве во многом ограничено. Основной причиной этого является малая изученность свойств древесины, поврежденной пожаром и в частности её формоустойчивости. Существенную изменчивость свойств древесины необходимо учитывать при оценке и нормировании качества продукции, особенно продукции деревообработки [2, 4].

Неравномерность проявления усушки, особенно в поперечном сечении пиломатериалов приводит к их деформации, что является ее недостатком, поскольку создает трудности при обработке материала и нерациональному его расходованию. [1, 3]. Таким образом, исследование величины усушки древесины, поврежденной пожаром, является актуальным и имеющим большое практическое значение.

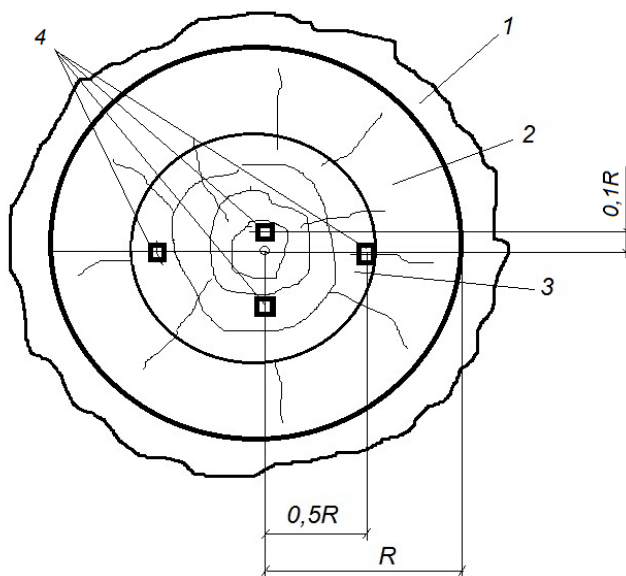
#### *Методика проведения исследований*

Исследования выполнены на неповрежденной и поврежденной сильным низовым и беглым верховым пожаром ядровой древесине сосны, произрастающей в сухих борах на территории Воронежской области. Из свежесрубленной ядровой древесины были выпилены диски толщиной 30 мм на высоте ствола 1,3 м. Продолжительность выдержки древесины, поврежденной пожаром в комнатных условиях составила 10 лет. Из каждого диска были выпилены образцы размером 20×20×10 мм, последний размер вдоль волокон. Схема выпиловки малых чистых образцов из поперечных срезов представлена на рис. 1.

Размеры образцов определяли при помощи штангенциркуля с погрешностью измерения 0,01 мм. Количество образцов составило по 9 шт из каждого спила, согласно ГОСТ 16483.0 «Древесина. Общие требования к физико-механическим испытаниям».

Перед началом испытаний образцы из древесины сосны, поврежденной пожаром, выдерживали в дистиллированной воде до достижения ими влажности свыше 40 %, в этом случае фиксировалась стабильность размеров образцов. После достижения образцами заданной влажности их вместе с образцами из свежеспиленной древесины помещали в комнатных условиях, где происходило удаление влаги. Взвешивание образцов проводили

через каждые три часа. По достижении образцами влажности 8 % они были помещены в сушильный шкаф при температуре  $103 \pm 2$  °С. По мере подсушивания древесины, взвешивание образцов производили через каждые 30 мин. Предварительно перед каждым взвешиванием образцы остывали в эксикаторе, на дно которого была налита серная кислота. Определение влажности древесины производили согласно ГОСТ 16483.7-71 «Древесина. Методы определения влажности».



1 – кора; 2 – заболонь; 3 – ядро; 4 – места отбора образцов

Рисунок 1 - Схема мест отбора образцов

Определение величины усушки древесины сосны выполнено в соответствии с ГОСТ 16483.37-88 «Древесина. Метод определения усушки».

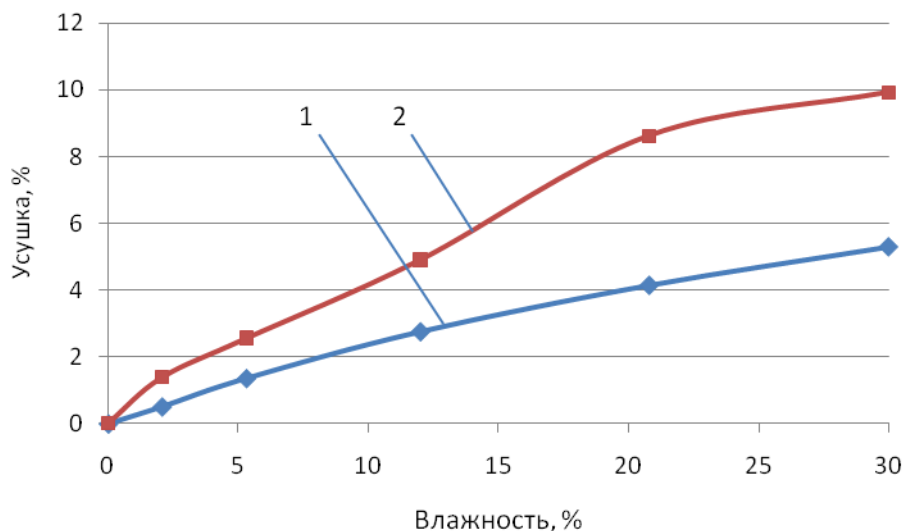
#### *Результаты исследований и выводы*

Результаты исследования усушки древесины сосны представлены на рис. 2-3.

На рис. 2 представлены результаты исследования усушки древесины сосны неповрежденной пожаром и произрастающей в Воронежской области.

Анализ результатов исследования величины усушки древесины сосны, неповрежденной пожаром показывает, что изменение усушки в радиальном направлении имеет зависимость близкую к линейной. Наибольшая величина усушки составила 5,3 %. В пересчете на один процент влажности древесины усушка составила около 0,18 %. В тангенциальном направлении усушка древесины в интервале влажности от 20 % и менее близка к линейной и составляет в среднем 0,4 % на один процент влажности древесины. При

влажности древесины свыше 20 % изменение величины усушки менее существенно и составляет 0,13 % на один процент влажности древесины. Таким образом, можно отметить, что величина усушки в диапазоне влажности менее 20 %, примерно в три раза выше, чем при влажности древесины свыше 20 %. Наибольшая величина усушки в тангенциальном направлении у древесины сосны составила 9,9 %.



1, 2 – усушка в радиальном и тангенциальном направлении

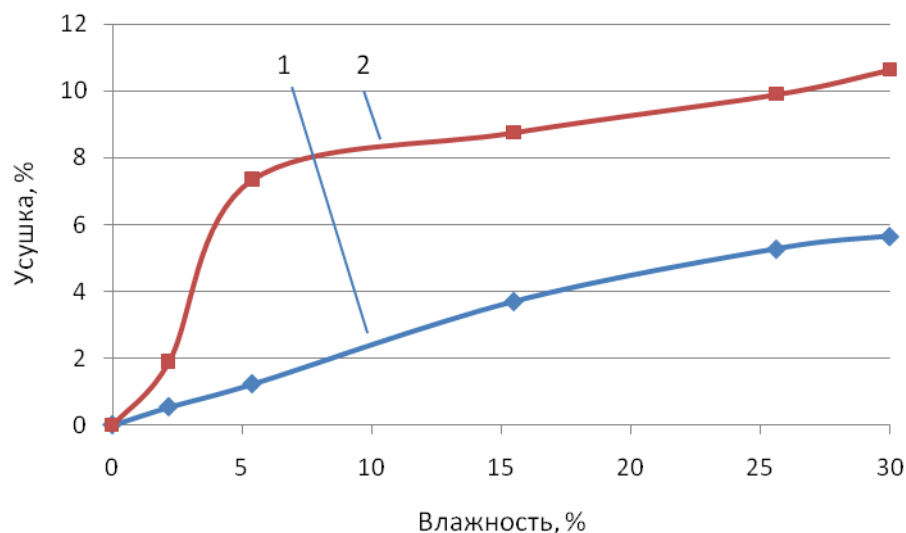
Рисунок 2 – Усушка древесины сосны

На рис. 3 представлены результаты исследования усушки древесины сосны, поврежденной сильным низовым и беглым верховым пожаром.

Анализ кривых, представленных на рис. 3 показывает изменение величины усушки в радиальном направлении близко к линейной зависимости. Характер изменения величины усушки древесины близок к характеру изменения усушки для неповрежденной древесины. Наибольшая величина усушки древесины составила 5,65 %. В пересчете на один процент влажности древесины уменьшение усушки составило около 0,19 %. В тангенциальном направлении изменение усушки древесины близко к линейной зависимости в интервале влажности от 5 % до 30 %. Величина усушки древесины при влажности 30 % составила 10,6 %, а при влажности 5 % - 7,3 %. В среднем изменение усушки древесины при уменьшении её влажности на один процент в указанном диапазоне составило 0,13 %. При влажности древесины менее 5 % отмечено резкое уменьшение величины её усушки. Изменение величины усушки древесины при уменьшении и влажности на один процент в указанном диапазоне составляет 1,45 %.

Анализ результатов экспериментальных исследований показывает, что древесина сосны, поврежденная пожаром, после длительной выдержки имеет величину усушки как в радиальном, так и в тангенциальном направлениях больше, чем у неповрежденной древесины. Величина усушки в тангенциальном направлении при изменении влажности древесины на

один процент в интервале менее 5 % выше, примерно, в 10 раз, чем при влажности свыше 5 %.



1, 2 – усушка в радиальном и тангенциальном направлении

Рисунок 3 – Усушка древесины сосны, поврежденной пожаром

В радиальном направлении величина усушки изменяется равномерно на всем диапазоне влажности от 30 % до 0 %. Использование древесины сосны, поврежденной пожаром, может быть целесообразным в сухих без каких либо ограничений. В неотапливаемых помещениях необходимо покрывать древесину защитными покрытиями, исключаящими её прямой контакт с влажным воздухом. Повышенная усушка древесины в тангенциальном направлении может послужить повышению её растрескивания в круглых лесоматериалах или пиломатериалах большого сечения.

### Список литературы

1. Кантиева, Е.В. Изменчивость усушки древесины сосны в стволе дерева / Е.В. Кантиева, С.Н. Снегирева, А.Д. Платонов // Известия Санкт-Петербургской лесотехнической академии. 2023. - № 246. - С. 364-378.
2. Кислый В. Качество лесопромышленной продукции / В. Кислый // ЛесПромИнформ. 2019. № 6 (144). URL: <https://lesprominform.ru/jarticles.html?id=5403> Известия Санкт-Петербургской лесотехнической академии. 2023. - Вып. 246-374.
3. Коваль, В.С. Об оценке припусков на усыхание пиломатериалов различного вида распиловки / В.С. Коваль, Н.В. Марченко, Г.Б. Иноземцев // Научный вестник НЛТУ Украины. - 2008. - Вып. 18.3. - С. 136–142.
4. Рябчук, В.П. Физические свойства древесины видов рода сосна / В.П. Рябчук, Т.В. Юскевич, В.М. Гриб // ИВУЗ. Лесной журнал. - 2013. - № 5. - С. 160–169.
5. Уголев, Б.Н. Древесиноведение и лесное товароведение / Б.Н. Уголев // 5-е изд., перераб. и доп. М.: ГОУВПОМГУЛ, 2007. - 351 с.

## References

1. Kantieva, E.V. Variability of pine wood shrinkage in the trunk of a tree / E.V. Kantieva, S.N. Snegireva, A.D. Platonov // *Izvestiya St. Petersburg Forestry Academy*. 2023. - No. 246. - pp. 364-378.
2. Kisly V. The quality of timber products. *LesPromInform*, 2019, no. 6 (144). URL: <https://lesprominform.ru/jarticles.html?id=5403>
3. Koval V., Marchenko N., Inozemtsev G. On the evaluation of drying allowances for sawn timber of various types of sawing. *Scientific Bulletin of NLTU of Ukraine*, 2008, no. 18.3, pp. 136–142.
4. Ryabchuk V., Yuskevich T., Grib V. Physical properties of wood of species of the genus pine. *IVUZ. Forest Journal*, 2013, no. 5, pp. 160–169.
5. Ugolev B. *Wood science and forest commodity science*. 5th ed., revis. and add., 2007. M.: GOVPOMGUL, p. 351.

DOI: 10.58168/CIRCULAR2024\_333-336

УДК 674

**ВЛИЯНИЕ ПОЖАРА НА ФОРМИРОВАНИЕ ТРАХЕИД У ДРЕВЕСИНЫ СОСНЫ**  
**THE EFFECT OF FIRE ON THE THICKNESS OF CELL WALLS PINE WOOD**

**Снегирева С.Н.**, кандидат биологических наук, доцент ФГБОУ ВО «Воронежский государственный лесотехнический университет имени Г.Ф. Морозова», Воронеж, Россия.

**Snegireva S.N.**, candidate of Biology Sciences, Associate Professor, Voronezh State University of Forestry and Technologies named after G.F. Morozov, Voronezh, Russia.

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

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

**Мазекина О.М.**, преподаватель ФГБОУ ВО «Воронежский государственный лесотехнический университет имени Г.Ф. Морозова», Воронеж, Россия.

**Mazekina O.M.**, teacher, Voronezh State University of Forestry and Technologies named after G.F. Morozov, Voronezh, Russia.

**Аннотация:** В статье представлены результаты изменения анатомических элементов происходящих в древесине сосны после пожара. Пожары являются одним из наиболее разрушительных природных явлений, которые сильно влияют на экосистемы лесов. Они вызывают значительные изменения в структуре и составе лесных сообществ, а также оказывают влияние на физиологию и морфологию древесных растений. Одним из важных факторов, оказывающих влияние на древесину сосны, является образование трахеид - основных элементов ее структуры. В результате экспериментальных исследований установлено, что высокая температура и интенсивное горение отрицательно влияют на формирование трахеид древесины сосны. Это может влиять на формирования ширины годичного слоя и качество древесины.

**Abstract:** The article presents the results of changes in anatomical elements occurring in pine wood after a fire. Fires are one of the most destructive natural phenomena that strongly affect forest ecosystems. They cause significant changes in the structure and composition of forest communities, as well as affect the physiology and morphology of woody plants. One of the important factors influencing pine wood is the formation of tracheids, the main elements of its structure. As a result of experimental studies, it was found that high temperature and intense burning negatively affect the formation of pine wood tracheids. Gorenje This can reduce the quality of the wood and the formation of the annual layer width.

**Ключевые слова:** лесной пожар, ранние трахеиды, поздние трахеиды, древесина, сосна.

**Keywords:** forest fire, early tracheids, late tracheids, wood, pine.

Лесные пожары в лесах являются стихийными бедствиями, которые оказывают огромное воздействие на растительный мир и в первую очередь на древесину. При воздействии высокой температуры происходит целый ряд изменений в структуре и свойствах древесины, которые могут повлиять на ее качество и использование [2].

В результате пожаров, которые прошли в 2010 году на территории Учебно-опытного лесхоза Воронежской области повреждено свыше 3000 га насаждений сосны. В настоящее время на площади 600 га степень повреждения древостоев окончательно не установлена, в связи, с чем проводится постоянный мониторинг их состояния [3].

Для проведения микроскопического анализа были заготовлены образцы от 13 модельных деревьев сосны поврежденной пожаром на участках Левобережного лесничества Воронежской области (кордон Кожевенное) с древостоем смешанного состава 9С1Б+Д. Возраст сосны 80 лет, средняя высота 22 м, средний диаметр 26 см.

Перед приготовлением микросрезов образцы древесины выдерживались в растворе спирта и глицерина 1:1 в течении 24 часов. При этом удавалось избавиться от пузырьков воздуха и получить необходимую твердость древесины, которая удовлетворяла бы работе на микротоме.

Из подготовленного материала острым ножом выкалывали образцы древесины призматической формы размером 5x5x15 мм.

В лаборатории на санном микротоме МС-2 изготавливали поперечные микросрезы толщиной 2 мкм.

После резки срезов проводили отбор тонких и не порванных. После чего их промывали 70 % раствором спирта в течении 1-2 минут и помещали на предметное стекло, заливали глицерином, сверху помещали покровным стеклом.

Для измерения анатомических элементов древесины использовали микроскоп марки «Биолам» с насадкой для цифрового фотоаппарата марки Canon Power Shot A620. Измерения размеров элементов древесины проведены при увеличении в 200-300 раз.

Описание и измерения анатомических элементов древесины проведено в соответствии с методическими рекомендациями А. А. Яценко-Хмелевского [1].

Микрометрические измерения производили с помощью программного обеспечения ZEN Imaging Soft ware.

Измерения трахеид проводились у допожарной, пожарный и послепожарной частей древесины по трем годичным слом.

Трахеиды в каждом годичном слое измерялись отдельно для ранней и поздней древесины. Измерения производили на различном расстоянии по высоте ствола: 0 м, 0,5 м и 1,3 м.

На рис. 1 представлены результаты измерения ранних трахеид древесины сосны поврежденной пожаром произрастающей в лесостепной зоне. Представленные данные показывают, что до пожара по высоте ствола диаметр ранних трахеид в радиальном направлении изменяется незначительно, что составляет 27-29 мкм.

После пожара происходит значительное уменьшение диаметра ранних трахеид с 25 мкм до 17 мкм. Такая же тенденция наблюдается и по высоте ствола, с увеличением высоты ствола диаметр ранних трахеид уменьшается.

На рис. 2 представлены результаты измерения поздних трахеид древесины сосны.

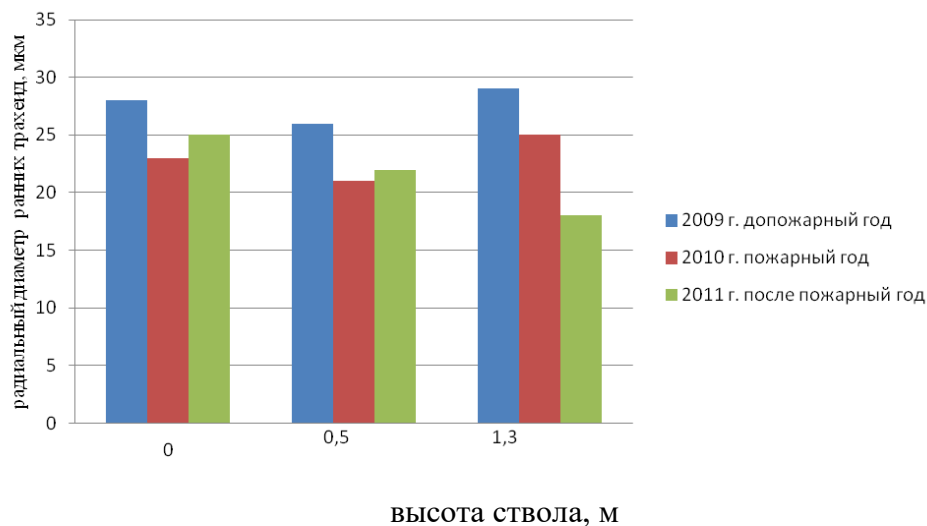


Рисунок 1 - Радиальный диаметр ранних трахеид древесины сосны, поврежденной пожаром

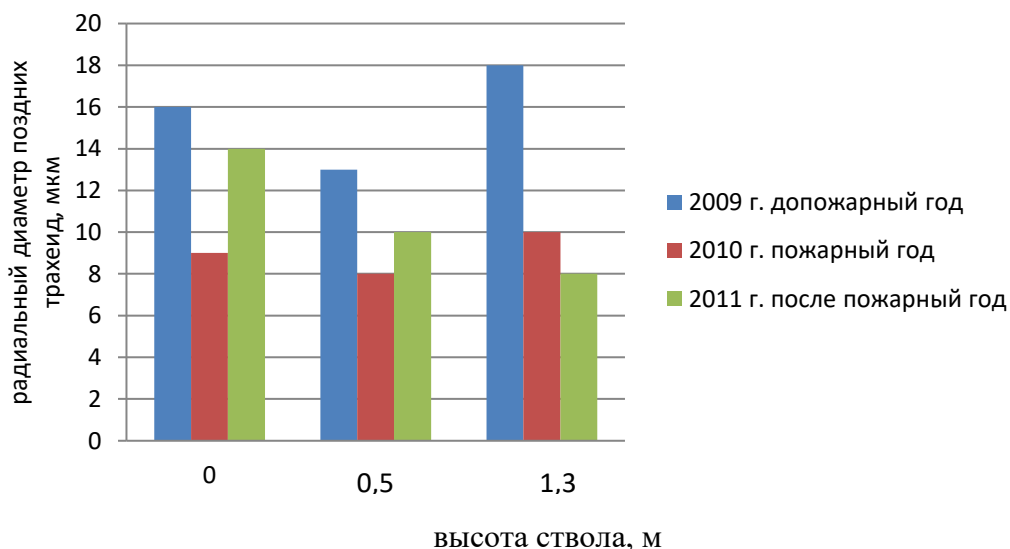


Рисунок 2 - Радиальный диаметр поздних трахеид древесины сосны, поврежденной пожаром



Максимальных значений диаметр поздних трахеид имеет в допожарный год на высоте 1,3 м. от основания ствола и составляет 18 мкм. После пожара происходит резкое уменьшение диаметра поздних трахеид, чему соответствует значение 8 мкм.

В результате исследований можно сделать вывод, что пожары отрицательно влияют на диаметр ранних и поздних трахеид древесины сосны. Несомненно, трахеиды играют ключевую роль в жизнедеятельности сосны, обеспечивая ей необходимое питание и поддерживая структурную целостность.

### Список литературы

1. Яценко-Хмелевский, А. А. Основы и методы анатомического исследования древесины / А. А. Яценко-Хмелевский. – М.: Изд-во АН СССР, 1954. – 337 с.
2. Мелехов С. И. Влияние пожаров на лес. М.-Л. Гос. лесотехн. изд-тво. 1948. – 126 с.
3. Влагодпроводность ядровой древесины сосны, поврежденной сильным низовым и беглым верховым пожаром / А. Д. Платонов, С. Н. Снегирева, Е. В. Кантиева, А. В. Киселева // Лесотехнический журнал. – Воронеж, ВГЛУ, 2023. - №4.1 (52). Т.13. С. 191-208.

### References

1. Yatsenko-Khmelevsky, A. A. Fundamentals and methods of anatomical study of wood / A. A. Yatsenko-Khmelevsky. – M.: Publishing House of the USSR Academy of Sciences, 1954. – 337 p.
2. Melekhov S. I. The impact of fires on the forest. M.-L. State Forestry Engineering. ed. 1948. – 126 p.
3. Moisture conductivity of sound pine wood damaged by a strong grassroots and runaway wildfire / A.D. Platonov, S. N. Snegireva, E. V. Kantieva, A.V. Kiseleva // Forestry journal. – Voronezh, VGLTU, 2023. - №4.1 (52). Vol. 13. pp. 191-208.

DOI: 10.58168/CIRCULAR2024\_337-341

УДК 674

**ПЕРСПЕКТИВНОСТЬ ЛЕНТОЧНОПИЛЬНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ  
В ДЕРЕВООБРАБОТКЕ**  
**PROSPECTS OF BAND SAW TECHNOLOGIES IN WOODWORKING**

**Стародубов А.С.**, аспирант ФГБОУ ВО «Воронежский государственный лесотехнический университет имени Г.Ф. Морозова», Воронеж, Россия.

**Платонов А.Д.**, заведующий кафедрой древесиноведения, доктор технических наук, профессор ФГБОУ ВО «Воронежский государственный лесотехнический университет имени Г.Ф. Морозова», Воронеж, Россия.

**Ивановский В.П.**, кандидат технических наук, доцент ФГБОУ ВО «Воронежский государственный лесотехнический университет имени Г.Ф. Морозова», Воронеж, Россия.

**Starodubov A.S.**, graduate student, Voronezh State University of Forestry and Technologies named after G.F. Morozov, Voronezh, Russia.

**Platonov A.D.**, Head of the Department of Wood Studies, Doctor of Technical Sciences, Professor, Voronezh State University of Forestry and Technologies named after G.F. Morozov, Voronezh, Russia.

**Ivanovsky V.P.**, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Voronezh State University of Forestry and Technologies named after G.F. Morozov, Voronezh, Russia.

**Аннотация:** В статье рассматриваются перспективы использования ленточнопильных технологий в деревообработке в России. Автор отмечает снижение заготовок древесины в последние годы из-за санкций, но подчеркивает активные действия регионов для компенсации этого снижения, например, путем создания новых рынков сбыта за рубежом. Основной упор в статье делается на необходимость рационального использования древесного сырья, особенно мягколиственных пород. Автор высказывает мнение о низкой эффективности лесопользования в России и неэффективности использования дорогостоящих иностранных ленточнопильных станков в условиях санкций. Развитие отечественного производства ленточных пил и использование их на малых предприятиях в различных регионах России, особенно на лесостепи, представляется автору как более конкурентоспособное и экономически обоснованное решение. Преимущества ленточной пилы перед другими методами обработки древесины, такие как непрерывность процесса резания, высокая производительность, низкая стоимость инструмента и энергосбережение, делают ее перспективной для использования в различных сферах промышленности и на различных предприятиях. Главная мысль статьи заключается в том, что развитие отечественного производства и использование ленточнопильных технологий в деревообработке могут способствовать повышению эффективности процесса переработки древесины в различных регионах России и сделать национальную промышленность более конкурентоспособной как на внутреннем, так и на международном рынке.

**Abstract:** The article discusses the prospects for using band saw technologies in woodworking in Russia. The author notes a decrease in timber harvests in recent years due to sanctions, but emphasizes the active actions of the regions to compensate for this decrease, for example, by creating new sales markets abroad. The main emphasis in the article is on the need for rational use of wood raw materials, especially soft-leaved species. The author expresses an opinion about the low efficiency of forest management in Russia and the ineffectiveness of using expensive foreign band saws under sanctions. The development of domestic production of band saws and their use in small enterprises in various regions of Russia, especially in the forest-steppe, seems to the author as a more competitive and economically feasible solution. The advantages of the band saw over other methods of wood processing, such as continuity of the cutting process, high productivity, low cost of tools and energy saving, make it promising for use in various industries and enterprises. The main idea of the article is that the development of domestic production and the use of band saw technologies in woodworking can help improve the efficiency of the wood processing process in various regions of Russia and make the national industry more competitive both in the domestic and international markets.

**Ключевые слова:** ленточная пила, высокая производительность, Россия, ленточнопильная технология, Центрально-Черноземный регион.

**Keywords:** band saw, high performance, Russia, band saw technology, Central Black Earth region.

Общий объем заготовки древесины в России составил в 2023 году около 190 млн. кубометров, что сопоставимо с показателями последних двух лет из-за снижения заготовок на фоне санкций. К сожалению, последние два года идет снижение в целом по стране. Самое большое снижение наблюдается на северо-западе — в Архангельской области, Карелии, они просто далеко расположены от рынков сбыта, но регионы активно наверстывают путем создания новых рынков, больше поставок идет в Китай, Индию, Иран, Египет и другие страны. В настоящее время древесина является наиболее ценным из возобновляемых природных ресурсов. Ключевым этапом переработки древесины является получение пиломатериалов, которые в дальнейшем используются для изготовления широкого перечня продукции в самых разных отраслях промышленности. При этом одним из приоритетных направлений являются рациональное использование древесного сырья, особенно это актуально для твердолиственных пород, таких как дуб, ясень и других уже на стадии получения пиломатериалов. Эффективность лесопользования в России – самая низкая среди развитых стран. Так, если России имеет 25 % мировых запасов древесины, то поступления от экспорта лесной продукции составляют 4,3 млрд долларов, что по стоимости в мировом экспорте леса составляет всего лишь 1,5–3 %. Практически девять десятых нашего экспорта состоит из необработанной древесины. По ней Россия занимает второе место в мире: 21,6 % продаваемого круглого леса на мировом рынке составляют российские деревья [1].

К сожалению, по мнению автора в секторе деревообрабатывающей промышленности большую долю на российском рынке, например плитных материалов на основе МДФ и ЛДСП,

используемых в мебельном производстве и строительстве, занимают зарубежные производители-инвесторы, которые открывают новые производственные площади и соответственно поглощают отечественных производителей. Например, турецкая Kastamonu Entegre, одна из компаний Nayat Holding в г. Елабуга, австрийские компании Egger и Kronospan, поглотившая обанкротившийся после пандемии в 2020 году завод Русский Ламинат в г. Сергиев Посад. Тогда как, по мнению автора для развития отечественной деревообрабатывающей промышленности необходимо не столько привлекать иностранных инвесторов, сколько развивать отечественных, тем более в условиях современных санкций.

Кроме того, необходимо повысить уровень деревопереработки древесины, не только на экспорт, но и развивать ее потребление на внутреннем рынке, за счет повышения качества переработки, что позволит отечественной пилопродукции конкурировать с импортной.

Одной из энергоемких и наиболее важных технологических операций при переработке древесины является ее распиловка на пиломатериалы. Специфика распиловки древесины ленточной пилой заключается в том, что пильное полотно одновременно является режущим инструментом и средством передачи движения (гибкой связью). Эта обстоятельство существенно отличает работу ленточной пилы от работы других пил и значительно повышает требования относительно параметров инструмента и станка и относительно подготовки пилы к работе.

По сравнению с другими традиционными методами обработки пиломатериалов (пиление лесопильными рамами, круглопильными станками) ленточнопильная технология имеет существенные преимущества:

- процесс резания осуществляется непрерывно;
- низкая стоимость режущего инструмента;
- высокая производительность;
- практически неограниченные возможности резания различных материалов;
- высокая точность и минимальная шероховатость реза;
- минимальный расход материала в стружку (узкий пропилен);
- экономия электроэнергии.

Общий принцип резания в ленточнопильной технологии, характеризуется тем, что пила сваренная в кольцо, вращается на двух шкивах и опускается под действием веса рамы или гидроцилиндра. Ленточнопильное оборудование легко настраивается и быстро переналаживается и позволяет осуществлять разнообразные виды резания - контурное пиление, отрезка под различными углами, резка заготовок собранных в пакеты. Ленточная пила толщиной 0.6-2 мм обеспечивает минимальные потери материала в стружку при высокой производительности, для обеспечения которой необходимо выбрать условия работы инструмента в целом и параметр режимов резания, обеспечивающих ленточное пиление.

В последние годы, в условиях международных санкций, которые повлекли за собой нарушение логистических связей, перестройку международной и российской финансовой системы, волатильность валютных рынков на российских лесохозяйственных предприятиях (лесхозах), где созданы участки и цеха по переработке низкокачественной древесины,

использование достаточно крупных и дорогостоящих ленточнопильных станков различных зарубежных фирм становится нецелесообразным, по причине их дороговизны и малодоступности. Использование достаточно крупных и дорогостоящих ленточнопильных станков отечественного производства не эффективно, так как они предназначены для больших объемов переработки и как следствие, имеют высокую энергоемкость технологического процесса пиления древесины, что увеличивает себестоимость выпускаемой пилопродукции.

Поэтому, местные производители малых предприятий могут использовать современные малогабаритные горизонтальные ленточнопильные станки отечественного производства например, для производства из обрезной доски тонких ламелей для паркета и инженерной доски, что позволит снизить себестоимость производства и конечную цену продукции для потребителя, способную конкурировать с импортной.

Параметры ленточных пил, определяющих точность распиловки для переработки твердых сортов древесины Сибири и Дальнего Востока и более мягких сортов древесины лесостепной полосы Центрально-Черноземного региона и Юга России различны. Ленточная пила весьма перспективна для широкого использования на малых деревообрабатывающих предприятиях различных форм собственности именно в лесостепной полосе Центрально-Черноземного региона и Юга России. Применение ленточных пил позволит производить индивидуальный раскрой маломерной древесины мягких сортов и хвойных которые преимущественно представлены в данном регионе, с учетом ее изъянов (фаутность, сбежистость, кривизна и т.д.) в строительных компаниях, малых предприятиях и лесхозах. [2].

В современных условиях международных санкций, по мнению автора надо развивать производство российских ленточных пил, что позволит экономить ресурсы, отправляя на экспорт не дешевую древесину - сырье (лес кругляк), а полученную в процессе переработки в виде строительных и плитных материалов, мебельных щитов, заготовок. Кроме того, ленточную пилу можно использовать в домашних условиях и мелком бизнесе, на строительных объектах и т.д.

### Список литературы

1. Максименков А.И., Фарберович О. В. Энергосберегающие технологии продольной распиловки бревен малогабаритным ленточнопильным оборудованием // Актуальные направления научных исследований XXI века: Теория и практика Т. 2 № 3 Ч. 4, 2014.
2. ГОСТ 6532-77 (ИСО 3295-75) Группа Г23. Межгосударственный стандарт. Пилы ленточные для распиловки древесины Технические условия. Band saws for sawing of wood. Specifications ОКП 39 5700 Дата введения 1978-07-01.
3. ГОСТ 10670-77 Группа Г23. Государственный стандарт союза ССР. Пилы ленточные для распиловки бревен и брусьев Технические условия.

### References

1. Maksimenkov A.I., Farberovich O.V. Energy-saving technologies of longitudinal sawing of logs with small-sized band sawing equipment. Journal: Current directions of scientific research of the XXI century: Theory and practice. Vol. 2, No. 3 Part 4, 2014.
2. GOST 6532-77 (ISO 3295-75) Group G23. Interstate standard. Band saws for sawing wood Specifications. Band saws for sawing of wood. Specifications OKP 39 5700 Date of introduction 1978-07-01.
3. GOST 10670-77 Group G23. State standard of the USSR. Band saws for sawing logs and beams Technical specifications.

**КОМПАРАТИВНЫЙ АНАЛИЗ ИНИЦИАТИВ ESG****COMPARATIVE ANALYSIS OF ESG INITIATIVES**

**Степанова Ю.Н.**, доктор экономических наук, профессор ФГБОУ ВО «Воронежский государственный лесотехнический университет имени Г.Ф. Морозова», Воронеж, Россия.

**Stepanova Yu.N.**, doctor of Economics, Professor, Voronezh State University of Forestry and Technologies named after G.F. Morozov, Voronezh, Russia.

**Щербин А.О.**, аспирант ФГБОУ ВО «Воронежский государственный лесотехнический университет имени Г.Ф. Морозова», Воронеж, Россия.

**Shcherbin A.O.**, postgraduate student, Voronezh State University of Forestry and Technologies named after G.F. Morozov, Voronezh, Russia.

**Аннотация:** ESG повестка – это мировой тренд, нацеленный на устойчивое развитие, путем достижения всех 17 ЦУР, презентованных ООН для нивелирования общемировых проблем, связанных с ликвидацией нищеты, голода, социального неравенства, а также климатическими изменениями. Три точки опоры: экология; социальная ответственность и управление, позиционируются как наше будущее, определяющее формирование новых экономических реалий. На протяжении последних пяти лет ESG является ориентиром инвестиционной привлекательности бизнеса. В статье представлены результаты компаративного анализа ESG инициатив, направленных на увеличение прибыли и социального благополучия в целях достижения устойчивого развития.

**Abstract:** The ESG agenda is a global trend aimed at sustainable development by achieving all 17 SDGs presented by the UN to offset global problems related to the eradication of poverty, hunger, social inequality, as well as climate change. Three points of support: ecology; social responsibility and management, are positioned as our future, determining the formation of new economic realities. Over the past five years, ESG has been a benchmark for business investment attractiveness. The article presents the results of a comparative analysis of ESG aimed at increasing the profit of social well-being in order to achieve sustainable development.

**Ключевые слова:** устойчивое развитие, ESG повестка, ESG инициатива.

**Keywords:** sustainable development, ESG agenda, ESG initiative.

Термин ESG относительно молод, впервые он был введен в оборот Организацией объединенных наций в 2004 году, как триггер в противостоянии мировым угрозам, связанным с экологической и социально-экономической повесткой.

Возрастающая озабоченность экологическими проблемами и сокращением природных ресурсов привела к созданию в 1983 году по решению ООН всемирной комиссии по окружающей среде и развитию. В опубликованном комиссией в 1987 году докладе «Наше общее будущее» было представлено определение устойчивого развития, а именно

«человечество способно придать развитию устойчивый и долговременный характер с тем, чтобы оно отвечало потребностям нынешнего поколения, не лишая будущие поколения возможности удовлетворения своих потребностей»

Таким образом экологический тренд дополнил достижение социально-экономических задач и обеспечил переход человечества к устойчивому развитию. Данное определение было зафиксировано в 1991 году в «Заботе о Земле» ведущими экологическими организациями в мире: Международный союз охраны природы (МСОП), Программа ООН по окружающей среде (ЮНЕП), всемирный фонд дикой природы (далее – ВВФ).

Окончательное понимание концепции устойчивого развития и основных документов, регламентирующих его достижение было сформировано на конференции ООН по окружающей среде и развитию, которая состоялась в 1992 году в Рио-де-Жанейро. Конференция под лозунгом «Наш последний шанс спасти планету» объединила участников из 172 государств. Осознанием важности экологических проблем стало принятие по итогам конференции знаменитых Рамочных конвенций об изменении климата, Конвенции о биологическом разнообразии, Конвенции по борьбе с опустыниванием, которые со временем определили приоритеты мировой политики, направленных на формирование мер по адаптацию экономики к глобальным климатическим изменениям.

Однако анализируя формулировку комплексного подхода (экономического, социального и экологического) к проблемам окружающей среды, заявленного в итоговом документе Конференции ООН «Повестка дня на XXI век», стоит отметить, что основной акцент опять был смещен в сторону удовлетворения основных потребностей и повышения уровня жизни всего населения (то есть экономики) и лишь на контурах было сказано о более эффективной охране и рациональном использовании природных ресурсов в целях обеспечения безопасного и благополучного будущего (то есть экологии).

Несмотря на обсуждение важности экологического аспекта в концепции устойчивого развития, на практике так и не удалось достигнуть баланса экономических, социальных и экологических аспектов развития. Экологические требования лишь были приняты к обязательному учету при решении социально-экономических проблем, и экономическая составляющая как обычно взяла верх.

Спустя 10 лет, в 2002 году на «Саммите Земли» по устойчивому развитию «Рио+10», который опять прошел в Йоханнесбурге (ЮАР) была дана оценка прогресса выполнения Декларации 1992 года.

Полученные выводы привели к пониманию сложности соблюдения идеи сбалансированного устойчивого развития и трудностям решения экологических проблем, которые актуализировались климатическими изменениями, истощением ресурсов и загрязнением окружающей среды. Стало очевидным, что существующая экономическая модель не способна обеспечить устойчивое сбалансированное развитие территории в части решения не только возрастающих экологических проблем, но и социально-экономических. Назрела необходимость развития экономической науки базовыми принципами которой будут не бесконечный экономический рост, так как невозможно расширять сферу влияния и



невозможно удовлетворять бесконечно растущие потребности в условиях ограниченных ресурсов, а принципы разработки новых технологий в сфере производства, направленные на экономическое и экологическое взаимодействие, в целях минимизации вреда окружающей среде, то есть принципы ESG.

Контуры новой экономики были предложены в концептуальных документах ООН и ОЭСР, где были определены термины «green economy» (зеленая экономика) и «green growth» (зеленый рост), подчеркивающие важность экологической устойчивости новой экономики и снижение рисков деградации окружающей среды. Как было отмечено, концепция «зеленой» экономики не заменяет собой концепцию устойчивого развития, а является ее ответвлением с акцентом на то, что экономический рост может быть достигнут только за счет рационального использования природных ресурсов, за счет энергосбережения и энергоэффективности.

Однако, на Конференции по устойчивому развитию, прошедшей в 2012 году в Рио-де-Жанейро «Рио+20» было впервые заявлено, что «зеленая экономика» существует в концепции устойчивого развития. Был обозначен базовый принцип «зеленой» экономики», заключающейся в обеспечении рассогласования ранее тесно связанных тенденций развития, экономического роста и потребления природных ресурсов, что предполагает удовлетворение растущих потребностей при минимизации обеднения природного капитала (принцип «декаплинга»).

Мгновенный рост популярности концепции устойчивого развития обеспечили высокий спрос на новую ESG повестку, транслирующую экологическую безопасность, экономический рост и социальное благополучие. Флагманами внедрение ESG принципов в стратегии своего развития были американские компании. Начиная с 2000-х годов фиксируется инвестиционная активность в компаниях, разделяющих ESG принципы. Максимальное значение в фонды устойчивого развития инвестиции достигли в 1 квартале 2021 года 22 млрд. дол. (рис. 1). В суммарном выражении это инвестиции в 151 компанию входящую в индекс S&P 500 и раскрывающую ESG показатели в своей нефинансовой отчетности [2].

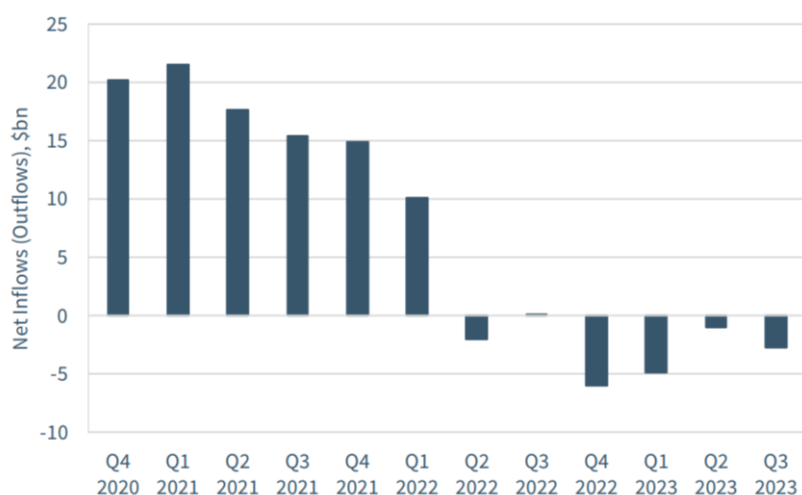


Рисунок 1 – Объемы инвестирования в фонды устойчивого развития за период 2020-2023 гг., млрд долл. [1]

Объемы инвестирования в фонды устойчивого развития в 3 квартале 2023 года показывают отрицательную динамику (-4,0 млрд. дол.) в 62 компании из индекса S&P 500, что свидетельствует о снижении интереса у инвесторов в компании соответствия ESG принципам. Очевидно, это связано с тем, что, внедряя ESG принципы компании должны быть готовы к дополнительным расходам. Реализация политики ESG, направленная на достижения целей устойчивого развития в части охраны окружающей среды, повышения финансовых показателей и снижения рисков для компании приводит к формированию дополнительных затрат в себестоимости продукции.

В нашей стране практика внедрения ESG инициатив только набирает свои обороты. Российская Федерация по результатам подписания Парижского соглашения в 2015 году присоединилась к повестке устойчивого развития. На данный момент существует обширная законодательная база ESG инициатив, направленных на достижение целей устойчивого развития (рис.1). Законодательная база ESG инициативы определяет достижение устойчивого развития в рамках национальной безопасности РФ.

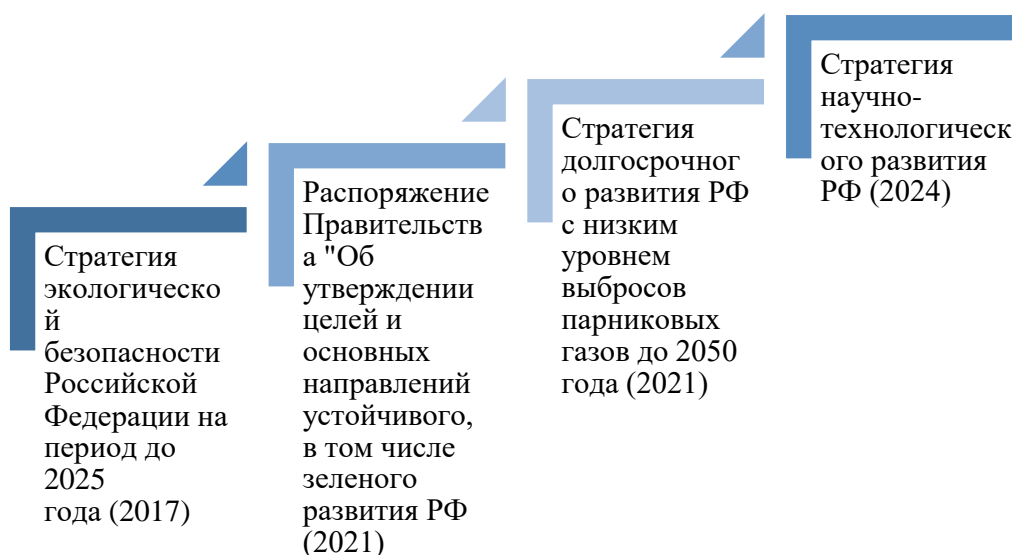


Рисунок 2 – ESG законодательные инициативы, направленные на достижение целей устойчивого развития в РФ

Российский бизнес активно внедряет в свою деятельность ESG повестку. По данным рейтингового агентства «Эксперт РА», портфель ESG финансовых инициатив составил 1,7 трлн руб. по итогам 2023 года, (+42%) по сравнению с 2022 годом. Практика внедрения ESG инициатив уже сегодня дает отдачу не только в виде государственных льгот для компаний, производителей продукции из переработанных отходов, а также в виде пониженных ставок кредитования и уменьшения налоговой нагрузки, но и в виде лояльности потребителей, который делает выбор в пользу экологически чистого товара.

Достаточно интересным является факт, который подтверждает лидерство социальных инициатив крупнейших российских компаний. К примеру, доля социальных инвестиций компании Норникель составляет 48.5% от общего объема, Татнефти – 26,8%, Лукойла 17,3%, Сбербанка 12,6%, Русала 9,2%. Сложившаяся ситуация подтверждает параллели смещения российской и международной ESG повестки в сторону социальных инициатив.

Интерес ближайшего пятилетия заключается в ответе на вопрос, покажут ли три точки опоры ESG свою экономическую эффективность в вопросах инвестирования или станут мифом в достижении устойчивого развития.

### Список литературы

1. Stankiewicz A. Sustainable Funds Hit by Weaker Demand in Q3 2023. Morningstar (October 23, 2023).
2. Butters J. Lowest Number of S&P 500 Companies Citing ‘ESG’ on Earnings Calls Since Q2 2020. FactSet (September 18, 2023).
3. Вострикова Е. О., Мешкова А. П. ESG-критерии в инвестировании: зарубежный и отечественный опыт // Финансовый журнал. - 2020. - Т. 12.- № 4. - С. 117–129. DOI: 10.31107/2075-1990-2020-4-117-129.
4. Постановление Правительства Российской Федерации от 21 сентября 2021 г. № 1587 «Об утверждении критериев проектов устойчивого (в том числе зеленого) развития в Российской Федерации и требований к системе верификации проектов устойчивого (в том числе зеленого) развития в Российской Федерации» (Собрание законодательства Российской Федерации, 2021, № 40, ст. 6818).
5. Степанова Ю.Н., Щербин А.О. Современные тенденции концепции ESG в международной и российской практике // Менеджер года-2023. материалы Всероссийской научно-практической конференции. – 2023 – С. 215-220. – URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=53793286>.

### References

1. Stankiewicz A. Sustainable Funds Hit by Weaker Demand in Q3 2023. Morningstar (October 23, 2023).
2. Butters J. Lowest Number of S&P 500 Companies Citing ‘ESG’ on Earnings Calls Since Q2 2020. FactSet (September 18, 2023).
3. Vostrikova E. O., Meshkova A. P. ESG criteria in investing: foreign and domestic experience // Financial journal. 2020. Vol. 12. No. 4. P. 117–129. DOI: 10.31107/2075-1990-2020-4-117-129.
4. Decree of the Government of the Russian Federation of September 21, 2021 No. 1587 «On approval of criteria for sustainable (including green) development projects in the Russian Federation and requirements for the verification system for sustainable (including green) development projects in the Russian Federation» (Meeting Legislation of the Russian Federation, 2021, No. 40, Art. 6818).
5. Stepanova Yu.N., Shcherbin A.O. Current trends in the ESG concept in international and Russian practice. Manager of the Year 2023: materials of the All-Russian scientific and practical conference. 2023:215-220. URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=53793286>.

DOI: 10.58168/CIRCULAR2024\_347-353  
УДК 004:625

## МИРОВОЙ АСПЕКТ В ИНФОРМАЦИОННОМ МОДЕЛИРОВАНИИ СООРУЖЕНИЙ

THE WORLD ASPECT IN INFORMATION MODELING OF STRUCTURES

**Стородубцева Т.Н.**, доктор технических наук, 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.

**Шакирова О.И.**, преподаватель ФГБОУ ВО «Воронежский государственный лесотехнический университет имени Г.Ф. Морозова», Воронеж, Россия.

**Storodubtseva T.N.**, doctor of Technical Sciences, Professor, Voronezh State University of Forestry and Technologies named after G.F. Morozov, Voronezh, Russia.

**Dovgal V.A.**, master's student, Voronezh State University of Forestry and Technologies named after G.F. Morozov, Voronezh, Russia

**Shakirova O.I.**, teacher, Voronezh State University of Forestry and Technologies named after G.F. Morozov, Voronezh, Russia.

**Аннотация:** В статье обсуждается применение популярной технологии BIM, ее простота в использовании, экономическая целесообразность и реальная помощь инженерам в их работе. Рассматриваются примеры улучшений в информационном моделировании, выгоды использования цифрового двойника и искусственного интеллекта. Методы машинного обучения способствуют обработке, систематизации, прогнозированию и классификации больших объемов информации на основе определенных критериев, что значительно уменьшает трудозатраты и повышает эффективность работы. Применение алгоритмов искусственного интеллекта упрощает классификацию BIM-моделей объектов капитального строительства и предотвращает ошибки при вводе данных. В ходе исследования было проведено сравнение между многомерным анализом и искусственной нейронной сетью, результаты которого подтвердили высокую эффективность обучения искусственного интеллекта.

**Abstract:** The article discusses the use of the popular BIM technology, its ease of use, economic feasibility and real assistance to engineers in their work. Examples of improvements in information modeling, the benefits of using a digital twin and artificial intelligence are considered. Machine learning methods contribute to the processing, systematization, forecasting and classification of large volumes of information based on certain criteria, which significantly reduces labor costs and increases work efficiency. The use of artificial intelligence algorithms simplifies the classification of BIM models of capital construction projects and prevents errors when entering data. During the study, a comparison was made between multidimensional analysis and an artificial neural network, the results of which confirmed the high efficiency of artificial intelligence training.

**Ключевые слова:** моделирование, BIM-технологии, автомобильные дороги, строительство, передовые технологии, искусственный интеллект, цифровой двойник, нейронная сеть.

**Keywords:** modeling, BIM technologies, highways, construction, advanced technologies, artificial intelligence, digital twin, neural network.

Для ускорения процесса проектирования и строительства дорог все чаще применяется передовая технология информационного моделирования, известная как BIM. Это сокращение происходит от английского термина «Building Information Model» (модель информации о здании). BIM охватывает весь жизненный цикл любого строительного проекта и представляет собой не просто программу для моделирования объектов. Данная платформа включает в себя разнообразную информацию, такую как конструкторская, технологическая, экологическая, организационная, экономическая и другие данные [1, 2]. С помощью специальной программы можно автоматически создавать чертежи, моделировать график выполнения работ, проводить анализ проекта, генерировать отчеты и даже управлять эксплуатацией объектов. Этот инструмент обеспечивает принятие более обоснованных решений на основе обширного объема информации [1]. Технология BIM призвана служить своеобразным "мостом" между конструкторским отделом и строительством. Благодаря единству, информация не теряется при переходе на следующий этап жизненного цикла объекта, в отличие от ситуации двадцати, а то и десятилетней давности, когда использовались бумажные носители и несовместимые друг с другом программы. Тогда возникали проблемы с соблюдением сроков и увеличивалась конечная стоимость объекта, значительно отличающаяся от предварительного расчета [3].

Жизненный цикл - это последовательность этапов, которые объект проходит за определенный период времени [1]. Стадии жизненного цикла автомобильной дороги включают в себя планирование, проектирование, строительство и эксплуатацию [4]. На этапе планирования разрабатываются различные варианты маршрута, проводится анализ местности, загружается модель рельефа, и, с применением интернет-карт, начинается 3D визуализация эскиза дороги. Этап проектирования более детализированный и требует больше усилий, чем этап планирования. Инженер разрабатывает детальную рельефную модель местности и строит сетевую модель коммуникаций, чтобы заранее выявить возможные конфликты и внести необходимые изменения до начала строительства. 4D модель представляет собой готовую трехмерную визуализацию, используемую для создания календарного плана строительства и составления сетевых графиков. На этапе 5D проектирования, данные из 4D модели используются для предварительной оценки затрат на строительство с последующей корректировкой в процессе строительства. 6D этап основан на трехмерной модели, в рамках которого проводится анализ состояния дороги во время эксплуатации. Этап 7D предполагает сбор всей необходимой информации на каждом этапе жизненного цикла строительства дороги для экологического мониторинга. Влияние окружающей среды на строительную систему включается в трехмерную модель проекта, в то время как воздействие погодных условий на ход выполнения строительных работ учитывается на 4D этапе [2]. Исследователи отмечают,

что на всех этапах проектирования необходима тщательная проверка объектов, особое внимание уделяется этапам строительства и эксплуатации [5]. Виртуальная модель, разработанная специалистами, может значительно отличаться от физического объекта [6]. Именно поэтому было принято решение разработать дополнение к технологии BIM, которое позволяет создать цифрового двойника, учитывающего воздействие природных факторов на дорожные конструкции. Модели Digital Twin Instance предназначены для отслеживания текущего состояния объекта и параметров окружающей среды на основе данных, получаемых от датчиков, установленных на аналогичных участках технологических модулей проекта [7]. Анализ различных факторов послужит основой для планирования работ по ремонту и реконструкции объекта. Ключевым компонентом этого инновационного подхода является многоуровневая матрица требований и ресурсных ограничений, которая используется для прогнозирования результатов сложных вычислительных экспериментов [3]. Во время строительства все данные о проекте передаются строителям без каких-либо пробелов благодаря использованию BIM-технологии. Эти данные сохраняются в формате, совместимом с большинством систем управления строительными машинами [1]. Основной проблемой для строительной компании по-прежнему остаётся необходимость приступить к строительству до проведения экспертизы. В исходном проекте указан один тип грунта, но на деле он может оказаться совсем другим. Эта необходимость в спешке обусловлена стремлением уложиться в жёсткие сроки, заданные заказчиком, однако это может привести к дополнительным задержкам и расходам, за которые ни заказчик, ни государство не возьмут на себя ответственность [3]. Поэтому на этапе проектирования крайне важно получить точную информацию о грунте, подобрать материалы для строительства дорожного покрытия в зависимости от конкретных участков дороги и климатической зоны.

После завершения строительства наступает этап эксплуатации автомобильной дороги, в ходе которого все сведения о проекте добавляются в общедоступную систему ГИС. Сюда включаются паспортные данные, результаты диагностики и информация о дорожных сооружениях. Важной задачей на этой стадии является планирование работ по обслуживанию автодорог. Информационная модель проекта должна содержать все данные об объекте.

Эксплуатационный период означает время, в течение которого проезжая часть подлежит регулярному обслуживанию, плановым проверкам, выявлению проблем и разработке планов текущего и капитального ремонта дороги и инфраструктуры, расположенной на ней [2].

На конференции Autodesk University в 2013 году специалисты компании сообщили о значительном увеличении скорости принятия проектных решений на 30 % и увеличении скорости расчёта объемов земельных работ на 90 % благодаря использованию AutoCAD и созданию цифровой модели. В результате временные затраты на проектирование сократились на 29 %, а понимание проекта со стороны заказчика достигло 100 % в отличие от всего 10 %, достигнутых при использовании традиционных 2D-технологий [3]. В настоящее время компания активно разрабатывает платформу для работы с использованием искусственного интеллекта [8]. А пока нам до высоких технологий запада далеко, рассмотрим данные,

предоставленные Донским государственным университетом в своей статье. На основе экспериментальных данных сравниваются две модели: многомерный анализ и искусственная нейронная сеть. Эти модели были разработаны для создания системы поддержки принятия решений при оценке состояния дорог в контексте гидрогеологических условий [9]. На рисунке 1 виден хороший результат обучения нейронной сети на всех слоях конструкции. Полученные значения смещения основаны на обширной тестовой выборке.

На рис.1 и 2 показано статистическое распределение ошибок вычислений нейронной сети.

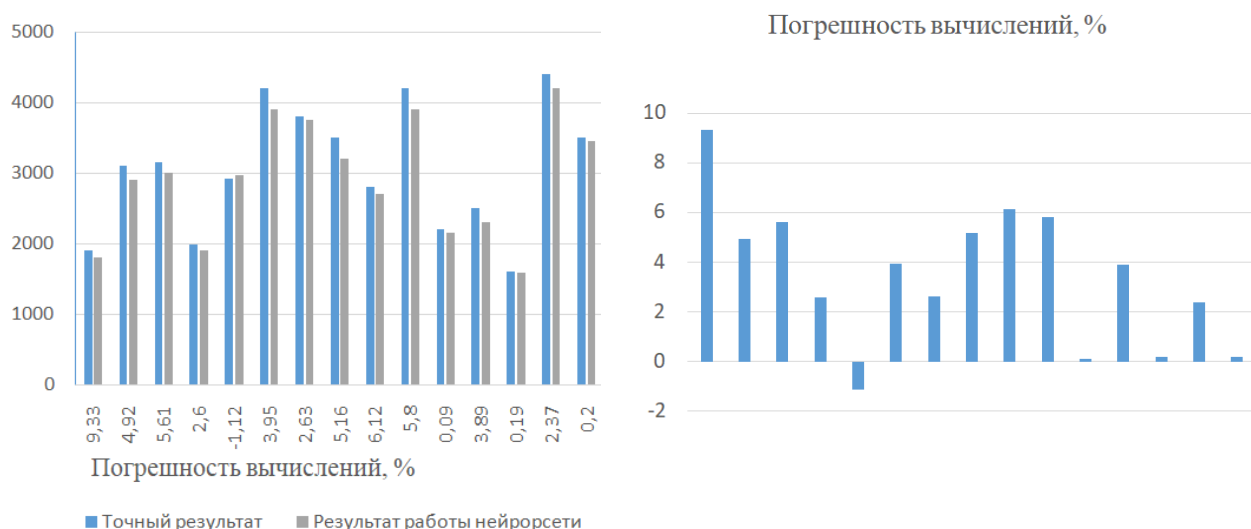


Рисунок 1 - Погрешность вычислений нейронной сети при первом варианте



Рисунок 2 - Погрешность вычислений нейронной сети при первом варианте

Следует отметить, что средняя ошибка большинства измерений составляет около 10 %. Тем не менее, в некоторых случаях наблюдается максимальное отклонение, приблизительно 23 % [5].

Закключение. Современные передовые технологии все шире внедряются в нашу повседневную жизнь, постоянно совершенствуя мир. В то время как одни уже живут в 2034 году, другие все еще остаются в 2014 году. Новые разработки устаревают быстрее, чем успевают прижиться. Например, BIM-технологии, хоть и упрощают работу на всех этапах жизненного цикла автомобильной дороги, требуют больших начальных вложений. Необходимо обучать новых сотрудников или переобучать опытных специалистов, что требует времени и финансов. В Российской Федерации передовые компании и участники рынка оценивают преимущества новых технологий, отмечая улучшение качества проектной документации, более точную оценку стоимости строительства, повышение скорости создания рабочей документации и внесения изменений в проекты. Более того, количество конфликтов, возникающих при пересечении различных инженерных систем и строительных конструкций, существенно уменьшается, поскольку такие столкновения невозможно выявить на двухмерных чертежах. Срок окупаемости инвестиционно-строительного проекта в среднем сокращается на 15-17 % по сравнению с проектами, реализуемыми с применением традиционных технологий проектирования и управления. Длительность этапа проектирования сокращается до 30 %. Организации, имеющие обширный опыт использования информационного моделирования, отмечают повышение эффективности проекторочных процессов [10].

### Список литературы

1. Петренко, Д. А. BIM-решения «ИндоСофт» для проектирования и эксплуатации автомобильных дорог / Д. А. Петренко, С. А. Субботин // САПР и ГИС автомобильных дорог. – 2015. – № 2(5). – С. 100-107.
2. Абрамян, С.Г. BIM-технологии в строительстве: функции, развитие и опыт применения / С. Г. Абрамян, О. В. Бурлаченко, О. В. Оганесян, А. О. Бурлаченко, А. Р. Шаунусов // Вестник Волгоградского государственного архитектурно-строительного университета. Серия: Строительство и архитектура. – 2021. – Вып. 1(82). – С. 323-332.
3. Морозова, А. С. Autodesk о дорожном проектировании: проблемы и решения / А. С. Морозова // САПР и ГИС автомобильных дорог. – 2014. – № 2(3). – С. 63-66.
4. Петренко, Д. А., Субботин С.А. BIM-решения «ИндоСофт» для проектирования и эксплуатации автомобильных дорог // САПР и ГИС автомобильных дорог. 2015. № 2(5). – С. 100-107.
5. Бабушкина, Н.Е. Решение задачи определения механических свойств материалов дорожных конструкций с использованием нейросетевых технологий / Н. Е. Бабушкина, А. А. Ляпин // Донской государственный технический университет, г. Ростов-на-Дону / Advanced Engineerch 2022. Т. 22. – № 3. – С. 285-291.
6. Badenko, V. L. Integration of digital twin and BIM technologies within factories of the future / V. L. Badenko., N. S Bolshakov, E. B. Tishchenko [et al.] // Magazine of Civil Engineering. – 2021. – No. 1(101). – P. 10114. – DOI: 10.34910/MCE.101.14.



7. Боброва, Т.В. Адекватность проектной модели автомобильной дороги реальному объекту в контексте цифровой трансформации / Т.В. Боброва, // *Construction and Geotechnics*. – 2023. – Т. 14, – № 4. – С. 34–45. DOI: 10.15593/2224-9826/2023.4.03

8. Autodesk University 2023 полностью посвящен искусственному интеллекту: [https://vk.com/@bim\\_tech-autodesk-university-2023-polnostu-posvyaschen-iskusstvennomu](https://vk.com/@bim_tech-autodesk-university-2023-polnostu-posvyaschen-iskusstvennomu) (дата обращения: 13.04.2024).

9. Dell’Acqua, G. Using Artificial Neural Network and Multivariate Analysis Techniques to Evaluate Road Operating Conditions / G. Dell’Acqua, M. De Luca, D. Zilioniene / *Journal of Risk Research*. – 2018. – Vol. 21. – P. 679–691. URL: <https://doi.org/10.1080/13669877.2016.1264445> (дата обращения: 04.04.2024).

10. Отчет. Оценка применения BIM-технологий в строительстве. Результаты исследования эффективности применения BIM-технологий в инвестиционно-строительных проектах российских компаний: [https://www.nopriz.ru/upload/iblock/2cc/4.7\\_bim\\_rf\\_otchot.pdf](https://www.nopriz.ru/upload/iblock/2cc/4.7_bim_rf_otchot.pdf) Москва, 2016. (дата обращения: 16.04.2024).

## References

1. Petrenko, D. A. IndoSoft BIM solutions for the design and operation of automobile roads / D. A. Petrenko, S. A. Subbotin // *CAD and GIS of highways*. – 2015. – № 2(5). – Pp. 100-107.

2. Abrahamyan, S.G. BIM technologies in construction: functions, development and application experience / S. G. Abrahamyan, O. V. Burlachenko, O. V. Oganessian, A. O. Burlachenko, A. R. Shaunusov // *Bulletin of the Volgograd State University of Architecture and Civil Engineering. Series: Construction and architecture*. - 2021. – Issue 1(82). – pp. 323-332.

3. Morozova, A. S. Autodesk on road design: problems and solutions / A. S. Morozova // *CAD and GIS of highways*. – 2014. – № 2(3). – From 63-66.

4. Petrenko, D. A., Subbotin, S.A. IndoSoft BIM solutions for the design and operation of highways // *CAD and GIS of highways*. 2015. № 2(5). – Pp. 100-107.

5. Babushkina, N.E. Solving the problem of determining the mechanical properties of materials of road structures using neural network technologies / N. E. Babushkina, A. A. Lyapin // *Don State Technical University, Rostov-on-Don / Advanced Engineering* 2022. Т. 22. – No. 3. – pp. 285-291.

6. Badenko, V. L. Integration of digital twin and BIM technologies within factories of the future / V. L. Badenko., N. S Bolshakov, E. B. Tishchenko [et al.] // *Magazine of Civil Engineering*. – 2021. – No. 1(101). – P. 10114. – DOI: 10.34910/MCE.101.14.

7. Bobrova, T.V. Adequacy of the design model of a highway to a real object in the context of digital transformation / T.V. Bobrova, // *Construction and Geotechnics*. – 2023. – Vol. 14, – No. 4. – pp. 34-45. DOI: 10.15593/2224-9826/2023.4.03

8. Autodesk University 2023 is entirely dedicated to artificial intelligence: [https://vk.com/@bim\\_tech-autodesk-university-2023-polnostu-posvyaschen-iskusstvennomu](https://vk.com/@bim_tech-autodesk-university-2023-polnostu-posvyaschen-iskusstvennomu) (access date: 13.04.2024).

9. Dell'Acqua, G. Using Artificial Neural Network and Multivariate Analysis Techniques to Evaluate Road Operating Conditions / G. Dell'Acqua, M. De Luca, D. Zilioniene / Journal of Risk Research. – 2018. – Vol. 21. – P. 679–691. URL: <https://doi.org/10.1080/13669877.2016.1264445> (access date: 04.04.2024).

10. Report. Assessment of the use of BIM technologies in construction. The results of the study of the effectiveness of the use of BIM technologies in investment and construction projects of Russian companies: [https://www.nopriz.ru/upload/iblock/2cc/4.7\\_bim\\_rf\\_otchet.pdf](https://www.nopriz.ru/upload/iblock/2cc/4.7_bim_rf_otchet.pdf) Moscow, 2016. (access date: 16.04.2024).

DOI: 10.58168/CIRCULAR2024\_354-360

УДК 625

**ПРОБЛЕМА КАЧЕСТВА И ПОВЫШЕНИЯ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ  
ДОРОГ В РОССИИ**

**THE PROBLEM OF QUALITY AND INCREASED ENVIRONMENTAL SAFETY  
OF ROADS IN RUSSIA**

**Стородубцева Т.Н.**, доктор технических наук, профессор ФГБОУ ВО «Воронежский государственный лесотехнический университет имени Г.Ф. Морозова», Воронеж, Россия.

**Еремян М.Р.**, студент ФГБОУ ВО «Воронежский государственный лесотехнический университет имени Г.Ф. Морозова», Воронеж, Россия.

**Шакирова О.И.**, преподаватель ФГБОУ ВО «Воронежский государственный лесотехнический университет имени Г.Ф. Морозова», Воронеж, Россия.

**Storodubtseva T.N.**, doctor of Technical Sciences, Professor, Voronezh State University of Forestry and Technologies named after G.F. Morozov, Voronezh, Russia.

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

**Shakirova O.I.**, teacher, Voronezh State University of Forestry and Technologies named after G.F. Morozov, Voronezh, Russia.

**Аннотация:** В данной статье рассматриваются причины плохих дорог, их ремонт, планы и меры по улучшению ситуации. Особое внимание уделено новому проектированию дорог и улучшению качества. А также анализируется повышение экологического состояния и безопасности дорог в разных городах.

**Abstract:** This article discusses the causes of bad roads, their repair, plans and measures to improve the situation. Particular attention is paid to new road design and quality improvement. The improvement of the environmental condition and safety of roads in different cities is also analyzed.

**Ключевые слова:** дороги, ремонт, качество, безопасность, строительство, улучшение.

**Keywords:** roads, repair, quality, safety, construction, improvement.

Российская дорожная инфраструктура является важным элементом экономики и социальной жизни страны. Однако, несмотря на значительные усилия и инвестиции, большая часть дорог имеет серьезные проблемы, включая плохое качество покрытия, недостаточное обслуживание и высокий уровень аварийности.

Одной из главных проблем России является качество дорог. Около трети ДТП происходит именно из-за плохого качества дорог. Но в зависимости от региона состояние дорог отличается.

Строительство дороги – только начало. Важно также обеспечить её обслуживание. Зимой - убирать снег, содержать в чистоте барьерные ограждения, обновлять разметку, мести и мыть улицы, обновлять верхний слой дорожного покрытия, ремонтировать ямы.

Тема ремонта дорог достаточно обширна и включает текущий, капитальный ремонт и реконструкцию. Каждый отдельный элемент имеет свой срок службы, который обычно короче предполагаемого срока службы всего объекта [1]. Важным моментом при определении качества дорог является экологический аспект – это защита главного достояния человечества, природы, от различного вида воздействия - ремонта и содержания, реконструкции и строительства и др.

Поэтому все разрабатываемые проекты и решения строительства дорог (от организационно-управленческого до технологического и экономического уровней) должны неукоснительно согласовываться и основываться не только на соблюдении природоохранного законодательства, но и на инновациях, напрямую или косвенно связанных с ресурсо-, энергосбережением и рациональным природопользованием

Для улучшения состояния дорожной инфраструктуры в России необходим комплексный подход, включающий в себя ряд мероприятий и стратегий. Вот несколько ключевых шагов, которые можно предпринять для улучшения ситуации:

- увеличение инвестиций в дорожное строительство: для повышения качества дорожной инфраструктуры необходимо увеличить государственные и частные инвестиции, направленные на обновление и реконструкцию существующих дорог;

- эффективное использование ресурсов: для эффективного использования средств и ресурсов, направленных на развитие дорожной инфраструктуры, необходимо обеспечить прозрачность, открытость и борьбу с коррупцией;

- внедрение инновационных технологий: в дорожном строительстве следует использовать современные технологии, такие как применение устойчивых материалов, уменьшение энергопотребления и повышение долговечности дорожных покрытий;

- развитие транспортной логистики: для развития транспортной логистики и оптимизации грузоперевозок следует снизить нагрузку на дорожную инфраструктуру, что повысит ее эффективность;

- системное планирование и координация: для разработки и реализации долгосрочных стратегий развития дорожной инфраструктуры необходимо координировать действия различных уровней власти и заинтересованных сторон.

- обучение и повышение квалификации специалистов: целью является организация обучающих мероприятий и повышение уровня знаний специалистов, занятых в сфере строительства дорог и управления дорожно-транспортной инфраструктурой, с целью повышения качества и производительности труда.

На рис. 1 приведены топ-5 регионов с лучшими дорогами согласно исследованию экспертов.

А вот на рис. 2 приведены 5 регионов, занимающие последние места в этом рейтинге [2, 3].

На автодорогах и автомагистралях, у которых съезды на второстепенные дороги организованы некорректно и не присутствует правильной навигации, часто происходят аварии. На такие дороги часто жалуются водители разных видов машин, от легковых, до

грузовых. Или, когда некоторые водители не желают стоять в пробке на съезд и начинают перестраиваться со своей полосы, чтобы проехать быстрее остальных, тем самым нарушая правила ПДД.

Воронежская область занимает 41-е место в этом рейтинге [2, 4].

Место	Регион	Доля автодорог регионального или межмуниципального и местного значения, отвечающих нормативным требованиям, по итогам 2022 г., %	Плотность автодорог с твердым покрытием, км/1000 кв. км территории
1	Москва	97,6	2651,5
2	Ханты-Мансийский автономный округ — Югра	86,5	11,6
3	Краснодарский край	84,9	477,7
4	Челябинская область	83,1	242,1
5	Республика Ингушетия	81,7	1021,5

Рисунок 1 – Топ-5 регионов с лучшими дорогами

Место	Регион	Доля автодорог регионального или межмуниципального и местного значения, отвечающих нормативным требованиям, по итогам 2022 г., %	Плотность автодорог с твердым покрытием, км/1000 кв. км территории
85	Архангельская область	13,3	29,5
84	Кировская область	25,0	115,0
83	Республика Марий Эл	27,7	227,6
82	Волгоградская область	30,8	152,5
81	Республика Алтай	32,7	49,9

Рисунок 2 – Топ 5 регионов с худшими дорогами

Место	Регион	Доля автодорог регионального или межмуниципального и местного значения, отвечающих нормативным требованиям, по итогам 2022 г., %	Плотность автодорог с твердым покрытием, км/1000 кв. км территории
41	Воронежская область	53,1	419,1

Рисунок 3 – Воронежская область в рейтинге

Прежде всего, нужно сосредоточиться на самой неотложной задаче - как можно быстрее и эффективнее улучшить все существующие на сегодняшний день съезды с главных автомобильных магистралей.

Если невозможно или нецелесообразно расширять эти съезды или изменять угол самой дороги, следует сразу проектировать и строить современные транспортные развязки, которые позволят распределять потоки автомобилей без образования пробок.

Специалисты в области транспорта уже давно установили, что расширение грузовых железнодорожных перевозок могло бы существенно улучшить ситуацию на автомобильных дорогах - примерно на 20 %. Конечно, просто увеличить количество грузовых поездов в северо-западном направлении невозможно, однако во всей стране это могло бы положительно повлиять на ситуацию на дорогах. Есть много направлений, где можно уменьшить количество грузовых автомобилей, проезжающих по автодорогам и перевозящих грузы. Это можно осуществить за счет развития грузовых перевозок железнодорожным транспортом.

Большая доля всех аварий связано с невнимательностью и неопытностью водителей, пешеходов и несоблюдением ПДД. Поэтому для улучшения дорожной ситуации необходимо улучшить качество подготовки водителей в России. Правительство начало двигаться к этому. Например, в дополнение к усилению наказаний за нарушение ПДД, были введены новые стандарты автошкол, включая внедрение новых программ подготовки водителей и введение новых правил сдачи экзаменов в ГИБДД. Помимо всего прочего, Федеральный закон «О безопасности дорожного движения» был существенно переработан [3, 5].

Национальный проект «За безопасность Российских дорог» способствует улучшению качества дорог в России и в регионах. Например, в Тюмени за период 2011–2018 гг. в городе были проведены работы по строительству и реконструкции дорог, протяженностью более 45 км. Были выполнены капитальный ремонт для дорог с протяженностью более 137 км. Обычный ремонт был выполнен для дорог, суммарная протяженность которых более 450 км. Также в регионе постоянно возводятся новые развязки, магистрали, построена объездная дорога (рис. 4).

Одним из главных социальных последствий плохих дорог является ухудшение безопасности на дорогах. Высокий уровень аварийности из-за плохого состояния дорожного покрытия угрожает жизням и здоровью граждан, особенно в удаленных регионах, где медицинская помощь может быть несвоевременной или недоступной.



Рисунок 4 – Проведение новых дорог в Тюменской области

На автодорогах вне городов и населенных пунктов происходит почти четверть (23,9 %, или 21 822) от общего количества ДТП. На эти происшествия приходится более половины (54,3 %, или 5477) погибших. Тяжесть последствий ДТП на автодорогах вне городов и населенных пунктов, как и в прошлые годы, в три раза выше, чем в городах и населенных пунктах, и составляет 15 (рис. 5) [2, 6, 7].

В заключение отметим, состояние дорожной инфраструктуры в России остается одной из важнейших проблем, требующих немедленного внимания и системного подхода к решению. Плохие дороги оказывают негативное влияние на экономику, социальную сферу, экологию и безопасность дорожного движения [8, 9].

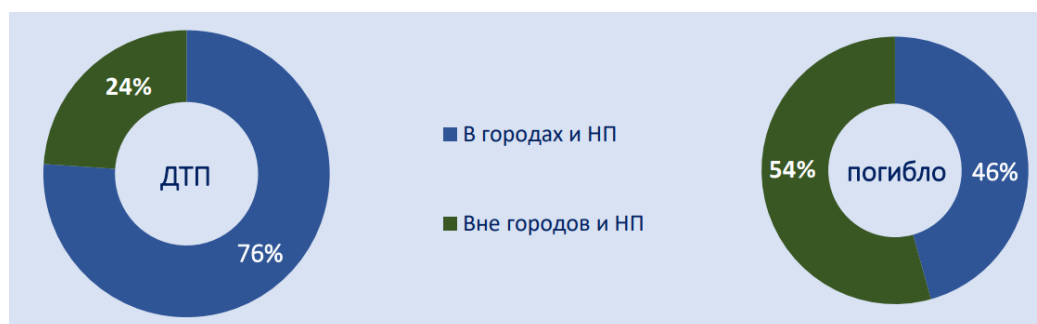


Рисунок 5 – Распределение количества ДТП и числа погибших на дорогах [4]

Однако, разработка и реализация эффективных стратегий улучшения дорожной инфраструктуры, включая увеличение инвестиций, внедрение инновационных технологий, усиление контроля и координации, а также создание системы мониторинга и оценки, позволят преодолеть эти проблемы и обеспечить устойчивое развитие страны, не забывая при этом об экологической безопасности дорог, которая стоит на защите нашей природы. Решение проблемы плохих дорог требует совместных усилий государства, бизнеса и общества в целом, и только такой совместный подход сможет обеспечить создание современной, безопасной и эффективной дорожной инфраструктуры, способствующей благополучию всех граждан России.

### Список литературы

1. Определены города с самыми худшими и лучшими дорогами в России. Режим доступа: <https://ria.ru/20230703/rejting-1881799684.html> (дата обращения: 18.03.2024).
2. Почему в Тюмени лучшие дороги? Режим доступа: <https://тюменскаяобласть.рф/publikatsii/komfortnaya-sreda/pochemu-v-tyumeni-luchshie-dorogi/> (дата обращения: 18.03.2024).
3. Росстат – Транспорт. Режим доступа: <https://rosstat.gov.ru/statistics/transport> (дата обращения: 18.03.2024).

4. Дорожно-транспортная аварийность в Российской Федерации за 9 месяцев 2022 года. Режим доступа: <https://img-cdn.tinkoffjournal.ru/-/dorozhno-transportnaya-avariinost-rf-2022.rqqsuy.pdf> (дата обращения: 18.03.2024).

5. Стородубцева, Т. Н. Лесовозные дороги и способы устройства их покрытия / Т. Н. Стородубцева, Э. А. Черников, Т. А. Незавибатько // Современные инновации в науке и технике : сб. науч. тр. 10-й Всероссийской научно-техн. конф. с международным участием, Курск, 15–16 апреля 2020 года. – Курск: Юго-Западный гос. ун-т, 2020. – С. 317-321.

6. Стородубцева, Т. Н. Актуальность проблемы строительства дорожных покрытий, износа и повреждений верхнего слоя дорожной одежды / Т. Н. Стородубцева, О. И. Шакирова, А. В. Болгов // Science and technology innovations - 2023 : сборник статей Международного научно-исследовательского конкурса, 28 июня 2023 г. - Петрозаводск, 2023. - С. 119-124.

7. Стородубцева, Т. Н. Колейные покрытия временных лесовозных дорог с использованием изделий из древесностекловолоконистого композита / Т. Н. Стородубцева, К. Ю. Горкавенко, А. С. Гегельская // Актуальные направления научных исследований XXI века: теория и практика. - 2020. - Т. 8, № 3 (50). - С. 244-248.

8. Методические рекомендации по проектированию жестких дорожных одежд (Взамен ВСН 197-91) / Гос. служба дор. хоз-ва (Росавтодор) Минтранса России. - М.: Информавтодор, 2004. - 135 с.

9. Рекомендации по обеспечению безопасности движения на автомобильных дорогах: ОДМД / Гос. служба дор. хоз-ва (Росавтодор) Минтранса России. - М.: Информавтодор, 2002. - 220 с.

## References

1. Cities with the worst and best roads in Russia have been identified. URL: <https://ria.ru/20230703/rejting-1881799684.html> (access date: 18.03.2024).

2. Why are there the best roads in Tyumen? URL: <https://Tyumen region.rf/publikatsii/komfortnaya-sreda/pochemu-v-tyumeni-luchshie-dorogi/> (date of access: 18.03.2024).

3. Rosstat – Transport. URL: <https://rosstat.gov.ru/statistics/transport> (access date: 03.04.2024).

4. Road traffic accident rate in the Russian Federation for 9 months of 2022. URL: <https://img-cdn.tinkoffjournal.ru/-/dorozhno-transportnaya-avariinost-rf-2022.rqqsuy.pdf> (access date: 18.03.2024).

5. Storodubtseva, T. N. Timber roads and methods for constructing their covering / T. N. Storodubtseva, E. A. Chernikov, T. A. Nezovibatko // Modern innovations in science and technology: collection. scientific tr. 10th All-Russian Scientific and Technical. conf. with international participation, Kursk, April 15–16, 2020. – Kursk: South-Western State. univ., 2020. – pp. 317-321.



6. Storodubtseva, T. N. Relevance of the problem of construction of road surfaces, wear and damage to the top layer of road pavement / T. N. Storodubtseva, O. I. Shakirova, A. V. Bolgov // Science and technology innovations - 2023: collection of articles of the International Research Competition, June 28, 2023 - Petrozavodsk, 2023. - pp. 119-124.

7. Storodubtseva, T. N. Rut coverings of temporary timber roads using products made of wood-fiber composite / T. N. Storodubtseva, K. Yu. Gor-kavenko, A. S. Gegelskaya; // Current directions of scientific research of the XXI century: theory and practice. - 2020. - T. 8, No. 3 (50). - pp. 244-248.

8. Methodological recommendations for the design of rigid road pavements (Instead of VSN 197-91) / State. road service households (Rosavtodor) of the Ministry of Transport of Russia. - M.: Informav-todor, 2004. - 135 p.

9. Recommendations for ensuring traffic safety on highways: ODMD / State. road service households (Rosavtodor) of the Ministry of Transport of Russia.- M.: Informavtodor, 2002. - 220 p.

DOI: 10.58168/CIRCULAR2024\_361-365

УДК 33

**ВЗАИМОСВЯЗЬ ESG-КОНЦЕПЦИИ И ЭКОНОМИКИ ЗАМКНУТОГО ЦИКЛА**  
**THE RELATIONSHIP BETWEEN THE ESG CONCEPT AND THE CLOSED-LOOP**  
**ECONOMY**

**Терешина М.В.**, д-р экон. наук, профессор  
ФГБОУ ВО «Кубанский государственный  
университет», Краснодар, Россия.

**Tereshina M.V.**, Doctor of Economics,  
Professor, Kuban State University, Krasnodar,  
Russia.

**Яковлева Е.А.**, д-р экон. наук, профессор  
ФГБОУ ВО «Воронежский  
государственный лесотехнический  
университет имени Г.Ф. Морозова»,  
Воронеж, Россия.

**Yakovleva E.A.**, Doctor of Economics,  
Professor, Voronezh State University of  
Forestry and Technologies named after  
G.F. Morozov, Voronezh, Russia.

**Аннотация:** в статье выявлена взаимосвязь между ESG-концепцией и экономикой замкнутого цикла. По результатам анализа исследований в предметной плоскости сделан вывод о том, что экономика замкнутого цикла неоднозначно влияет на все составляющие ESG-концепции. В наибольшей степени экономика замкнутого цикла вносит свой вклад в экологический аспект ESG, продвигая устойчивые практики, формируя соответствующие рейтинги на региональном и отраслевом уровнях. Опосредовано построение модели экономики замкнутого цикла определяет формирование социальной ответственности бизнеса за занятость, здоровье, безопасность и вовлеченность работников и населения в целом на территориях присутствия компаний. С точки зрения управленческого аспекта экономика замкнутого цикла влияет на структуру управления компанией и ее восприимчивость к инновационным процессам регенеративной направленности.

**Abstract:** The article reveals the relationship between the ESG concept and the closed-loop economy. Based on the results of the analysis of research in the subject area, it is concluded that the closed-loop economy has an ambiguous effect on all components of the ESG concept. To the greatest extent, the closed-loop economy contributes to the environmental aspect of ESG by promoting sustainable practices and forming appropriate ratings at the regional and sectoral levels. Indirectly, the construction of a closed-loop economy model determines the formation of social responsibility of business for employment, health, safety and involvement of employees and the general population in the territories where companies operate. From the point of view of the managerial aspect, the closed-loop economy affects the company's management structure and its susceptibility to innovative regenerative processes.

**Ключевые слова:** ESG-концепция, экономика замкнутого цикла.

**Keywords:** ESG concept, closed-loop economics.

Актуальную значимость в мировом пространстве имеет ESG-концепция, включающая триединство целей развития: экология, социум, управление. Уровни внедрения ESG-концепции самые обширные, это и бизнес-компании, отрасли, регионы, страны. При чем на каждом уровне возникает своя специфика применения общих подходов ESG-концепции. В частности, и по этой причине необходимы масштабные исследования по реализации ESG-концепции в самых разнообразных условиях.

Кроме того, с ESG-концепцией сопряжены также концепции устойчивого развития и экономики замкнутого цикла [1, 2, 3].

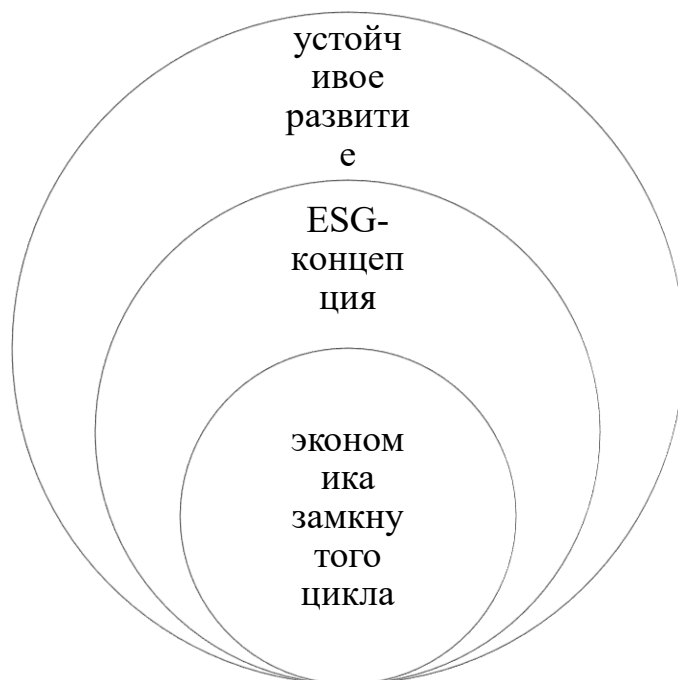


Рисунок 1 - Взаимосвязь между концепциями ESG, устойчивого развития и экономики замкнутого цикла

Устойчивое развитие является обширным понятием, которое охватывает экономические, социальные и экологические составляющие построения сбалансированной системы удовлетворения потребностей во времени и пространстве. Удовлетворяя собственные потребности в текущем моменте, необходимо создавать возможности для удовлетворения потребностей будущих поколений. А это представляется сложной задачей с учетом того противоречия, что ресурсы истощаются, в то время как действует всеобщий экономический закон возвышения потребностей, предполагающий их качественное совершенствование и количественное увеличение.

ESG-концепцию, с нашей точки зрения, можно рассматривать, как инструмент достижения целей устойчивого развития. А именно, через реализацию идей этой концепции компании и регионы оценивают и управляют рисками и возможностями устойчивого развития. Факторы ESG помогают гарантировать, что компании и регионы действуют социально и экологически ответственно [4].

С ESG-концепцией согласуется такая бизнес-практика, как экономика замкнутого цикла, в которой цели устойчивого развития достигаются с посредством повсеместного внедрения таких практик, как повторное использование, переработка и эффективное использование ресурсов. Потребленные продукты труда и материалы перерабатываются и возвращаются в воспроизводственный процесс для повторного использования. Таким образом, приходим к выводу, что практики экономики замкнутого цикла вносят существенный вклад в реализацию экологической компоненты ESG-концепции и достижение целей устойчивого развития.

Экономика замкнутого цикла обеспечивает новое качество экономического роста с точки зрения изменения технологических возможностей, поскольку на первый план выдвигаются такие ключевые компоненты, как повторное использование, восстановление, переработка, перепроектирование, сокращение. Но в то же время следует отметить, что концепция экономики замкнутого цикла не всегда приводит к положительным экологическим, социальным и управленческим результатам.

Экономика замкнутого цикла, прежде всего, интегрируется в ESG-концепцию через экологическую компоненту. Но при этом цикличность не гарантирует общей устойчивости. Более того, показатели экологической устойчивости могут ухудшиться вследствие чрезмерной цикличности. То есть показатель устойчивости не является решающим для реализации идеи экономики замкнутого цикла.

В слабой мере в экономике замкнутого цикла присутствует социальный критерий, который подразумевает доступность работы, честность, социальное равенство, социальные нормы и представления. Цепочки поставок в рамках экономики замкнутого цикла не гарантируют улучшения условий труда или равных возможностей для всех. Более того, могут создаваться проблемы безработицы, связанные со структурной перестройкой, невозможностью пользоваться привычной инфраструктурой, технологиями и оборудованием; появляться новые требования к условиям труда, ограничения по получению дополнительного образования. Это, - с одной стороны. С другой стороны, экономика замкнутого цикла повышает эффективность решения социальных вопросов, так как безопасное использование отходов и их переработка оказывают благоприятное воздействие на состояние здоровья работников и населения в целом, формирование и функционирование человеческого капитала, снижает демографические риски и повышает безопасность жизнедеятельности [5].

Неоднозначны также результаты исследований по вопросу, каким образом экономика замкнутого цикла может влиять на компоненту управление в ESG-концепции. ESG-ответственные компании выстраивают отношения с обществом, государством и внутренние структуры управления таким образом, чтобы повышать свою конкурентоспособность и инвестиционную привлекательность за счет применения менее ресурсоемких технологий, добровольного внедрения расширенной ответственности производителя. Возникает такое понятие, как управление отходами путем поиска возможностей снижения воздействия на окружающую среду за счет технического обслуживания, ремонта и повторного использования вторичных материальных ресурсов. Выстраивание в производственных процессах замкнутого

цикла помогает оценивать влияние рисков и возможностей, связанных с климатом, на бизнес, стратегию и финансовое планирование. Соответственно появляется потенциал разработки процедуры по управлению климатическими рисками. Принципы ответственного инвестирования ESG-концепции также взаимодействуют с экономикой замкнутого цикла, так как проекты, которые нуждаются в финансировании, могут быть связаны, например, со сбором и переработкой отходов.

Более того должно трансформироваться стратегическое мышление в компаниях, так как меняется жизненный цикл продукта [6]. Производители должны вносить изменения в свою продукцию таким образом, чтобы уменьшить образование отходов или предусмотреть процедуры безопасной переработки или восстановления. То есть требуется принципиально пересмотреть выстраивание жизненного цикла продукта с самого первого этапа. И это вовсе не означает только лишь учет возможностей переработки, здесь возникает также проблема долговечности использования конечного продукта или его упаковки [7]. А это, в свою очередь, влечет за собой избирательный подход компаний к сырью и материалам, используемых в производственных процессах, внедрение новых технологий, сопряженных с повышенными требованиями к долговечности в потреблении. В этом мы также видим реализацию принципа ответственного инвестирования ESG-концепции.

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. Третьякова, С. Н. ESG-повестка устойчивого развития в условиях новых российских реалий / С. Н. Третьякова // Экономика: теория и практика. – 2022. – № 2(66). – С. 36-41. – DOI 10.31429/2224042X\_2022\_66\_36.
2. Котова, В. А. ESG - трансформация и устойчивое развитие: современные тенденции / В. А. Котова, М. И. Середина // Инновационная наука. – 2024. – № 1-2. – С. 80-85.
3. Гарипова, Г. Р. Актуальность и значение ESG-концепции для российских предприятий в условиях экономики замкнутого цикла / Г. Р. Гарипова, Е. И. Уткина // Вестник Поволжского государственного технологического университета. Серия: Экономика и управление. – 2023. – № 1(56). – С. 79-87. – DOI 10.25686/2306-2800.2023.1.79.
4. Захматов, Д. Ю. Циркулярная экономика и ESG-принципы в экономике предприятий / Д. Ю. Захматов // Казанский экономический вестник. – 2022. – № 4(60). – С. 5-13.

5. Жукова Е.В. Экологическая составляющая ESG-факторов с позиций управления в экономике замкнутого цикла / Е.В. Жукова // Вестник ГУУ. 2021. №7. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/ekologicheskaya-sostavlyayuschaya-esg-faktorov-s-pozitsiy-upravleniya-v-ekonomike-zamknutogo-tsikla> (дата обращения: 12.05.202)

6. Попова, Е. В. ESG-трансформация: переход к бизнес-модели "продление жизненного цикла продукции" / Е. В. Попова // Финансовый бизнес. – 2022. – № 1(223). – С. 43-44.

7. Бабкин, А. В. Концепция эффективного устойчивого ESG-развития промышленных экосистем в циркулярной экономике / А. В. Бабкин, Е. В. Шкарупета, Т. И. Польщикова // Экономическое возрождение России. – 2023. – № 1(75). – С. 124-139. – DOI 10.37930/1990-9780-2023-1-75-124-139.

### References

1. Tretyakova, S. N. ESG agenda for sustainable development in the context of new Russian realities / S. N. Tretyakova // Economics: theory and practice. – 2022. – No. 2(66). – P. 36-41. – DOI 10.31429/2224042X\_2022\_66\_36.

2. Kotova, V. A. ESG - transformation and sustainable development: modern trends / V. A. Kotova, M. I. Seredina // Innovative science. – 2024. – No. 1-2. – P. 80-85.

3. Garipova, G. R. Relevance and significance of the ESG concept for Russian enterprises in a circular economy / G. R. Garipova, E. I. Utkina // Bulletin of the Volga State Technological University. Series: Economics and management. – 2023. – No. 1(56). – P. 79-87. – DOI 10.25686/2306-2800.2023.1.79.

4. Zakhmatov, D. Yu. Circular economy and ESG principles in enterprise economics / D. Yu. Zakhmatov // Kazan Economic Bulletin. – 2022. – No. 4(60). – P. 5-13.

5. Zhukova E.V. Environmental component of ESG factors from the perspective of management in a circular economy / E.V. Zhukov // Vestnik GUU. 2021. No. 7. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/ekologicheskaya-sostavlyayuschaya-esg-faktorov-s-pozitsiy-upravleniya-v-ekonomike-zamknutogo-tsikla> (date of access: 05.12.2024).

6. Popova, E. V. ESG transformation: transition to the business model “extending the life cycle of products” / E. V. Popova // Financial business. – 2022. – No. 1(223). – pp. 43-44.

7. Babkin, A. V. Concept of effective sustainable ESG development of industrial ecosystems in a circular economy / A. V. Babkin, E. V. Shkarupeta, T. I. Polshchikov // Economic Revival of Russia. – 2023. – No. 1(75). – pp. 124-139. – DOI 10.37930/1990-9780-2023-1-75-124-139.

DOI: 10.58168/CIRCULAR2024\_366-372

УДК 330.322; 338.28

**ЛЕСОВОССТАНОВЛЕНИЕ КАК СУЩЕСТВЕННЫЙ ЭЛЕМЕНТ  
РАЦИОНАЛЬНОГО ПРИРОДОПОЛЬЗОВАНИЯ**  
FOREST RESTORATION AS AN ESSENTIAL ELEMENT OF RATIONAL  
ENVIRONMENTAL MANAGEMENT

**Третьяков А.Г.**, докторант, ФГБОУ ВО «Воронежский государственный лесотехнический университет имени Г.Ф. Морозова», Воронеж, Россия. **Tretyakov A.G.**, doctoral student, Voronezh State University of Forestry and Technologies named after G.F. Morozov, Voronezh, Russia.

**Оробинский В.А.**, аспирант, ФГБОУ ВО «Воронежский государственный лесотехнический университет имени Г.Ф. Морозова», Воронеж, Россия. **Orobinsky V.A.**, graduate student, Voronezh State University of Forestry and Technologies named after G.F. Morozov, Voronezh, Russia.

**Аннотация:** В статье рассмотрена роль процессов лесовосстановления в поддержании углеродного баланса лесов Российской Федерации. Раскрыты причины выбытия лесов и дана оценка затрат на воспроизводство природного капитала лесных экосистем. Для решения ключевых задач климатической повестки и поддержания рационального природопользования необходимо значительно увеличить темпы и масштабы экологически необходимого и климато-ориентированного лесовосстановления. Инвестиции арендаторов лесных участков, являются основным источником финансирования мероприятий по лесовосстановлению в Северо-Западном, Уральском, Дальневосточном и Центральном федеральных округах, в то время как в Северо-Кавказском и Южном федеральных округах лесовосстановление осуществляется за счет средств федерального бюджета.

**Abstract:** The article examines the role of reforestation processes in maintaining the carbon balance of forests in the Russian Federation. The reasons for the disposal of forests are revealed and the costs of reproduction of the natural capital of forest ecosystems are estimated. To address the key challenges of the climate agenda and support sustainable environmental management, it is necessary to significantly increase the pace and scale of ecologically necessary and climate-smart reforestation. Investments from tenants of forest plots are the main source of financing for reforestation activities in the North-Western, Ural, Far Eastern and Central Federal Districts, while in the North Caucasus and Southern Federal Districts reforestation is carried out at the expense of the federal budget.

**Ключевые слова:** лесовосстановление, природопользование, финансирование.

**Keywords:** reforestation, environmental management, financing.

Леса и лесное хозяйство играют ключевую роль в смягчении последствий изменения климата. Сокращение вырубок и деградации лесов позволяет снижать выбросы парниковых газов, а управление лесным хозяйством и устойчивое лесовосстановление могут

поддерживать или увеличивать запасы лесной биомассы, тем самым способствуя поглощению углерода лесами.

Известно, что изделия из древесины могут накапливать углерод в течение длительного периода времени, а изделия из древесины могут стать альтернативой продукции с углеродным следом. Например, при использовании в качестве строительного материала древесины вместо бетона и стали сокращение выбросов может быть достигнуто за счет менее энергоемких строительных процессов и материалов.

Подсчитано, что, используя 1 тонну древесины для строительных конструкций вместо бетона и стали, можно избежать в среднем 2,4 тонны выбросов CO<sub>2</sub> [1]. Замена ископаемого топлива древесным создает новые возможности для сокращения выбросов парниковых газов. Однако существуют также некоторые препятствия для повсеместного перехода к биоэнергетике, которую обычно называют «углеродно-нейтральной». Биоэнергетику можно считать углеродно-нейтральной только если при выращивании биомассы поглощается столько же CO<sub>2</sub>, сколько выбрасывается в атмосферу при ее сжигании, то есть в случае баланса поглощения и выбросов в течение жизненного цикла.

Использование лесов для производства древесной и недревесной лесной продукции создает экономический интерес для лесопользователей и стейкхолдеров для перехода к биоэкономике, рациональному природопользованию, сохранению лесных богатств в долгосрочной перспективе. Той же цели могут служить различные разрабатываемые рыночные механизмы для финансовой поддержки различных экосистемных услуг лесов и переходу к климато-ориентированному лесному хозяйству [2]. Климато-ориентированное лесное хозяйство способно решать значительное количество задач Парижского соглашения путем:

- увеличения общей площади лесов и предотвращения вырубки лесов;
- смягчения последствий климатических изменений и адаптации для повышения устойчивости глобальных лесных ресурсов;
- использования древесины для производства изделий, которые накапливают углерод [3].

Россия лесная держава, а леса региональных систем выполняют важнейшие защитные, водоохранные и климаторегулирующие функции, играя ключевую роль в сохранении биоразнообразия и поддержании других биосферных функций [4]. Площади лесных земель остаются практически неизменными, в то время как уровень лесистости территорий и запасы лесных ресурсов снижаются [5].

Причины выгорания лесов известны, и наряду с климатическими изменениями и природными пожарами в последние годы фактор антропогенного влияния приобрел ключевую роль [6]. В этой связи вопросы воспроизводства лесов приобретают повышенную актуальность в системе поддержания рационального природопользования. Более того, многочисленные исследования показывают, что лесовосстановление снижает уровень CO<sub>2</sub> больше, чем другие стратегии смягчения последствий изменения климата. Это связано с тем,



что деревья живут дольше, чем существующие технологические методы улавливания и хранения, включая биоэнергетику.



Рисунок 1 – Динамика площади лесных земель, тыс.га

Известно, что скорость секвестрации углерода зависит от нескольких факторов, в том числе от характеристик роста породы дерева, условий, в которых дерево посажено, и плотности его древесины. Для того чтобы усилить эффект лесохозяйственных решений в области борьбы с изменением климата, необходимо решить проблему обезлесения и деградации лесов, ускорить процессы лесовосстановления. Лесовосстановление является экономически эффективным решением по смягчению последствий изменения климата, позволяющим сокращать выбросы более чем на 5 гига тонн (Гт) эквивалента CO<sub>2</sub> ежегодно, что составляет порядка 11 процентов общего годового объема выбросов.

С позиции экономики процессы лесовосстановления определяются инвестициями и затратами на посадку лесов, которые являются значительными и во многом определяют низкую инвестиционную привлекательность лесного хозяйства.

В Российской Федерации лесовосстановление осуществляется на землях лесного фонда различными способами: путем искусственной посадки саженцев, посевом семян или путем содействия естественному возобновлению древесных пород.

Естественное восстановление лесов происходит вследствие как природных процессов, так и мер содействия лесовосстановлению. Основным способом лесовосстановления на землях лесного фонда остается содействие естественному возобновлению (около 75%). Искусственное восстановление лесов осуществляется путем создания лесных культур: посадки сеянцев, саженцев, в том числе с закрытой корневой системой, черенков или посева семян лесных растений, в том числе при реконструкции малоценных лесных насаждений. Комбинированное восстановление лесов осуществляется за счет сочетания естественного и искусственного лесовосстановления.

В последние годы лесовосстановлению придается огромное значение на всех уровнях власти, в первую очередь по причине климатических изменений и растущего обезлесения территорий [8].

Отметим, что благодаря важному Федеральному проекту «Сохранение лесов» национального проекта «Экология» в рамках Государственной программы Российской Федерации «Развитие лесного хозяйства», площадь лесовосстановления и лесоразведения в России составила 6,3 миллиона гектаров [9].

Федеральный проект направлен на обеспечение баланса выбытия и воспроизводства лесов в соотношении 100% к 2024 году и сокращение ущерба от лесных пожаров почти в три раза (с 32,3 млрд. рублей до 12,5 млрд. рублей).

Только в 2023 году лесовосстановление выполнено на 1,4 миллиона гектаров, что больше прошлогоднего показателя на 6,7%, а лесоразведение проведено на 5,1 тысячи гектаров, это 102% от годового плана. При этом значительные площади восстанавливаются силами и за счет средств арендаторов участком лесного фонда.

В текущей практике существует несколько видов источников финансирования лесовосстановления, к основным из которых относятся средства федерального и регионального бюджета, а также средства арендаторов, которые относятся к территориям участков, переданных в аренду (табл. 1).

Таблица 1 - Структура финансовых источников на лесовосстановление в 2022 году

Федеральный округ	Субвенции федерального бюджета	Средства регионального бюджета	Средства арендаторов	Иные источники
Всего по РФ	12,26	1,33	78,11	8,75
ЦФО	15,10	0,39	81,60	2,92
СЗФО	3,29	1,46	93,23	3,35
ЮФО	59,38		0,19	40,43
СКФО	84,22		5,52	10,26
ПФО	18,79	0,75	76,60	3,87
УФО	10,42	4,76	72,14	12,68
СФО	14,94	0,53	59,41	25,11
ДФО	14,55	0,98	79,81	4,66

Анализируя данные таблицы становится понятно, что в структуре затрат на воспроизводство лесов основная доля приходится на средства арендаторов лесных участков – 78%, в то время как на долю средств бюджетов разных уровней приходится в среднем 13,5% финансирования затрат на лесовосстановление.

Затраты арендатора на воспроизводство, охрану и защиту леса имеют важное экологическое значения по сохранению и преумножению лесоресурсного потенциала,

обеспечивая возможность реализации непрерывного и неистощимого пользования. Это предопределяется объемом работ по лесовосстановлению, который в 2022 году составил более 1 329 тыс. га, с совокупными затратами более 8 524 млн. рублей.

В тоже время в разрезе субъектов имеет место дифференциация в структуре источников финансирования. В лесных регионах СЗФО, ДФО, ПФО, ЦФО и УФО, где осуществляется активная лесозаготовка доля затрат арендаторов лесных участков на лесовосстановление высока и составляет от 72 до 93 %. В тоже время в более южных регионах доля затрат на воспроизводство лесов за счет средств арендаторов лесных участков ничтожно мала и не превышает 6%.

Характерно, что во всех федеральных округах, средства региональных бюджетов на финансирование затрат на воспроизводство лесных ресурсов не превышают 5%.

Отметим, что при проведении лесовосстановления на площадях лесного фонда, на которых отсутствует аренда на заготовку древесины финансирование работ по лесовосстановлению лесов производится за счет субвенций из федерального и региональных бюджетов, а также иных источников.

Анализ структуры финансирования лесовосстановления позволяет выделить средства арендаторов, как основной источник денежных средств проведения данных мероприятий.

Представленный анализ отражает высокую значимость затрат на лесовосстановление в системе обеспечения рационального природопользования.

Таким образом, лесовосстановление - одна из лучших стратегий использования природных решений для сокращения выбросов парниковых газов, как во всем мире, так и в России. В современной практике уровень воспроизводства лесов должен соответствовать возросшим социальным, экологическим и экономическим требованиям, что возможно при повышении эффективности лесопользования и лесопользования. Инвестиции в лесовосстановление — это долгосрочные и чрезвычайно важные вложения капитала. В России существует огромный потенциал для восстановления лесов, а лесокультурный фонд оценивается в размере более 1 млн. га. Для решения ключевых задач климатической повестки и поддержания рационального природопользования необходимо значительно увеличить темпы и масштабы экологически необходимого и климато-ориентированного лесовосстановления.

### Список литературы

1. Mauser, H. (ed). 2021. Key questions on forests in the EU. Knowledge to Action 4, European Forest Institute. <https://doi.org/10.36333/k2a04>.

2. Экологическое состояние и перспективы развития России: теоретико-правовые основы и практико-методический инструментарий / В. Г. Ларионов, А. Г. Бадалова, С. Г. Фалько [и др.]. – Воронеж : Воронежский государственный лесотехнический университет им. Г.Ф. Морозова, 2017. – 323 с. – ISBN 978-5-7994-0772-8.

3. Lobovikov, M. A. Upward march of the global emissions markets / M. A. Lobovikov, S. S. Morkovina, N. K. Pryadilina // BIO Web of Conferences. – 2024. – Vol. 93. – P. 05006. – DOI 10.1051/bioconf/20249305006.

4. Priorities of diversification in forest complex / S. Morkovina, M. Drapalyuk, I. Sibiryatkina, I. Torzhkov // Proceedings of the 30th International Business Information Management Association Conference, IBIMA 2017 - Vision 2020: Sustainable Economic development, Innovation Management, and Global Growth, Madrid, 08–09 ноября 2017 года. – Madrid: Без издательства, 2017. – P. 2856-2862.

5. Шанин, И. И. Потенциал земельных ресурсов субъектов РФ для целей реализации лесоклиматических проектов / И. И. Шанин, С. С. Морковина, А. Г. Третьяков // Актуальные направления научных исследований XXI века: теория и практика. – 2023. – Т. 11, № 1(60). – С. 188-198. – DOI 10.34220/2308-8877-2023-11-1-188-198.

6. Konstantinov, A. V. Climate change and adaptation practices in the forestry sector of the Russian Federation / A. V. Konstantinov, T. S. Koroleva, E. A. Kushnir // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, Voronezh, 09–10 сентября 2021 года. – Voronezh, 2021. – P. 012078. – DOI 10.1088/1755-1315/875/1/012078.

7. Petrov, A. P. Model of economic organization of the Russian forestry / A. P. Petrov, S. S. Morkovina // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science : International Jubilee Scientific and Practical Conference «Innovative Directions of Development of the Forestry Complex (FORESTRY-2018)», Voronezh, 04–05 октября 2018 года. Vol. 226, conference 1. – Institute of Physics Publishing: Institute of Physics Publishing, 2019. – P. 012041. – DOI 10.1088/1755-1315/226/1/012041.

8. Панявина, Е. А. Финансирование региональных проектов в области сохранения лесов: состояние, перспективы / Е. А. Панявина // Лесные экосистемы как глобальный ресурс биосферы: вызовы, угрозы, решения в контексте изменения климата : Материалы Международного лесного форума, Воронеж, 29–30 сентября 2022 года / отв. ред. Н.В. Яковенко. – Воронеж, 2022. – С. 296-303. – DOI 10.58168/IFF2022\_296-303.

9. Государственная программа Российской Федерации «Развитие лесного хозяйства» утверждена Постановлением Правительства Российской Федерации от 15.04.2014 № 318 «Об утверждении государственной программы Российской Федерации «Развитие лесного хозяйства».

## References

1. Mauser, H. (ed). 2021. Key questions on forests in the EU. Knowledge to Action 4, European Forest Institute. <https://doi.org/10.36333/k2a04>

2. Ecological state and development prospects of Russia: theoretical and legal foundations and practical and methodological tools / V. G. Larionov, A. G. Badalova, S. G. Falko [et al.]. – Voronezh: Voronezh State Forestry University named after. G.F. Morozova, 2017. – 323 p. – ISBN 978-5-7994-0772-8.

3. Lobovikov, M. A. Upward march of the global emissions markets / M. A. Lobovikov, S. S. Morkovina, N. K. Pryadilina // *BIO Web of Conferences*. – 2024. – Vol. 93. – P. 05006. – DOI 10.1051/bioconf/20249305006.

4. Priorities of diversification in the forest complex / S. Morkovina, M. Drapalyuk, I. Sibiryatkina, I. Torzhkov // *Proceedings of the 30th International Business Information Management Association Conference, IBIMA 2017 - Vision 2020: Sustainable Economic development, Innovation Management, and Global Growth, Madrid, November 08–09, 2017*. – Madrid: Without publisher, 2017. – P. 2856-2862.

5. Shanin, I. I. Potential of land resources of the constituent entities of the Russian Federation for the purposes of implementing forest-climatic projects / I. I. Shanin, S. S. Morkovina, A. G. Tretyakov // *Current directions of scientific research of the XXI century: theory and practice*. – 2023. – T. 11, No. 1(60). – pp. 188-198. – DOI 10.34220/2308-8877-2023-11-1-188-198.

6. Konstantinov, A. V. Climate change and adaptation practices in the forestry sector of the Russian Federation / A. V. Konstantinov, T. S. Koroleva, E. A. Kushnir // *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, Voronezh, September 09–10, 2021*. – Voronezh, 2021. – P. 012078. – DOI 10.1088/1755-1315/875/1/012078.

7. Petrov, A. P. Model of economic organization of the Russian forestry / A. P. Petrov, S. S. Morkovina // *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science: International Jubilee Scientific and Practical Conference «Innovative Directions of Development of the Forestry Complex (FORESTRY-2018)», Voronezh, October 04–05, 2018. Vol. 226, conference 1*. – Institute of Physics Publishing: Institute of Physics Publishing, 2019. – P. 012041. – DOI 10.1088/1755-1315/226/1/012041.

8. Panyavina, E. A. Financing regional projects in the field of forest conservation: status, prospects / E. A. Panyavina // *Forest ecosystems as a global resource of the biosphere: challenges, threats, solutions in the context of climate change: Materials of the International Forest Forum, Voronezh, September 29–30, 2022* / Rep. editor N.V. Yakovenko. – Voronezh: Voronezh State Forestry University named after G.F. Morozova, 2022. – P. 296-303. – DOI 10.58168/IFF2022\_296-303.

9. The state program of the Russian Federation “Forestry Development” was approved by Decree of the Government of the Russian Federation dated April 15, 2014 No. 318 “On approval of the state program of the Russian Federation “Forestry Development”.

DOI: 10.58168/CIRCULAR2024\_373-378

УДК 674

**ИССЛЕДОВАНИЕ ЗАВИСИМОСТИ УГЛА СМАЧИВАНИЯ ПОВЕРХНОСТИ  
ДРЕВЕСИНЫ ОТ СОСТАВА КЛЕЯ**

**STUDIES OF THE DEPENDENCE OF THE WETTING ANGLE OF THE WOOD SURFACE  
ON THE COMPOSITION OF THE GLUE**

**Украинская Е.В.**, преподаватель СПО  
ФГБОУ ВО «Воронежский  
государственный лесотехнический  
университет имени Г.Ф. Морозова»,  
Воронеж, Россия.

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

**Ищенко Т.Л.**, канд. техн. наук, доцент  
ФГБОУ ВО «Воронежский  
государственный лесотехнический  
университет имени Г.Ф. Морозова»,  
Воронеж, Россия.

**Ishchenko T.L.**, candidate of Technical Sciences,  
associate Professor, Voronezh State University of  
Forestry and Technologies named after  
G.F. Morozov, Voronezh, Russia.

**Аннотация:** В работе рассмотрены условия формирования клевых соединений древесины и древесных материалов. Исследовано влияние вида наполнителя на угол смачивания склеиваемых поверхностей и адгезионную прочность, и, как следствие, на прочность склеивания березовой фанеры.

**Abstract:** The work examines the conditions for the formation of adhesive joints of wood and wood materials. The influence of the type of filler on the wetting angle of the bonded surfaces and the adhesive strength, and, as a consequence, on the bonding strength of birch plywood, was studied.

**Ключевые слова:** наполнитель, шпон, склеивание, адгезионная прочность, угол смачивания, клеевое соединение.

**Keywords:** filler, veneer, bonding, adhesive strength, wettability angle, adhesive connection.

Соединение древесины и древесных материалов с помощью клеевых составов различных видов называется склеиванием.

На деревообрабатывающих производствах склеивание является базовой операцией.

Изготовление столярных плит и мебельных щитов, плитных материалов (ДСП, МДФ), фанеры, формирование деталей больших размеров из массивной древесины, скрепление соединений, облицовка поверхностей – всё это формируется при помощи склеивания [3].

К клеевым соединениям предъявляется ряд требований: долговечность, прочность, эластичность, водо-, био- и температуростойкость и др. Выполнение каждого является сложной задачей.

Применяя древесину и ее производные совместно с различными связующими можно получить большое множество композитов. Они обладают стабильными размерами, низким

уровнем токсичности, выдающимися конструкционными, эксплуатационными и декоративными характеристиками.

Человек не может влиять на свойства древесины напрямую, но постоянно идет работа над созданием новых клеящих веществ и модификацией их свойств. Цель этого процесса - улучшение прочности и эксплуатационных характеристик клеевых соединений.

В результате сложного, физико-химического взаимодействия при склеивании образуется материал, обладающий новыми свойствами, которые будут зависеть от свойств двух составляющих – клея и древесины [7].

Условия формирования и эксплуатации клееного древесного материала будут определять надежность клеевого соединения и долговечность.

Клеи – высокомолекулярные органические природные и синтетические смолы, обладающие свойством прилипания. Прилипание двух тел является наличием сил адгезии и когезии.

Клей перед нанесением на склеиваемые поверхности находится в высоковязком или высокоэластичном состоянии [3]. Кроме этого, для качественного контакта с твердой поверхностью и проявления адгезионных сил клей должен обладать достаточной растекающей и смачивающей способностью.

Многие исследователи занимаются выявлением причины наличия взаимодействия адгезива (вещества, обеспечивающего соединение) с субстратом (твердотелой основой контакта). Но в виду сложности явления и многообразия вытекающих факторов однозначного ответа на многие вопросы нет [2].

Целью работы является исследование влияния вида наполнителя на угол смачивания и адгезионную прочность, и, как следствие, на прочность склеивания березовой фанеры.

Наполнители – одни их основных компонентов, вводящихся в клеи для придания последним необходимой вязкости, снижения величины усадки при отверждении, улучшения эксплуатационных свойств клеевых соединений.

Известны следующие виды наполнителей для карбамидоформальдегидных клеев: шунгиты (для повышения водостойкости, сокращения времени отверждения связующих и снижения токсичности); аэросил технический; каолин; мука пшеничная и древесная; алюмосиликаты (для повышения водостойкости, сокращения времени отверждения связующих и снижения токсичности); микрокремнезем (для сокращения времени отверждения и снижения температуры прессования); резорцин (для повышения водостойкости и прочности клеевых соединений); меламин [6].

Мука как наполнитель для клеев интенсивно сорбирует воду и набухает под ее действием, что приводит к увеличению вязкости и тиксотропности клея.

Каолин – неорганический наполнитель. Не растворяется, не набухает; оказывает незначительное влияние на вязкость. Имеет небольшую плотность и абсолютное отсутствие абразивных частиц. Хорошо препятствует перерасходу клея и закрывает сосуды древесины, что влечет повышение адгезионных сил.

Лигносальфонаты – побочные продукты производства целлюлозы. Они увеличивают липкость клея, повышают прочность и водостойкость плитных материалов. Снижают токсичность плит.

Адгезия – это возникновение молекулярных связей между двумя разнородными телами (жидкими или твердыми) при их соприкосновении. При этом происходит как бы, прилипание.

Следствием адгезии выступает такое поверхностное явление как смачивание. Оно заключается во взаимодействии жидкости с твердым телом. Смачивание – это самопроизвольный процесс растекания жидкости по твердой поверхности.

Адгезия и смачивание играют ключевую роль в процессе технологии создания древесных материалов. Адгезия зависит от природы контактирующих фаз, свойств их поверхностей и площади контакта. А смачивание – это то, что предшествует адгезии [4].

Форма и положение капли на твердой подложке зависит от действия на нее внешних сил. Различают пять взаимодействий жидкости с твердой поверхностью:

Полное смачивание: угол  $\theta$  равен или близок к нулю. Капля жидкости практически сразу растекается в пленку.

Неполное смачивание: угол в пределах  $0 < \theta < 90^\circ$ .

Безразличное смачивание: угол  $\theta = 90^\circ$ . Это граница смачивания и несмачивания.

Несмачивание: угол в диапазоне  $90 < \theta < 180^\circ$ .

Полное несмачивание: угол  $\theta = 180^\circ$ . Условие полного несмачивания практически невозможно, так как между телами всегда действует сила взаимного притяжения.



Рисунок 1 – Схемы возможного положения капли на твердой поверхности

Существует несколько методов измерения и расчета угла смачивания капли:

1. Полуугловой
2. Круговой
3. Эллиптический
4. Тангенциальный

В ходе проведенного эксперимента применялся широко распространенный метод, называемый круговым, который заключается в захвате и сохранении изображения капли жидкости при ее падении, определении базовой линии, выборе трех или более точек на краю изогнутого профиля капли и вычислении уравнения окружности. Угол смачивания представляет собой угол между базовой линией и касательной к профилю [8].



Для исследования адгезионных свойств использовался березовый шпон, толщиной 1,5 мм (ГОСТ 99-2016), смола КФ-Ж (ГОСТ 14231-88) с различными наполнителями (мука ГОСТ 7045-2017, каолин ГОСТ 19608-84, лигносульфонат ТУ 245-029-00279580-2014).

На измеряемые краевые углы оказывают влияние многие факторы: в основном, дефекты поверхности твердого тела – шероховатость, а также неоднородность клеевого состава и пр. Такие факторы практически исключают полное смачивание или его отсутствие.

Так как в обеспечении хорошего контакта имеет значение рельеф твердой поверхности, краевой угол смачивания был определен для двух видов подложки: стекло лабораторное, фанера березовая.

В результате проведенных экспериментов определялись и сравнивалась растекаемость карбамидоформальдегидной смолы на стекле и шпоне березовом. Интенсивность растекания клея лучше отслеживается на стеклянной подложке. Период этот занимает от 0 до 240 сек. Наиболее активная растекаемость отмечена во временном промежутке от 0 до 60 сек.

Так как поверхность шпона обладает определенной шероховатостью, время растекания капли заняло больше времени, чем на лабораторном стекле. Завершение эксперимента наступало по истечению 10 минут.

Разница углов смачивания представлена на графиках.

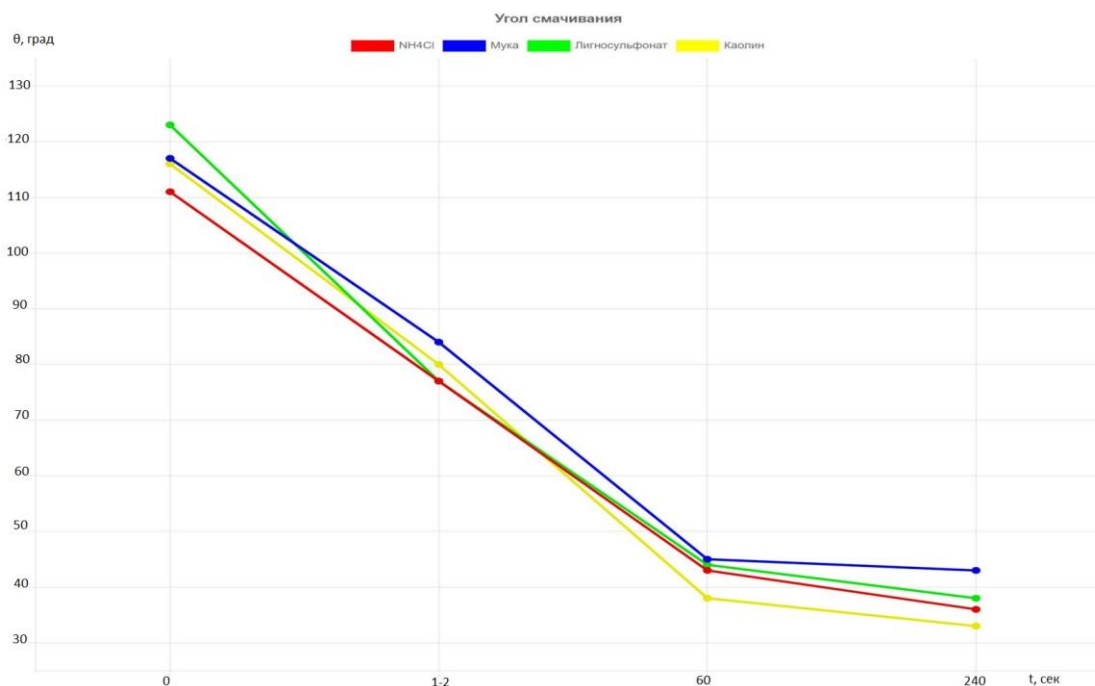


График 1 – Угол смачивания на стеклянной пластине

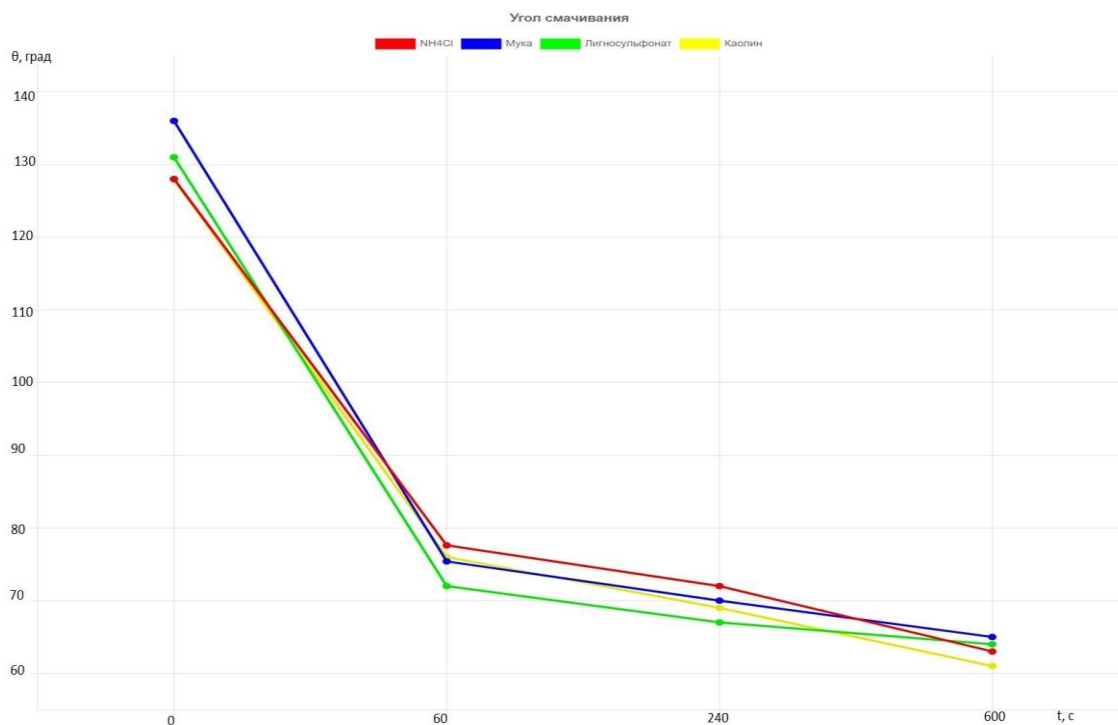


График 2 – Угол смачивания на шпоне

Благодаря проведенным исследованиям было выявлено влияние вида наполнителя в клеевом составе на краевой угол смачивания поверхности шпона. Каолин показал наилучшие результаты смачиваемости поверхности, что связано с его структурой и свойствам.

Полученные данные помогут, в дальнейшем, при анализе прочности клеевых соединений фанерной продукции.

### Список литературы

1. Мурзин В. С., Ищенко Т. Л., Лавлинская О. В. Исследование смачиваемости поверхности шпона и других композиционных материалов // Лесотехнический журнал. 2012. № 3. С 14 – 20.
2. Вернигорова В.Н. Клеи и склеивание: моногр. / В.Н. Вернигорова, С.М. Саденко. – Пенза: ПГУАС. 2014 – 120 с.
3. А. И. Криворотова, М. А. Баяндин. Процессы и технологии склеивания древесины : методич. указ. – Красноярск 2021. – 53 с.
4. Яцунин И.В., Шишкина С.Б. Исследование адгезионных параметров композиционных материалов//Актуальные направления научных исследований XXI века: теория и практика, 2014, №1 С. 55-63.
5. А. Б. Крылов. Поверхностное натяжение и связанные с ним явления : учеб-метод. пособие // А. Б. Крылов. – Минск : БГМУ, 2008 – 32 с.

6. Модификаторы и наполнители для карбамидо- и фенолоформальдегидных клеев // Студопедия. URL: [https://studopedia.ru/29\\_13924\\_modifikatori-i-napolniteli-dlya-karbamido-i-fenoloformaldegidnih-kleev.html?ysclid=lwpa9chjvp132059414](https://studopedia.ru/29_13924_modifikatori-i-napolniteli-dlya-karbamido-i-fenoloformaldegidnih-kleev.html?ysclid=lwpa9chjvp132059414) (дата обращения: 27.05.2024).

7. Образование клеевых соединений // Справочник Автор24. URL: <https://spravochnick.ru/lektoriy/obrazovanie-kleevykh-soedineniy74u8d/> (дата обращения: 27.05.2024).

8. Краевой угол смачивания. Технология измерения контактного угла // «Промэнерголаб» – приборы и решения для научных исследований. URL: <https://www.czl.ru/applications/contact-angle-measurement-technology/?ysclid=lwpwilsu2n645303672> (дата обращения: 27.05.2024).

### References

1. Murzin V. S., Ishchenko T. L., Lavlinskaya O. V. Investigation of the wettability of the surface of veneer and other composite materials // Forestry Engineering Journal. 2012. No. 3. P. 14-20.

2. Vernigorova V.N. Glues and gluing: monograph / V.N. Vernigorova, S.M. Sadenko. – Penza: PGUAS. 2014 – 120 p.

3. A. I. Krivorotova, M. A. Bayandin. Processes and technologies of gluing wood : methodical. the decree. Krasnoyarsk 2021. – 53 p.

4. Yatsunin I.V., Shishkina S.B. Investigation of adhesive parameters of composite materials//Current directions of scientific research of the XXI century: theory and practice, 2014, No. 1, pp. 55-63.

5. A. B. Krylov. Surface tension and related phenomena : a study method. the manual // A. B. Krylov. – Minsk : BSMU, 2008 – 32 p.

6. Modifiers and fillers for carbamide and phenol-formaldehyde adhesives // Studopedia. URL: [https://studopedia.ru/29\\_13924\\_modifikatori-i-napolniteli-dlya-karbamido-i-fenoloformaldegidnih-kleev.html?ysclid=lwpa9chjvp132059414](https://studopedia.ru/29_13924_modifikatori-i-napolniteli-dlya-karbamido-i-fenoloformaldegidnih-kleev.html?ysclid=lwpa9chjvp132059414) (accessed: 27/05/2024).

7. Formation of adhesive joints // Handbook of the Author24. URL: <https://spravochnick.ru/lektoriy/obrazovanie-kleevykh-soedineniy74u8d/> (accessed: 27/05/2024).

8. The wetting edge angle. Contact angle measurement technology // Prom-energolab – devices and solutions for scientific research. URL: <https://www.czl.ru/applications/contact-angle-measurement-technology/?ysclid=lwpwilsu2n645303672> (accessed: 27/05/2024).

DOI: 10.58168/CIRCULAR2024\_379-387

УДК 630:623.746.4-519

**БЕСПИЛОТНЫЕ РЕШЕНИЯ ДЛЯ СОВРЕМЕННОГО ЛЕСОВОДСТВА**  
**UNMANNED SOLUTIONS FOR MODERN FORESTRY**

**Хлюстов В.К.**, заслуженный лесовод России, доктор сельскохозяйственных наук, профессор, «Российский государственный аграрный университет-МСХА имени К.А. Тимирязева», Москва, Россия. **Khlyustov V.K.**, doctor of Agricultural Sciences, Professor at the Russian State Agrarian University - Moscow Agricultural Academy named after K.A. Timiryazev, Moscow, Russia.

**Хлюстов Д.В.**, кандидат сельскохозяйственных наук, руководитель проекта ООО «Геоскан Москва», Москва, Россия. **Khlyustov D.V.**, candidate of Agricultural Sciences, Project Manager, «Geoscan Moscow» LLC, Moscow, Russia.

**Аннотация:** Представлен обзор беспилотных летательных аппаратов и видов полезной нагрузки для решения лесохозяйственных задач, включая аэрофотосъемку и мониторинг. Обсуждаются примеры материалов дистанционного зондирования для оценки характеристик объектов. Рассматривается применение полученных данных для анализа качества, количества и метрических параметров снимаемых объектов. Акцент делается на возможности беспилотных авиационных систем для эффективного управления лесными ресурсами.

**Abstract:** The review presents unmanned aerial vehicles and types of payloads for forestry tasks, including aerial photography and monitoring. Examples of remote sensing materials for assessing object characteristics are discussed. Application of the data to analyze the quality, quantity, and metric parameters of the objects being imaged is discussed. Emphasis is placed on the potential of unmanned aerial systems for effective forest resource management.

**Ключевые слова:** беспилотная авиационная система, беспилотное воздушное судно, авиапатрулирование, полезная нагрузка, лесное хозяйство, авиационный мониторинг, аэрофотосъемка, лесопатология, лесная таксация, лесоустройство.

**Keywords:** unmanned aerial system, unmanned aerial vehicle, aerial patrolling, payload, forestry, aviation monitoring, aerial photography, forest pathology, forest inventory, forest management.

В последнее десятилетие наблюдается бурное развитие беспилотных технологий и их проникновение в различные отрасли. Эти инновации не только автоматизируют привычные производственные операции, но и создают новые, более сложные технологические системы, повышая качество и эффективность производства и услуг. Особое внимание уделяется разработке и совершенствованию различных типов беспилотных авиационных систем (БАС),

которые решают сложные и трудоёмкие задачи в области мониторинга и технических операций на опасных и труднодоступных объектах. Развитие высокотехнологичных и надежных БАС, а также разнообразие функциональных полезных нагрузок вызывают большой интерес у специалистов лесного хозяйства. Эти технологии позволяют решать широкий спектр задач, таких как авиационное патрулирование в период пожаров, мониторинг качества лесохозяйственных мероприятий, выявление незаконного использования лесных ресурсов, оценка лесотаксационных характеристик и мониторинг состояния лесов с целью борьбы с вредителями и болезнями.

В зависимости от условий и специфики решаемых задач используются различные типы БВС как по своей конструкции, так и назначению. По типу взлета-посадки их делят на 3 вида – мультироторные, самолетного типа или «крыло» и VTOL, взлетающие и приземляющиеся как мультироторные, а полет выполняющие в режиме самолетного типа (рис.1).



а) мультироторный тип; б) самолетный тип («крыло»); в) VTOL

Рисунок 1 - Виды БВС по типу выполнения полета

В лесном хозяйстве особенно востребованы легкие беспилотные воздушные суда, которые имеют массу до 30 кг. Они представляют собой эффективный инструмент для выполнения различных задач прикладного значения. Большинство из этих БВС оснащены электродвигателями, что обеспечивает продолжительность полета от 30 до 50 минут для мультироторных моделей и от 3 до 4 часов для самолетных. Если требуется выполнить более длительные миссии, до 8-10 часов, то в таких случаях используются аппараты самолетного типа, такие как Геоскан 701 или Орлан 10, которые оснащены двигателями внутреннего сгорания. Указанные модели наиболее подходят для выполнения аэрофотосъемки в удаленных и труднодоступных лесных участках, а также для длительного авиационного патрулирования, например, при контроле и оценке динамики распространения лесных пожаров.

Беспилотные воздушные суда более высокого весового класса, предназначенные для переброски грузов, также весьма востребованы в лесном хозяйстве. Они позволяют организовать оперативное и эффективное обеспечение работников и специалистов лесного хозяйства необходимыми материалами, инструментами, противопожарным оборудованием и т.д. Эти мощные средства доставки грузов помогут оптимизировать работу в лесу и обеспечить быстрый доступ к необходимым ресурсам для поддержания безопасности и эффективности работы на месте.

В оснащении беспилотных воздушных судов часто используются различные виды полезной нагрузки для сбора информации. Среди них наиболее распространены видеокамеры, способные записывать видео с высоким разрешением, тепловизионные камеры, которые обеспечивают возможность детального анализа тепловых процессов на земле, и фотокамеры, позволяющие делать качественные снимки как в диапазоне естественных цветов (RGB), так и в мультиспектре. С развитием технологий миниатюризации, все чаще на БВС устанавливают лидары – лазерные сканеры, которые могут проводить точное зондирование местности с воздуха.

Лидары позволяют создавать цифровые модели рельефа, местности и структуры лесных насаждений на основе данных, полученных с воздушного лазерного сканирования. Эти цифровые модели могут быть использованы для детального анализа территории, определения высотных характеристик ландшафта и обнаружения изменений в структуре лесного полога.

Примеры полезных нагрузок представлены на рис. 2.



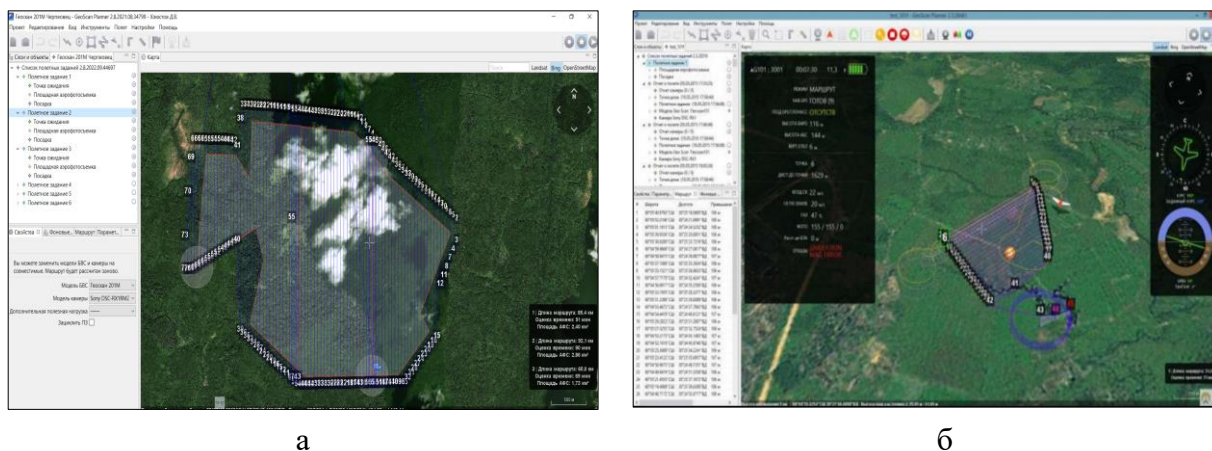
а) видео и тепловая камера; б) фотоаппарат; в) мультиспектральная камера; г) воздушный лазерный сканер

Рисунок 2 - Образцы полезных нагрузок, используемых на БВС

Одним из неоспоримых достоинств беспилотных авиационных систем является их высокая функциональность, которая позволяет оператору одновременно выполнять авиасъемочные работы для решения сразу нескольких задач. Такая многозадачность обеспечивается благодаря станции управления, которая позволяет контролировать и управлять сразу несколькими БВС. Более того, оператор имеет возможность формировать и изменять полетные задания для каждого беспилотника, включая корректировку их маршрутов в режиме реального времени, даже в момент их нахождения в воздушном пространстве.

Такой подход обеспечивает более высокую производительность и оперативность выполнения задач. Например, за счет возможности одновременного управления несколькими беспилотными аппаратами, оператор может охватить существенно большую территорию за короткое время. Это особенно важно в сфере мониторинга, где оперативное реагирование на изменения ситуации может быть критически важным. Также, благодаря многозадачности, беспилотные авиационные системы могут использоваться для выполнения различных задач одновременно, что повышает их эффективность и экономическую целесообразность в

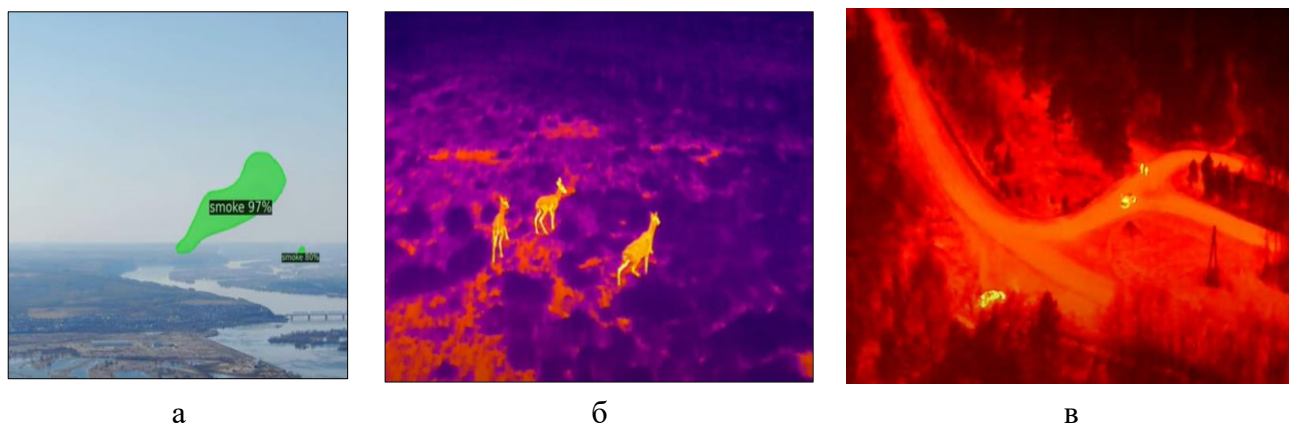
широком спектре задач лесного хозяйства, мониторинга окружающей среды, геодезии и многого другого.



а) формирование полетного задания на площадную аэрофотосъемку; б) контроль полета БВС по данным телеметрии

Рисунок 3 - Фрагменты программного обеспечения на станции управления БАС

Совмещение технологии оперативного видео и тепловизионного мониторинга с технологиями нейросетевого анализа данных открывает перед лесоводами широкие возможности для более эффективного и точного обнаружения интересующих явлений и объектов. Этот подход позволяет существенно повысить скорость и надежность обнаружения различных объектов и происходящих изменений. Например, при авиатроллинге лесов в период повышенной пожарной опасности, использование интегрированных технологий значительно увеличивает оперативность и достоверность обнаружения очагов возгорания. Это в свою очередь способствует более эффективному контролю и предотвращению распространения пожаров. Использование тепловизионной съемки дает возможность не только обнаруживать и оценивать очаги открытых возгораний или скрытого горения торфяников. Кроме того, она обеспечивает возможность эффективного мониторинга движения животных и поиска людей, которые могли заблудиться в лесу. Это позволяет своевременно предпринимать меры по спасению людей и охране животных, а также предотвращать негативные последствия пожаров (рис. 4). Благодаря использованию передовых технологий нейросетевого анализа данных, также открывается возможность обнаружения незаконно работающей в лесу лесозаготовительной и иной техники, что способствует более эффективному контролю за лесными ресурсами и сохранению биоразнообразия.



а) выявление задымлений и очагов возгораний; б) мониторинг миграции животных; в) поиск людей и техники

Рисунок 4 - Фрагменты использования видео и тепловизионных камер при выполнении работ по авиатруированию и мониторингу живых объектов

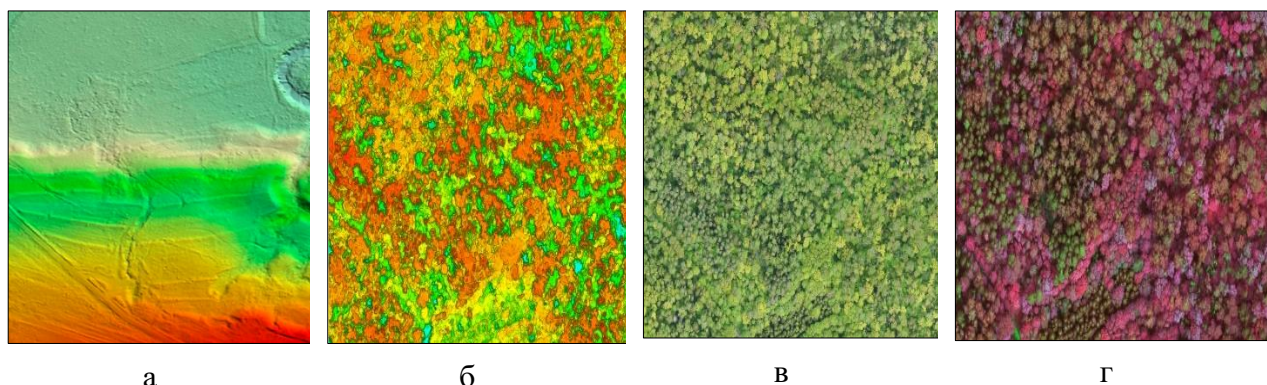
Проведение аэрофотосъемочных работ и воздушного лазерного сканирования с помощью БВС предоставляет уникальную возможность оперативно и эффективно собирать необходимую и актуальную информацию для проведения лесотаксационных и лесоустроительных работ. Это особенно ценно в контексте управления лесными ресурсами, где точность и своевременность данных играют решающую роль. Беспилотные воздушные суда, такие как дроны, обеспечивают высокую степень мобильности и гибкость при съемке. Они могут быстро и легко дотягиваться до удаленных участков леса, где использование пилотируемой авиации экономически нецелесообразно или невозможно из-за погодных ограничений. Это позволяет проводить аэрофотосъемку даже в труднодоступных местах, что обеспечивает более полное покрытие территории лесных массивов. Более того, использование беспилотников на низких высотах позволяет избежать или минимизировать влияние погодных условий, таких как облачность или осадки. Это гарантирует высокое качество снимков и данных, что является критически важным для точного проведения лесотаксационных работ. Более того, преимущество БВС заключается в их относительной простоте и безопасности использования. Они могут быть оперативно задействованы без необходимости масштабных подготовительных мероприятий и риска для пилотов. Это делает их идеальным инструментом для выполнения разнообразных лесных задач, обеспечивая оперативное получение необходимой информации для эффективного управления лесными ресурсами.

Материалы, получаемые в результате аэрофотосъемки с беспилотных воздушных судов, отличаются сверхвысоким разрешением, что позволяет получать изображения с высокой степенью детализации и точности. После фотограмметрической обработки этих материалов можно создавать цифровые модели рельефа, которые предоставляют информацию о форме и высоте поверхности земли с достаточно высокой точностью.

Кроме того, аэрофотосъемка позволяет получать высотные модели растительности, отражающие вертикальное распределение растительного покрова. Это важно для оценки структуры лесного полога и его породного состава. Ортофотопланы, создаваемые на основе



материалов аэрофотосъемки, представляют собой изображения местности, которые исправлены по геометрии и могут использоваться для создания картографического материала высокой точности. Это позволяет в деталях представить ландшафт и его изменения во времени. Высокое качество аэрофотосъёмки позволяет проводить анализ таксационных характеристик насаждений, включая породный состав древостоя, высоту деревьев, а также горизонтальную и вертикальную структуру лесного полога (рис. 5). Эти данные являются важной основой для разработки таксационных описаний и картографических материалов, используемых в лесоустроительных работах и управлении лесными ресурсами.

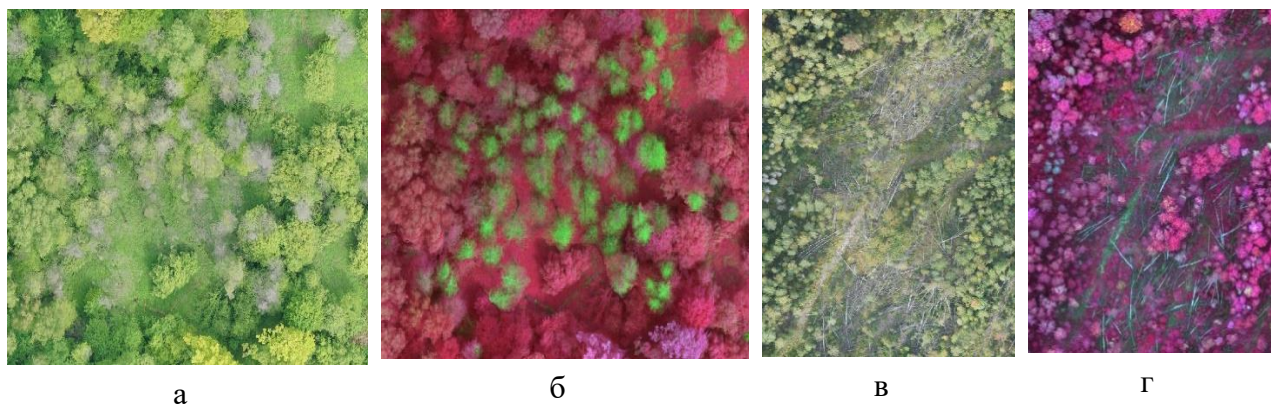


а) цифровая модель рельефа; б) цифровая высотная модель растительности;  
в) ортофотоплан в естественных цветах (RGB диапазон); г) мультиспектральный ортофотоплан.

Рисунок 5 - Фрагменты материалов дистанционного зондирования Земли, полученных с помощью БВС после фотограмметрической обработки фотоснимков и облака точек воздушного лазерного сканирования

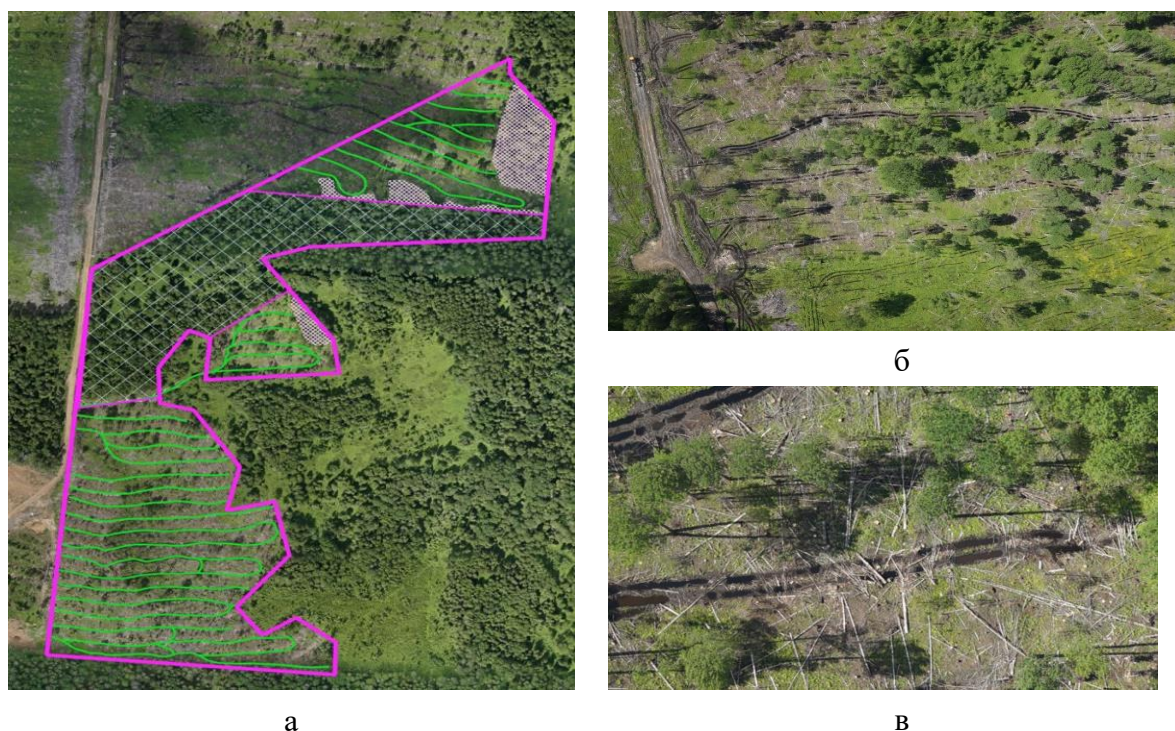
Проведение аэрофотосъемки на лесных участках имеет ряд важных преимуществ и широкий спектр применений. Это не только позволяет получить полезные данные для оценки состояния лесных ресурсов, но и становится ключевым инструментом для мониторинга состояния лесного фонда. При помощи специальных программ и алгоритмов анализа, эксперты могут выявить места, подверженные различным патологиям, таким как болезни и вредители, определить масштабы и причины этих изменений. Кроме того, аэрофотосъемка после проведения санитарных рубок позволяет оценить качество и результативность выполненных работ и дать необходимые рекомендации (рис. 6). Такой подход обеспечивает не только эффективное использование ресурсов, но и способствует сохранению лесов и их экологическую устойчивость.

Учитывая, что при ведении лесного хозяйства в защитных и эксплуатационных лесах активно проводятся различные виды лесохозяйственных мероприятий по их охране, защите, использованию и воспроизводству, то применение БАС является удобным и эффективным инструментом для оценки качества и своевременности проведённых лесохозяйственных работ. Наглядным примером может служить оценка качества проведения лесосечных работ как при уходе за лесами, так и при заготовке древесины (рис. 7).



а, б) вероятный очаг появления вредителей; в, г) оценка состояния лесного участка после проведения санитарной рубки

Рисунок 6 - Фрагменты оценки лесопатологического состояния на лесных участках.



а) ортофотоплан лесосеки, оценка организации лесосеки и ее технологических элементов;  
б, в) контроль состояния лесосеки после завершения лесосечных работ (оценка «неудовлетворительно»)

Рисунок 7 - Пример оценки качества проведения лесосечных работ

Разрешающая способность аэрофотосъемки играет ключевую роль в её прикладном применении и научных исследованиях. С постоянным развитием технологий и повышением качества оборудования, в том числе беспилотных авиационных систем, повсеместно проявляется интерес к использованию аэрофотосъемки в различных сферах деятельности. Сегодняшние возможности аэрофотосъемки позволяют получать изображения с высоким

разрешением, например, в лесной сфере от 3 до 5 см/пикс в RGB диапазоне и от 10 до 15 см/пикс в мультиспектральном диапазоне. Это позволяет с высокой точностью определять и привязывать объекты на карте, а также оценивать их характеристики. Улучшение качества изображений и возросшая точность аэрофотосъемки позволяют более эффективно решать разнообразные задачи, связанные с дистанционным мониторингом лесов и анализом окружающей среды.

Совершенствование беспилотных авиационных систем также играет важную роль в этом процессе. Увеличение продолжительности полета, улучшение управляемости, повышение надежности и безопасности полетов - все это будет способствовать расширению возможностей применения БАС. Более продвинутые системы автономного управления и интеграция современных сенсоров и информационно-справочных систем целевых нормативов управления лесными и другими природными ресурсами позволят получить более эффективные и многофункциональные решения.

### **Выводы**

1. Использование беспилотных авиационных систем в лесном хозяйстве обеспечивает эффективную аэрофотосъемку и мониторинг лесов, позволяет провести детальную таксацию насаждений, оценку состояния лесов и назначение лесохозяйственных мероприятий.

2. Применение высокоточных материалов аэрофотосъемки и анализа данных позволяет оперативно выявлять и бороться с лесопатологическими изменениями, повышая эффективность ухода за лесами.

3. Инновационные решения, такие как комбинация технологий аэрофотосъемки с искусственным интеллектом и тепловизионной съемкой, демонстрируют значительный потенциал для оптимизации лесоуправления и контроля за состоянием лесных ресурсов.

### **Список литературы**

1. Ольхин Ю. В., Гаврилова О. И., Грязькин А.В. Использование беспилотного летательного аппарата для оценки процесса формирования молодняков на вырубках // *Resources and Technology*. 2023. №3, Т. 20. С. 60–75.

2. О.В. Скуднева. Беспилотные летательные аппараты в системе лесного хозяйства России // ИВУЗ, «Лесной журнал», 2014. №6. С. 60–75.

3. Филатов А.А., Грязькин А.В., Гаврилова О. И. Оценка структуры состояния молодняков с использованием беспилотных летательных аппаратов и наземным методом *Лесной вестник / Forestry Bulletin*, 2022 Т. 26 № 4 С. 21–28.

4. <https://www.geoscan.ru/ru/blog/tag/lesnoe-khozyaystvo>.

5. [https://www.geoscan.ru/ru/blog/tag/aerofotosemka?items\\_per\\_page=9&page=0](https://www.geoscan.ru/ru/blog/tag/aerofotosemka?items_per_page=9&page=0).

6. <https://rt.petrus.ru/journal/article.php?id=7163>.

## References

1. Olkhin Yu. V., Gavrilova O. I., Gryazkin A.V. Use of an unmanned aerial vehicle to assess the process of young trees formation on clearcuts // Resources and Technology. 2023. NO. 3, T. 20. Pp. 60-75.
2. O.V. Skudneva. Unmanned aerial vehicles in the system of forestry in Russia // IVUZ, «Forestry Journal», 2014. No. 6. Pp. 60-75.
3. Filatov A.A., Gryazkin A.V., Gavrilova O.. I. Assessment of the structure of the condition of young trees using unmanned aerial vehicles and ground method Forestry Bulletin / Forestry Bulletin, 2022 Vol. 26 № 4. Pp. 21-28.
4. <https://www.geoscan.ru/ru/blog/tag/lesnoe-khozyaystvo>.
5. [https://www.geoscan.ru/ru/blog/tag/aerofotosemka?items\\_per\\_page=9&page=0](https://www.geoscan.ru/ru/blog/tag/aerofotosemka?items_per_page=9&page=0).
6. <https://rt.petsu.ru/journal/article.php?id=7163>.

DOI: 10.58168/CIRCULAR2024\_388-393

УДК 543.544

**АНАЛИЗ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ БИОУГЛЕЙ ДЛЯ ОЧИСТКИ ВОД  
ОТ ФОРМАЛЬДЕГИДА**

ANALYSIS OF THE USE OF BIOCHAR TO PURIFY WATER FROM FORMALDEHYDE

**Ходосова Н.А.**, кандидат химических наук, доцент ФГБОУ ВО «Воронежский государственный лесотехнический университет имени Г.Ф. Морозова», Воронеж, Россия.

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

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

**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.

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

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

**Аннотация:** Изучена возможность получения биоуглей карбонизацией опилок древесины хвойных и лиственных пород, определены их физико-химические параметры и сорбционная способность исходных и активированных образцов по отношению к раствору формальдегида. Активацию образцов проводили 2 М раствором КОН. Проведение активации способствует росту сорбционной способности соснового биоугля в 1,7 раза, биоугля из древесины тополя – 1,4 раза.

**Abstract:** The possibility of obtaining biochars by carbonization of sawdust of coniferous and deciduous trees was studied, their physicochemical parameters and the sorption capacity of the original and activated samples in relation to a formaldehyde solution were determined. The samples were activated with a 2 M KOH solution. Activation promotes an increase in the sorption capacity of pine biochar by 1.7 times, and biochar from poplar wood by 1.4 times.

**Ключевые слова:** древесина тополя, древесина сосны, опилки, щелочная активация, сорбция, формальдегид.

**Keywords:** poplar wood, pine wood, sawdust, basic activation, sorption, formaldehyde.

Использование адсорбционной технологии является одним из наиболее доступных способов очистки сточных вод и выбросов на предприятиях [1]. Процессы сорбционной очистки вод используются в большинстве современных отраслей промышленности. Значительное разнообразие технологических задач, решаемых с помощью сорбционных процессов, обусловлено широким спектром материалов-сорбентов, обладающих своими

достоинствами и недостатками. Можно выделить две группы: синтетические и природные сорбенты. К первой группе можно отнести ионообменные смолы, активированные угли, оксиды, гидроксиды, сульфиды, фосфаты, а также соли поликислот и гетерополикислот и проч., которые обладают высокой термо- и радиационной устойчивостью, развитой удельной поверхностью, ионообменной способностью. Однако, синтетические сорбенты обладают серьезными недостатками: дороговизна и проблемы с утилизацией отработанных материалов. Синтетические сорбенты не подвергаются биологическому распаду, поэтому отработанные материалы приходится сжигать. Природные сорбенты представлены разнообразными неорганическими (цеолиты, глины, алюмосиликаты и др) и минерально-органическими (продукты карбонизации биоотходов, торфы, угли и др) материалами. Неоспоримые преимущества природных материалов – экологичность, доступность, высокая обменная емкость, низкая стоимость. К недостаткам можно отнести полидисперсность, нестабильный состав, необходимость проведения предобработок с целью повышения сорбционной емкости.

При производстве ДСтП, фанеры, древесных композиционных материалов широко применяются карбамидо-, фенол- и меламиноформальдегидные смолы. При производстве и использовании смол и клеевых материалов, при промывке технологического оборудования цехов, образуются сточные воды, содержащие формальдегид, фенол, метанол, растворимые и нерастворимые продукты конденсации олигомеров (фенолоспиртов) и других компонентов [2].

Сорбат формальдегид - это промышленный токсикант, встречающийся в сточных водах и выбросах лакокрасочных, мебельных, химических и других производств. Формальдегид оказывает поражающее действие на дыхательные пути, кожные покровы и центральную нервную систему. Предельно допустимые концентрации: ПДК  $0,5\text{мг/м}^3$  в воздухе рабочей зоны, ПДК  $0,05\text{мг/л}$  в воде.

Обезвреживание формальдегидсодержащих стоков возможно проводить пиролизом или окислением, однако, оба способа дорогостоящие и достаточно длительные.

В ряде исследований показана возможность использования для очистки вод, содержащих формальдегид, синтетических сорбентов и природных алюмосиликатов [3,4].

Цель исследования состояла в определении способности исходных и модифицированных биоуглей, полученных на основе различных древесных пород, к сорбции формальдегида.

В работе использовались опилки хвойной и лиственной пород деревьев – сосны обыкновенной (*Pinus sylvestris*) и тополя серебристого (*Populus alba*).

Древесина сосны считается устойчивой к биологическим воздействиям, таким как распад, грибок, атаки насекомых, имеет красноватый или желтоватый оттенок, который со временем становится более интенсивным. Кроме того, сосна из-за большого содержания смолы имеет высокую стойкость к гниению. Сосновая древесина относится к породам средней плотности и твердости. Имеет плотность  $520\text{ кг/м}^3$

Древесина тополя отличается средней плотностью, до 450 кг/м<sup>3</sup>. Материал имеет мягкую древесину с огромным количеством продольных волокон. В сухом виде она белого цвета, без запаха и смол, что ценится достаточно высоко [5].

Для получения биоугля использованы опилки сосны и тополя, размер фракции 1 мм. Карбонизацию осуществляли при температуре 500°C, в закрытом реакторе, скорость нагрева 10°C/мин. Период карбонизации составляет 3 ч. Физико-химическую активацию проводили 2 М раствором гидроксида калия в течении 2-х часов. После активации образцы отмывали дистиллированной водой до pH ~ 7 и сушили при температуре 105 – 110°C. Для возрастания сорбционной способности карбонизаты предварительно активируют, это приводит к возрастанию удельной поверхности и пористости образцов, именно эти характеристики оказывают наибольшее влияние на сорбционную способность материалов [6,7].

Сорбцию формальдегида определяли в статических условиях при постоянной температуре 21°C. Для определения адсорбционной емкости к 0,5 г сорбента добавляют 0,025 дм<sup>3</sup> раствора формальдегида указанной концентрации, накрывают крышкой, встряхивают и оставляют на 2 часа для достижения сорбционного равновесия. После этого раствор фильтруют через бумажный фильтр и сульфитным методом определяют равновесную концентрацию. Величину поглощенного формальдегида определяли по формуле

$$A = \frac{(C_n - C_p) * V}{m}, \quad (1)$$

где A – равновесная сорбционная емкость, мг/г, C<sub>n</sub> – начальная концентрация раствора, моль/л, C<sub>p</sub> – равновесная концентрация раствора, моль/л, V – объем раствора, л, m – масса образца, г.

Для образцов исходных и модифицированных биоуглей определены влажность, pH и насыпная плотность, представленные в табл. 1.

Таблица 1 - Физико-химические характеристики исходных и активированных биоуглей

Образец	Влажность, W, %	Насыпная плотность, г/л	pH
УС	3,4	197,6	6,8
УС+2 М КОН	4,2	335,4	7,2
УТ	3,7	378,5	7,0
УТ+2 М КОН	4,3	405,7	7,2
Примечание: УС, УТ – биоуголь сосна, тополь; УТ(С) + 2 М КОН - биоуголь, модифицированный раствором КОН			

Проведение предварительной активации возможно осуществлять физическими и химическими методами: термоактивацией, ультразвуком, различными видами излучений, растворами оснований, солей, кислот и др. По данным исследователей [8], воздействие щелочных растворов способствует возрастанию удельной поверхности и пористости.

В случае щелочной активации биоуглей, полученных на основе различных древесных опилок, отмечается значительный рост насыпной плотности биоугля в 1,1-1,7 раза, что связано с уменьшением размера частиц образцов.

Для образцов биоуглей получены изотермы сорбции формальдегида из водных растворов (рис.1).

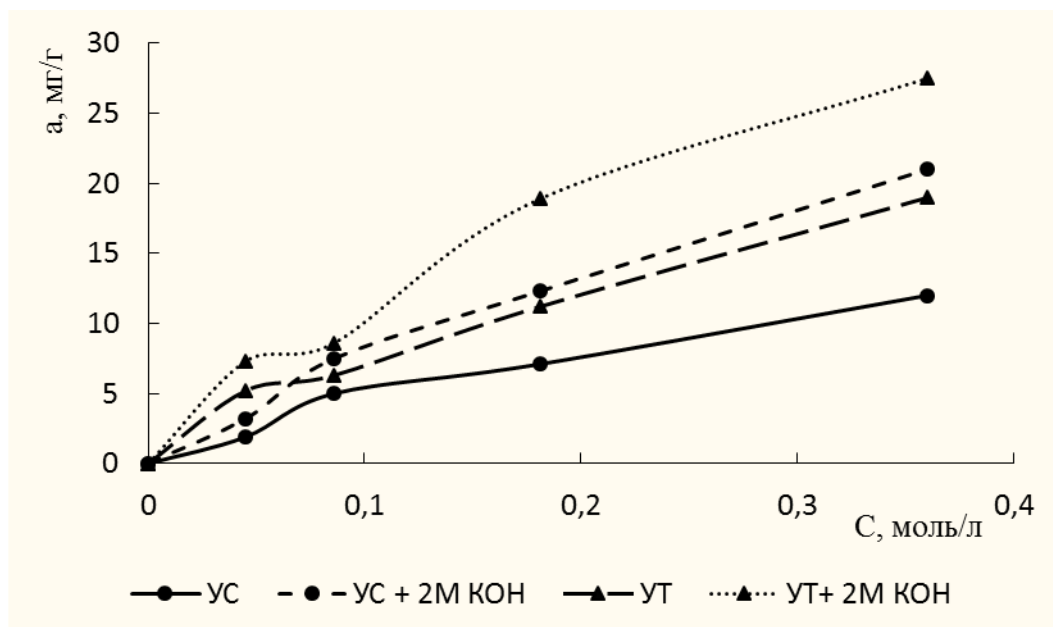


Рисунок 1 - Изотермы сорбции на образцах биоуглей

Для всех исследуемых образцов изотермы имеют схожий вид. Для образцов соснового биоугля в области малых концентраций отмечается вогнутый вид изотермы, который свидетельствует о большем взаимодействии молекул адсорбата между собой, чем о взаимодействии сорбент-сорбат. Для биоугля, полученного на основе древесины тополя характерен выпуклый вид изотермы на начальном участке, что позволяет говорить о более сильном взаимодействии между молекулами сорбата и сорбента. Сорбция формальдегида биоуглем из опилок лиственной породы (тополя) выше, вероятно это обусловлено отсутствием смолы в древесине и большего объема пор. Проведение щелочной активации приводит к возрастанию сорбции на всех образцах биоуглей: соснового - в 1,7 раза, биоугля из тополя – 1,4 раза.

### 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, pp.139-158. <https://doi.org/10.1080/15422119.2019.1630430>.

2. Анохин, А. Е. Сбор и утилизация формальдегидсодержащих жидких стоков: обзорная информация / А. Е. Анохин. - М.: ВНИИ-ПИЭИлеспром, 1992. - Вып. 6. - 34 с



3. Зыков И.Ю., Иванов Н.Н., Федорова Н.И., Исмагилов З.Р. Исследование сорбции формальдегида композитными сорбентами на основе бурого угля и оксида марганца. Вестник Кузбасского государственного технического университета. 2021. № 5, с. 57-63. DOI: <https://doi.org/10.26730/1999-4125-2021-5-57-63>.

4. Khodosova N.A., Novikova L.A., Tomina E.V., Belchinskaya L.I., Zhabin A.V., Kurkin N.A., Krupskaya V.V., Zakusina O.V., Koroleva T.V., Tyupina E.A., Vasiliev A.N., Kazin P.E. Magnetic nanosorbents based on bentonite and CoFe<sub>2</sub>O<sub>4</sub> spinel. Minerals. 2022. T. 12. № 11. С. 1474. DOI: <https://doi.org/10.3390/min12111474>.

5. Уголев Б.Н. Древесиноведение и лесное товароведение: учеб. М.: МГУЛ, 2007. 351 с.

6. Sajjadi B., Chen W.Y., Egiebor N.O. A comprehensive review on physical activation of biochar for energy and environmental applications. Reviews in Chemical Engineering. 2019. 35. 735–776. DOI: <https://doi.org/10.1515/revce-2017-0113>.

7. Томина Е.В., Ходосова Н.А., Лукин А.Н. Сорбционно-поверхностные характеристики модифицированного биоугля, полученного при карбонизации опилок сосны. Сорбционные и хроматографические процессы. 2022. Т. 22. № 4. С. 442-452. DOI: <https://doi.org/10.17308/sorpchrom.2022.22/10600>.

8. 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 corc. 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, pp.139-158. DOI: <https://doi.org/10.1080/15422119.2019.1630430>.

2. Anohin, A. E. Collection and disposal of formaldehyde-containing liquid waste: overview information / A. E. Anohin. - М.: NNII-PIEИеспrom, 1992. - V. 6. - 34 p.

3. Zikov I.Yu., Ivanov N.N., Fedorova N.I., Ismagilov Z.P. Study of formaldehyde sorption by composite sorbents based on brown coal and manganese oxide. Vestnik Kuzbasskogo gosudarstvennogo techniceskogo universiteta. 2021. № 5, p. 57-63. DOI: <https://doi.org/10.26730/1999-4125-2021-5-57-63>.

4. Khodosova N.A., Novikova L.A., Tomina E.V., Belchinskaya L.I., Zhabin A.V., Kurkin N.A., Krupskaya V.V., Zakusina O.V., Koroleva T.V., Tyupina E.A., Vasiliev A.N., Kazin P.E. Magnetic nanosorbents based on bentonite and CoFe<sub>2</sub>O<sub>4</sub> spinel. Minerals. 2022. Vol. 12. № 11. P. 1474. DOI: <https://doi.org/10.3390/min12111474>.

5. Ugolev B.N. Wood science and forest commodity science: textbook. М.: MGYL, 2007. 351 p.

6. Sajjadi B., Chen W.Y., Egiebor N.O. A comprehensive review on physical activation of biochar for energy and environmental applications. Reviews in Chemical Engineering. 2019. 35. 735–776. DOI: <https://doi.org/10.1515/revce-2017-0113>.

7. Tomina E.V., Khodosova N.A., Lukin A.N. sorption and surface properties of modified biochar obtained as a result of carbonization of pine sawdust. *Sorption and Chromatographic Processes*. 2022. V. 22. № 4. P. 442-452. DOI: <https://doi.org/10.17308/sorpchrom.2022.22/10600>.

8. 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 corc. *Journal of Analytical and Applied Pyrolysis*. 2006. V.73. P. 120-127.

DOI: 10.58168/CIRCULAR2024\_394-400

УДК 674.05

**УЛУЧШЕНИЕ КАЧЕСТВА ЛЕСОПРОДУКЦИИ ПУТЕМ ЗАМЕНЫ ИМПОРТНЫХ  
СРЕДСТВ ИЗМЕРЕНИЙ**

**IMPROVING THE QUALITY OF FOREST PRODUCTS BY REPLACING IMPORTED  
MEASURING INSTRUMENTS**

**Шабанов М.Л.**, кандидат технических наук, доцент ФГБОУ ВО «Воронежский государственный лесотехнический университет имени Г.Ф. Морозова», Воронеж, Россия.

**Черников Э.А.**, кандидат технических наук, доцент 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.

**Шабанов Р.М.**, студент ФГБОУ ВО «Воронежский государственный лесотехнический университет имени Г.Ф. Морозова», Воронеж, Россия.

**Shabanov M.L.**, candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Voronezh State University of Forestry and Technologies named after G.F. Morozov, Voronezh, Russia.

**Chernikov E.A.**, candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Voronezh State University of Forestry and Technologies named after G.F. Morozov, Voronezh, Russia.

**Storodubtseva T.N.**, doctor of Technical Sciences, Professor, Voronezh State University of Forestry and Technologies named after G.F. Morozov, Voronezh, Russia.

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

**Аннотация:** Научная статья посвящена исследованию возможностей повышения качества лесопродукции путем замены импортных изделий на современные отечественные аналоги. В статье рассматривается современное состояние использования импортных измерительных приборов в лесном хозяйстве, их влияние на качество продукции, эффективность процессов лесозаготовок и производства древесины. Проанализирована экономическая эффективность и потенциал экономического роста при переходе на отечественные средства измерения. Также рассматриваются новые методы измерения, их влияние на качество лесопродукции и возможности улучшения производственных процессов. В заключении представлены выводы о внедрении замены импортных показателей для повышения качества лесопродукции, достижения экономической эффективности и обеспечения развития лесного сектора.

**Abstract:** The scientific article is devoted to the study of the possibilities of increasing the quality of forest products by replacing imported products with modern domestic counterparts. The article examines the current state of the use of imported measuring instruments in forestry, their impact on product quality, the efficiency of logging and wood processing. The economic efficiency

and potential for economic growth when switching to domestic measurement tools have been analyzed. New measurement methods and their impact on the quality of forest products and the possibility of improving production processes have also been considered. The conclusion presents the results of the study, emphasizing the importance of replacing imported measurement instruments to improve the quality of forest products, achieve economic efficiency, and ensure the development of the forestry sector.

**Ключевые слова:** качество лесной продукции, импортные измерительные приборы, отечественные аналоги, эффективность производства, экономическая эффективность, экономический рост, методы измерения, производственные процессы, замена импортных средств измерений, развитие лесного сектора, стандартизация, сертификация, метрология, деревообрабатывающая промышленность, лесная промышленность, лесные ресурсы, устойчивое развитие, инновации, контроль качества, эффективность производства.

**Keywords:** quality of forest products, imported measuring instruments, domestic counterparts, production efficiency, economic efficiency, economic growth, measurement methods, production processes, replacement of imported measuring devices, development of the forestry sector, standardization, certification, metrology, wood processing industry, forestry industry, forest resources, sustainable development, innovations, quality control, production efficiency.

В современном мире, где устойчивое развитие и экологическая ответственность становятся все более важными, вопросы качества лесопродукции и ее методов приобретают особое значение. Одним из ключевых аспектов повышения эффективности лесного хозяйства является замена импортных измерений на более современные и эффективные альтернативы. Этот подход не только поддерживает качество лесопродукции, но и способствует снижению зависимости от иностранных технологий и ресурсов [1]. В данной статье рассмотрена замена импортных средств измерений на отечественные для повышения качества лесопродукции и обеспечения развития лесного сектора.

Улучшения качества лесной продукции за счет замены импортных измерительных приборов дает возможность к более широкому взгляду на эту тему. В нем предлагается глубже изучить последствия и преимущества перехода на отечественные инструменты измерения лесной продукции. Расширяя сферу анализа и учитывая различные аспекты, такие как технологические достижения, воздействие на окружающую среду, экономические выгоды и устойчивость, можно достичь более полного понимания потенциальных улучшений качества лесной продукции. Такой более широкий подход позволяет более целостно оценить преимущества и проблемы, связанные с заменой импортных измерительных приборов, открывая путь для принятия обоснованных решений и эффективных стратегий реализации в лесном секторе.

Основная цель научного исследования заключается в изучении потенциальных преимуществ и проблем, связанных с переходом от импортных средств измерений к отечественным альтернативам в лесном секторе.

Исследование направлено на:

- оценку текущего состояния импортных измерительных приборов, используемых в лесном секторе. Это включает в себя анализ типов используемых импортных измерительных приборов, их точности, эффективности и экономичности, а также их влияния на качество лесной продукции;

- выявление и оценку отечественных альтернатив импортным средствам измерений. Это включает в себя определение отечественных средств измерений, которые могут заменить импортные, оценку их производительности, точности и экономической эффективности, а также сравнение их с импортными аналогами.

- изучение потенциальной выгоды от замены импортных измерительных приборов отечественными альтернативами. Это включает в себя оценку потенциальных экономических, экологических и социальных выгод от перехода на отечественные измерительные приборы, таких как экономия затрат, снижение зависимости от импортного оборудования.

Анализ проблем и препятствий на пути внедрения отечественных средств измерений, таких как недостаточная осведомленность, сопротивление изменениям, отсутствие технических знаний и нормативные барьеры, а также предложение стратегий по их преодолению.

Анализ существующих импортных средств измерений в лесной отрасли позволяет выявить несколько ключевых проблем и возможностей.

Во-первых, современное состояние лесной отрасли характеризуется наличием частной собственности на средства производства, что определяет вектор развития отрасли. Инвестиционные решения принимаются на основе оценки привлекательности капитальных вложений частным бизнесом. Однако существует ряд проблем, сдерживающих развитие лесной отрасли, в том числе отсутствие достоверной и актуальной информации об имеющихся лесных ресурсах, отсутствие районирования лесной территории РФ по интенсивности лесного хозяйства, и отсутствие института приоритетных инвестиционных проектов в области освоения лесов [2, 3].

Во-вторых, лесная отрасль требует использования современных инновационных научно-технических достижений и значительной модернизации, направленной на коренное обновление всех сфер деятельности. Переориентация лесной отрасли необходима в связи с необходимостью устойчивого лесопользования в условиях усложняющихся проблем сохранения и использования лесов, а также необходимостью соответствия международным требованиям.

В-третьих, в лесной отрасли широко распространено использование импортных средств измерений. Например, в Ханты-Мансийском автономном округе товарооборот лесной отрасли имеет положительные темпы роста, а экспорт пиломатериалов достигает до 145 тысяч кубометров в год. В состав холдинга входят такие производственные предприятия, как ОАО «Лесопромышленный комплекс», занимающееся лесозаготовкой и лесопилением, и ООО «Лесстройтранс».

В-четвертых, использование современных средств измерений в лесной промышленности может способствовать повышению качества лесной продукции, расширению лесозаготовок, лесопиления, снабжения сырьем производственных предприятий для производства плит. Создание комплексов с участием средств бюджета автономного округа позволило сформировать открытое акционерное общество "Югорский лесопромышленный холдинг", в состав которого входит ООО "Лесопильный завод Югры".

В заключение анализа существующих импортных средств измерений в лесной отрасли подчеркивает необходимость модернизации и использования инновационных научно-технических достижений для повышения качества лесной продукции и обеспечения устойчивого лесопользования. Использование отечественных средств измерений может способствовать развитию лесной отрасли, снизить зависимость от импортного оборудования, соответствовать международным требованиям.

На данный момент проведены работы по импортозамещению средств измерения:

- разработаны «Программы импортозамещения измерительной техники на 2023 - 2030 годы»;

- разработан «Перечень средств измерений отечественного производства, аналогичных средствам измерений импортного производства»;

- разработан «План мероприятий по импортозамещению измерительного, в том числе, метрологического и лабораторного оборудования на период 2024 года».

Данные мониторинга Федерального информационного фонда о средствах измерений действующих на данный момент представлены на рисунке 1. Более 60 % применяемых средств измерений утвержденных типов являются отечественного производства.

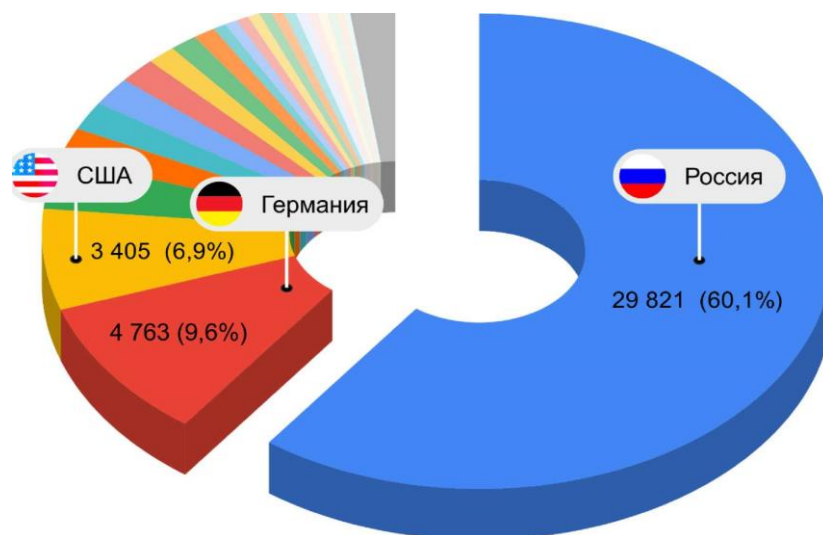


Рисунок 1 - Данные мониторинга Федерального информационного фонда по импортозамещению средств измерений на 2023 г.

Из предоставленных источников можно провести анализ экономической эффективности и экономического роста, а также новые методы измерения для повышения качества лесопродукции за счет замещения импортных средств измерения [1, 4].

Экономическая эффективность и экономический рост:

- инвестиции в лесные ресурсы и модернизация лесопромышленных предприятий, которые обеспечивают устойчивое лесопользование и развитие отрасли. Общие капиталовложения в инвестиционные проекты в лесном хозяйстве позволяют добиться значительного экономического роста;

- принципы учитывают лесопользование и усиленные модели управления лесными активами, контролируют эффективность использования лесных ресурсов и стимулируют экономический рост;

- развитие научно-технических достижений и модернизация лесного хозяйства для улучшения управления лесами, что обеспечивает устойчивое развитие отрасли и ведет к увеличению производственных мощностей.

Новые методы измерения:

- стандартизация процессов сортировки древесины и учета сортиментов в лесных хозяйствах играет ключевую роль в организации эффективного управления оборотом сортиментов и обеспечивает прослеживаемость поставок, что обеспечивает эффективность и устойчивость снабжения лесопромышленных предприятий;

- использование математических моделей качества и новых методов измерения при нормировании и регламентации качества лесопродукции позволяет базировать процессы на объективных критериях и повышать эффективность производства;

- внедрение современных методов измерения и контроля качества древесины и лесопродукции обеспечивает соблюдение стандартов, повышение качества продукции и увеличение доли рынка.

Таким образом, экономическая эффективность и экономический рост в лесном секторе могут быть достигнуты за счет инвестиций, модернизации и устойчивого лесопользования, новых методов измерения, включая стандартизацию и математические модели качества [3, 5].

Тема повышения качества лесной продукции путем замены импортных средств измерений является актуальной и важной проблемой для лесной отрасли. Анализ существующих импортных средств измерений в лесной промышленности показывает, что они оказывают существенное влияние на качество лесопродукции, эффективность лесозаготовок и лесопильных работ, снабжение сырьем производственных предприятий по выпуску плит.

Использование импортных средств измерений в лесной отрасли может быть заменено отечественными аналогами, что может способствовать развитию лесной отрасли, снизить зависимость от импортного оборудования и соответствовать международным требованиям. Переход на отечественные измерительные приборы может привести к значительным экономическим выгодам, включая экономию средств, расширение возможностей трудоустройства на местах и снижение выбросов углекислого газа.

Реализация программы импортозамещения средств измерения на отечественную продукцию, по последним данным мониторинга на 2023 год показала, что на данный момент выполнено на 20 %, осталось на прежнем уровне 29,1 %, сохраняется тенденция по увеличению доли отечественных средств измерений 50,9 %.

Однако внедрение отечественных измерительных приборов в лесной отрасли не лишено проблем и препятствий, таких как недостаточная осведомленность, отсутствие технических знаний и нормативной базы. Чтобы преодолеть эти проблемы, необходимо разработать стратегии повышения осведомленности, накопления технического опыта и преодоления нормативных барьеров.

В заключении отметим, что замена импортных средств измерений отечественными аналогами в лесной отрасли может привести к значительному улучшению качества лесной продукции, экономической выгоде и устойчивому развитию лесной отрасли. Однако необходимо тщательно рассмотреть проблемы и барьеры, связанные с внедрением отечественных средств измерений, и разработать стратегии их успешного внедрения.

### Список литературы

1. Об утверждении Плана мероприятий по импортозамещению измерительного, в том числе метрологического, оборудования на период до 2024 года : Приказ Министерства промышленности и торговли РФ от 01.04.2022 №1189 // Главный форум метрологов : [сайт]. – URL: [https://info.metrologu.ru/npa/prikazy/prikazy\\_219.html](https://info.metrologu.ru/npa/prikazy/prikazy_219.html) (дата обращения: 20.04.2024).

2. РМГ 61-2010 Государственная система обеспечения единства измерений. Показатели точности, правильности, прецизионности методик количественного химического анализа. Методы оценки // Техэксперт: Электронный фонд правовой и нормативно-технической документации. – URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200146871>

3. Соколов А.О. Что такое импортозамещение и зачем оно проводится? / А. О. Соколов // Финансовая азбука. – 2023 – URL: <https://www.finam.ru/publications/item/chto-takoe-importozameshenie-i-zachem-ono-provoditsya-20230510-143900/> (дата обращения: 20.04.2024).

4. Федеральное агентство по техническому регулированию и метрологии (Росстандарт) : официальный сайт. – URL: <https://www.rst.gov.ru/portal/gost/> (дата обращения: 20.04.2024).

5. Онлайн-сервис «Импортозамещение средств измерений» : официальный сайт / Всероссийский научно-исследовательский институт метрологической службы (ВНИИМС). – URL: <https://import-net.vniims.ru/> (дата обращения: 20.04.2024).



## References

1. On approval of the Action Plan for import substitution of measuring, including metrological, equipment for the period until 2024: Order of the Ministry of Industry and Trade of the Russian Federation dated 04/01/2022 No. 1189 // Main Forum of Metrologists: [website]. – URL: [https://info.metrologu.ru/npa/prikazy/prikazy\\_219.html](https://info.metrologu.ru/npa/prikazy/prikazy_219.html) (access date: 04/20/2024).
2. RMG 61-2010 State system for ensuring the uniformity of measurements. Indicators of accuracy, correctness, precision of methods of quantitative chemical analysis. Assessment methods // Techexpert: Electronic fund of legal and regulatory technical documentation. – URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200146871>
3. Sokolov A.O. What is import substitution and why is it carried out? / A. O. Sokolov // Financial ABC. – 2023 – URL: <https://www.finam.ru/publications/item/chto-takoe-importozameshenie-i-zachem-ono-provoditsya-20230510-143900/> (date of access: 04/20/2024).
4. Federal Agency for Technical Regulation and Metrology (Rosstandart): official website. – URL: <https://www.rst.gov.ru/portal/gost/> (access date: 04/20/2024).
5. Online service “Import substitution of measuring instruments”: official website / All-Russian Scientific Research Institute of Metrological Service (VNIIMS). – URL: <https://import-net.vniims.ru/> (access date: 04/20/2024).

DOI: 10.58168/CIRCULAR2024\_401-405

УДК 630\*812

**ИСПОЛЬЗОВАНИЕ УГЛЕКИСЛОГО ГАЗА ОТ ПИРОЛИЗА ОТХОДОВ  
ДЕРЕВОПЕРЕРАБОТКИ ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ ЦЕННЫХ ПРОДУКТОВ  
ИЗ БИОМАССЫ МИКРОВОДОРОСЛЕЙ**

UTILIZATION OF CARBON DIOXIDE FROM PYROLYSIS OF WOODWORKING WASTE  
TO OBTAIN VALUABLE PRODUCTS FROM MICROALGAE BIOMASS

**Шамаев В.А.**, доктор технических наук, профессор ФГБОУ ВО «Воронежский государственный лесотехнический университет имени Г.Ф. Морозова, Воронеж, Россия.

**Медведев И.Н.**, кандидат технических наук, доцент кафедры промышленного транспорта, строительства и геодезии ФГБОУ ВО «Воронежский государственный лесотехнический университет имени Г.Ф. Морозова», Воронеж, Россия.

**Руссу А.В.**, аспирант ФГБОУ ВО «Воронежский государственный лесотехнический университет имени Г.Ф. Морозова, Воронеж, Россия.

**Shamaev V.A.**, doctor of Technical Sciences, professor, Voronezh State University of Forestry and Technologies named after G.F. Morozov, Voronezh, Russia.

**Medvedev I.N.**, candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Department of industrial transport, construction and geodesy, Voronezh State University of Forestry and Technologies named after G.F. Morozov, Voronezh, Russia.

**Russu A.V.**, postgraduate, Voronezh State University of Forestry and Technologies named after G.F. Morozov, Voronezh, Russia.

**Аннотация:** Для решения проблемы снижения выбросов углекислого газа в атмосферу и повышения эффективности энергогенерирующих установок и технологических процессов, использующих ископаемое топливо. В основе предлагаемого способа лежит использование бросовой энергии указанных установок, которая безвозвратно теряется с дымовыми газами. Утилизация этой энергии, углекислого газа и паров воды в составе дымовых газов дает возможность повысить эффективность такой энергогенерации примерно на 20% и одновременно снизить парниковый эффект, создаваемый «углеродным следом». Авторами предлагается направлять этот поток дымовых газов на модули по выращиванию микроводорослей с целью получения из их биомассы различных ценных продуктов. Разработан промышленный способ выращивания сырья для различных продуктов, который не зависит от климатических условий.

**Abstract:** To solve the problem of reducing carbon dioxide emissions into the atmosphere and improving the efficiency of energy generating plants and technological processes using fossil fuels. The proposed method is based on the use of waste energy from these installations, which is irretrievably lost with flue gases. Utilization of this energy, carbon dioxide and water vapor in the composition of flue gases makes it possible to increase the efficiency of such energy generation by about 20% and at the same time reduce the greenhouse effect created by the «carbon footprint». The

authors propose to direct this flue gas flow to microalgae cultivation modules in order to obtain various valuable products from their biomass. An industrial method of growing raw materials for various products has been developed, which does not depend on climatic conditions.

**Ключевые слова:** пиролиз, углекислый газ, энергогенерирующая установка, дымовые газы, ископаемое топливо, микроводоросли.

**Keywords:** pyrolysis, carbon dioxide, power generating plant, flue gases, fossil fuels, microalgae.

Заготовка древесины и дальнейшая её переработка, включая технологии производства модифицированной древесины, не обходятся без неликвидных остатков древесины и соответствующих отходов. Щепы, опилки, обрезки, стружка, сучки и спилы всех форм и размеров: это неполный перечень того, что оставляет после себя деревоперерабатывающая промышленность. Большая часть отходов используется для отопления помещений, и как тепло-энергоноситель для производства. Выделяющийся при пиролизе углекислый газ попросту выбрасывается в атмосферу, нанося огромный вред окружающей среде.

Использование углекислого газа из пиролиза древесных отходов для производства ценных продуктов из биомассы микроводорослей - это перспективное направление [5-7]. Технология газификации твердых топлив развивается с целью увеличения длительности процесса горения и получения твердых (древесный уголь и кокс), жидких (смолы и другие) продуктов термического разложения топлива [1-4]. Однако газообразные продукты, которые неизбежно выделяются во время этого процесса, ранее не использовались и считались побочными продуктами.

Разработанная принципиальная схема производства продукта от использования углекислого газа от пиролиза отходов древесины для получения растительной биомассы представлена на рис. 1.

Реализация технологии предполагает использование отходов лесозаготовки и деревообработки путем сжигания и улавливания углекислого газа с переводом его в сжатое состояние в баллонах.

На лесосеках отходы древесины в виде кроны деревьев, сучьев, пней, кусков ствола собираются на верхнем складе и измельчаются на стандартных рубительных машинах до крупноразмерной щепы и щеповозами транспортируются на нижний склад, где соединяются с отходами деревообработки в виде опилок, стружки, щепы, коры, кусковых отходов.

Древесная масса на нижнем складе подается на котельные установки, где происходит сжигание с получением тепла и электроэнергии. Эта технология известна и применяется в ряде стран за рубежом и в компании «Илим-Палм» в России.

Новым в технологии является технология рециклинга углекислого газа, являющегося составной частью продуктов горения (примерно 15 % от всего объема), т.е. применение продуктов горения, разделение смеси на фракции, и закачка углекислого газа в баллоны.

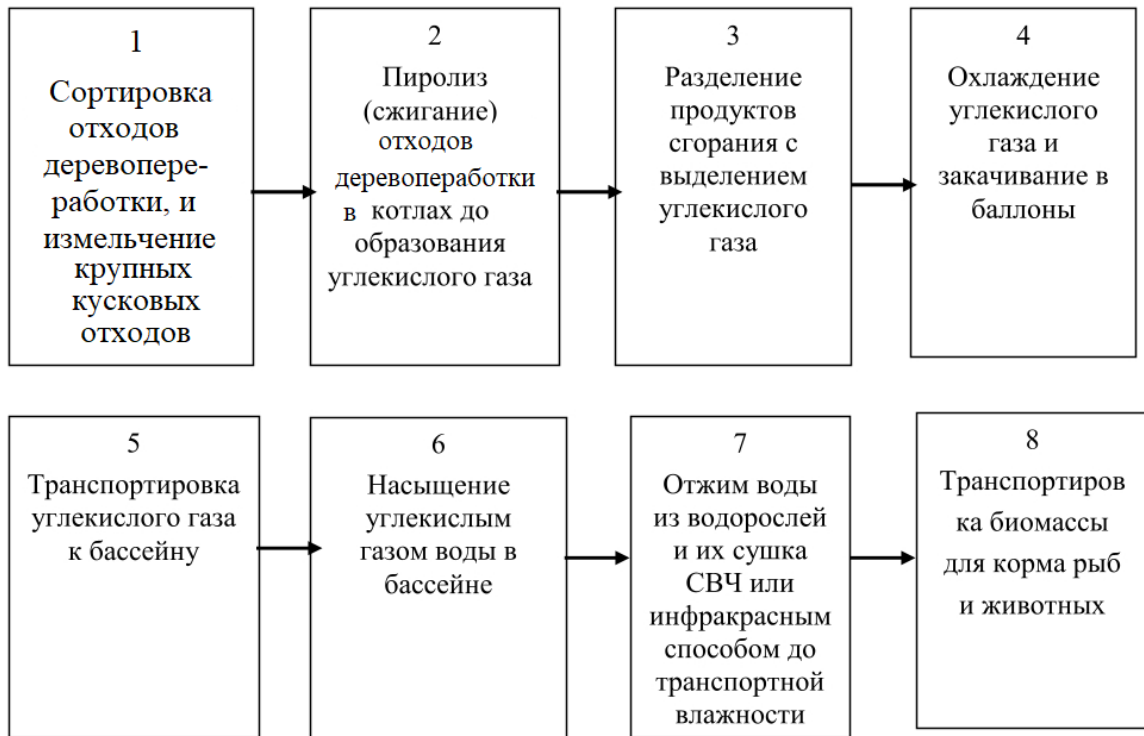


Рисунок 1 – Принципиальная схема производства продукта при использовании углекислого газа от пиролиза отходов древесины для получения растительной биомассы

Создание пилотной установки по выращиванию микроводорослей является неотъемлемой частью реализации технологии. Установка представляет бассейн (биореактор) через который продувается углекислый газ. Поддержание температуры, освещение необходимое для фотосинтеза микроводорослей типа Хлорелла обеспечиваются работой дизель - генератора.

Полученный газ закачивается в биореактор и туда же подается семенной материал водорослей. При барботировании углекислого газа через воду срок выращивания водорослей сокращается с двух лет до двух месяцев, а с применением биостимуляторов до 20 дней.

Завершающей технологической стадией проекта является извлечение водорослей из контейнеров, отжим воды и подсушка до транспортной влажности 15-20 % на стандартном оборудовании целлюлозно-бумажных производств с небольшой модернизацией. Полученный листовой материал форматируется, упаковывается и отправляется потребителю.

Продукцией завода будет сырье из микроводорослей Хлорелла для добавок в корма, производства биопластика и других ценных продуктов для внутреннего рынка и экспорта.

Планируемая производительность завода (1 линия) – 7 тыс. тонн биокорма в год, что дает реализацию продукции на сумму 350 млн. руб. Таким образом, основной эффект от реализации технологии – социальный и заключается он в рециклинге углекислого газа и уменьшении загрязненности атмосферы, а также утилизации отходов древесины и получения сырья для кормовых добавок.

### Список литературы

1. Пат. 151251 Российская Федерация МПК A01G 31/02(2006.01), Установка для выращивания микроводорослей / И. Ф. Котловкер; заявитель и патентообладатель Котловкер Илья Федорович (RU). - № 2014135012/13; заявл. 26.08.2014; опубл. 27.03.2015 Бюл. №9.
2. Шинкарев С. М. Перспектива развития технологии производства микроводорослей / С. М. Шинкарев, А. Я. Самуйленко, С. А. Гринь, Л. А. Неминущая, Т. А. Скотникова, И. В. Павленко, А. В. Канарский // Вестник технологического университета. – 2017. – № 14(20). – С. 146-149.
3. Чернова Н. И. Биотопливо из водорослей: технологии, продуктивность, перспективы / Н. И. Чернова, С. В. Киселёва // Энергия : экономика, техника, экология. - 2014. – №8. С. 24-32.
4. ГОСТ Р 56508–2015. Продукция органического производства. Правила производства, хранения, транспортирования. – М. : Стандартиформ, 2015. – 79 с.
5. Beal C.M. Integrating Algae with Bioenergy Carbon Capture and Storage Increases Sustainability / C.M. Beal // Journal of Earth's Future. - 2018. – p. 6.
6. Fajardy M. The Energy Return On Investment of negative emissions: is BECCS a threat to energy security? / M. Fajardy and N. Mac Dowell // Journal of Energy and Environmental Science. - 2018. – Vol.11. - p. 1581-1594.
7. Ilvitskaya S. V. Visual comfort in the organic architecture of an individual residential building / S. V. Ilvitskaya, T. V. Lobkova and V. A. Lobkov. // Journal of Materials Science and Engineering. - 2020. - Vol.944. DOI: 10.1088/1757-899X/944/1/012020.

### References

1. Patent 151251 Russian Federation, IPC A01G 31/02(2006.01), Plant for growing microalgae / I. H. Kotlovker; applicant and patent holder Viktor Ilyadorovich (RU). - No. 2014135012/13; application. 08/26/2014; publ. 03/27/2015 Issue No. 9.
2. Shinkarev S. M. Prospects for the development of microalgae production technology / S. M. Shinkarev, A. Ya. Samuilenko, S. A. Grin, L. A. Neminuschaya, T. A. Skotnikova, I. V. Pavlenko, A.V. Kanarsky // Bulletin of the Technological University. – 2017. – № 14(20). – Pp. 146-149.
3. Chernova N. I. Biofuels from algae: technologies, productivity, prospects / N. I. Chernova, S. V. Kiseleva // Energy : economics, technology, ecology. - 2014. – No.8. pp. 24-32.
4. GOST R 56508-2015. Organic products. Rules of production, storage, transportation. – М. : Standartinform, 2015. – 79 p
5. Biel K.M. Integration of algae into bioenergy for carbon capture and storage increases sustainability / K.M. Biel // Journal of the Future of the Earth. - 2018. – p. 6.

6. Fajardi M. Energy return on investment in negative emissions: does BECCS pose a threat to energy security? / M. Fajardi and N. McDowell // *Journal of Energy and Environment*. - 2018. – Volume 11. - pp. 1581-1594.

7. Ivitskaya S. V. Visual comfort in the organic architecture of an individual residential building / S. V. Ivitskaya, T. V. Lobkova, V. A. Lobkov. // *Journal of Materials Science and Engineering*. - 2020. - Volume 944. DOI: 10.1088/1757-899X/944/1/012020.

DOI: 10.58168/CIRCULAR2024\_406-411

УДК 674.038

**УСПЕХИ И ПРОБЛЕМЫ МОДИФИЦИРОВАННОЙ ДРЕВЕСИНЫ**  
**SUCCESSSES AND PROBLEMS OF MODIFIED WOOD**

**Шамаев В.А.**, доктор технических наук, профессор ФГБОУ ВО «Воронежский государственный лесотехнический университет имени Г.Ф. Морозова, Воронеж, Россия.

**Shamaev V.A.**, doctor of Technical Sciences, professor, Voronezh State University of Forestry and Technologies named after G.F. Morozov, Voronezh, Russia.

**Медведев И.Н.**, кандидат технических наук, доцент кафедры промышленного транспорта, строительства и геодезии ФГБОУ ВО «Воронежский государственный лесотехнический университет имени Г.Ф. Морозова», Воронеж, Россия.

**Medvedev I.N.**, candidate of Technical Sciences, docent of the Department of industrial transport construction and geodesy, Voronezh State University of Forestry and Technologies named after G.F. Morozov, Voronezh, Russia.

**Трубников Н.А.**, кандидат технических наук, ООО «Модификация», Воронеж, Россия.

**Trubnikov N.A.**, candidate of Technical Sciences, «Modification» LLC, Voronezh, Russia.

**Руссу А.В.**, аспирант ФГБОУ ВО «Воронежский государственный лесотехнический университет имени Г.Ф. Морозова, Воронеж, Россия.

**Russu A.V.**, postgraduate, Voronezh State University of Forestry and Technologies named after G.F. Morozov, Voronezh, Russia.

**Аннотация:** В статье дается сравнительный анализ современных технологий получения различных марок модифицированной древесины, таких как Ассожа, кебону, Belmadur, Дестам, Woodest, Thermowood и другие. Приводится краткое описание новых технологий модифицирования, разработанных в Воронежском государственном лесотехническом университете.

**Abstract:** The article provides a comparative analysis of modern technologies for producing various grades of modified wood, such as Acsoja, kebony, Belmadur, Destam, Woodest, Thermowood and others. A brief description of new modification technologies developed at the Voronezh State Forestry University is provided.

**Ключевые слова:** модифицирование древесины, технологии пропитки, прессование, сушка.

**Keywords:** wood modification, impregnation technologies, pressing, drying.

В 30-60-х годах XX века наблюдался бурный рост выпуска модифицированной древесины, создавались все новые и новые предприятия. Требовался прочный и легкий материал для изготовления деталей трения: ткацкие челноки, подшипники скольжения, дейдвудные втулки. За рубежом были освоены производства модифицированной древесины

марок Zignoston, Steibwood, Zignomer, Zignamon и другие [1-4]. Эти производства закрылись поле массового распространения пластмасс.

Второй этап развития модифицированной древесины обозначился в начале XXI века и связан с тем, что производство плитных материалов из измельченной древесины, например древесностружечные и древесноволокнистые плиты, исчерпали себя. Их производство в течение последних десятилетий практически не растет. Производство древесно-полимерных композиционных материалов тоже замедляется. Становится все более очевидным, что те свойства натуральной древесины, которые реализуются в процессе роста деревьев, не следует утрачивать при измельчении. Их необходимо модифицировать в нужном направлении. Прежде всего, обеспечение формостабильности древесины в условиях переменной влажности, поскольку изменение влажности на 1 % меняет прочность при сжатии на 2,5-3 %. Современные технологии модифицирования направлены на получение гидрофобной древесины, обладающей разбуханием и водопоглощением в 3-8 раз ниже, чем натуральная. Для этого древесину пропитывают уксусным ангидридом, полиэтиленгликолем, поливиниловым спиртом, осуществляют гидротермическую обработку. Модифицированная древесина выпускается под марками Ассоjia, Kebony, Belmadur, Thermowood и другие [2-5]. Производство в промышленных масштабах такой древесины сдерживается высокой стоимостью из-за многооперационного технологического процесса и невысокой прочности модифицированной древесины.

Структура современного лесопользования такова, что количество ценной древесины в мире постоянно уменьшается, количество быстрорастущей низкокачественной древесины мягких лиственных пород: осины, тополя, березы, эвкалипта – увеличивается. Это связано с тем, что древесина дуба вырастает до возраста рубки за 200-300 лет, а древесина тополя за 7-17 лет. Использование древесины мягких лиственных пород составляет менее 1% от расчетной лесосеки, поскольку при диаметре 30 см древесина березы на 20%, а у осины на 50% поражена сердцевинной гнилью, занимающей 15-30% объема. В то же время ранее проведенные исследования по упрочнению древесины мягких лиственных пород, в том числе фаутной зоны, позволяют ее использовать вместо древесины ценных пород. Следует отметить, что многочисленные исследования по модифицированию древесины пока остаются на уровне лабораторных. Достижения в области модифицирования древесины в России до 2022 года обобщены в монографии В.А. Шамаева с сотрудниками [6].

На рис.1 приведена схема 9 наиболее перспективных способов модифицирования. Как видно из рис.1, исходным сырьем для получения модифицированной древесины по способам № 1-8 является древесина мягких лиственных пород в первую очередь березы, осины, тополя, а для способа № 9- древесина лиственницы.

Способ №1. Способ является наиболее изученным. Основное назначение - получить из осины и тополя материал, наиболее близкий по свойствам к древесине ореха, но при этом вдвое дешевле. Вторая цель проекта - утилизация низкокачественной древесины на мягких лиственных пород, т.к. выход деловой древесины из осины и тополя не превышает 50% из за наличия сучков и гнили. Сущность способа заключается в пластификации сырой древесины



водным раствором карбамида, содержащим 5-10% стабилизатора размеров – форконденсат карбамидо-формальдегидного олигомера (КФК). Пропитка приводит к содержанию КФК по отношению к массе сухой древесины 1-1,5%, карбамида 7-10%. Пропитанные заготовки в вакуумно-импульсной сушильно-прессовой камере уплотняют и одновременно высушивают до плотности 750-800 кг/м<sup>3</sup> и влажности 6-8%. В результате получается модифицированная древесина, физико-механические и декоративные свойства ближе всего к древесине грецкого ореха. К преимуществам этого материала, имеющего торговую марку «Дестам» (сокращ. от древесина, стабилизированная амидами), следует отнести стойкость к гниению и малую горючесть.

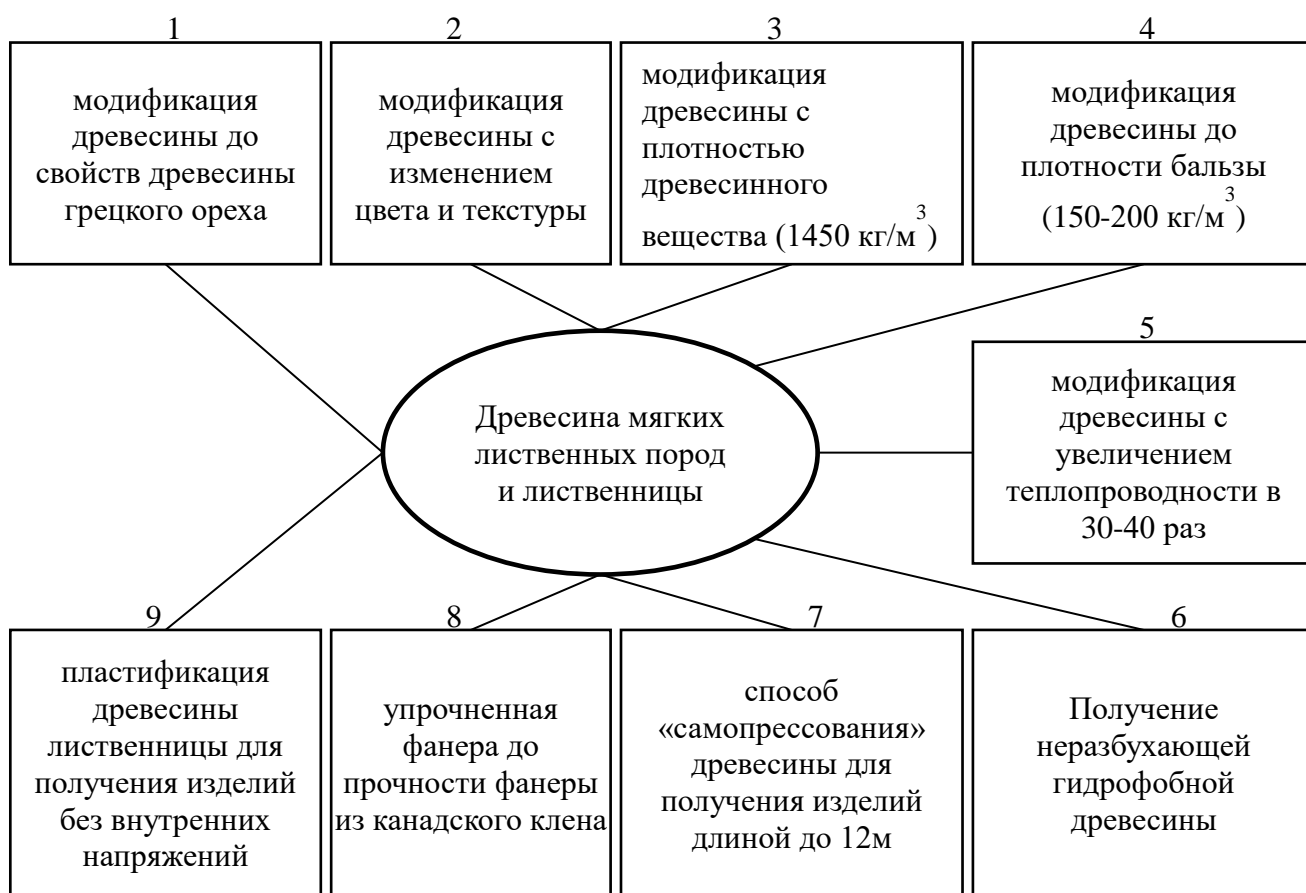


Рисунок 1 - Основные направления модифицирования древесины

Все технологии получения модифицированной древесины базируются на трех операциях: пропитка, сушка и прессование. предложена реализация этих способов на примере изготовления торцевого паркета. Торцевая поверхность древесины любой породы в 3-9 раз изнашивается меньше, чем вдоль и поперек волокон соответственно. Нами предложена конструкция пола с лицевым покрытием из торцевого паркета, изготовленного из дровяной древесины дуба и березы. Износ торцевого паркета из модифицированной березы почти в 3 раза меньше, чем у дубового штучного паркета. Технологические операции получения паркета приведены в монографии [6].

Способ №2. Путем пропитки бревен из сырой древесины мягких лиственных пород с торца под давление можно добиться сквозной пропитки водными и спиртовыми красителями для тканей. Цвет древесины можно получить любой кроме белого. Более сложной задачей является изменение текстуры. Природа за миллионы лет уже создала неповторимые наборы рисунков и цветов древесины различных пород, которые можно взять за эталонные и к ним последовательно приближаться. На сегодняшний день из промышленно используемых пород богатой текстурой и цветом обладает древесина полисандра. Модифицированная древесина ольхи имеет ту же плотность и те же оптические характеристики, что и древесина натурального палисандра и махагони (рис. 2).



Рисунок 2 - Фото модифицированной древесины ольхи с текстурой полисандра:  
увеличение 20

Способ №3 направлен на получение максимально прочной древесины. Прочность древесины мягких лиственных пород можно повысить либо пропиткой синтетических мономеров и полимеров с последующими их отверждением в древесине, либо механическим сжатием с уменьшением объема. Во втором случае заполнение пустот происходит за счет самого древесинного вещества, имеющего плотность  $1500 \text{ кг/м}^3$ . Таким образом, древесину осины, имеющую плотность  $500 \text{ кг/м}^3$  необходимо сжать в 3 раза, что бы заполнить все пустоты. Самая плотная древесина бакаута имеет плотность  $1350 \text{ кг/м}^3$ . Прочность древесины всех пород линейно зависит от плотности. Так, предел прочности при сжатии вдоль – высокой древесины, бальзы имеющей плотность  $150 \text{ кг/м}^3$  равен 15 МПа, а древесина бакаута 140 МПа. Такое же соотношение плотности к прочности, т.е. примерно 10:1 наблюдается у всех пород.

У модифицированной прессованием древесины наблюдается линейная зависимость предела прочности от плотности, но только до плотности  $1200 \text{ кг/м}^3$ . При дальнейшем сжатии поперек волокон прочность уменьшается, поскольку превалируют процессы микро разрушений, связанные с разрывом стенок клеток и сосудов. Поэтому был разработан способ бездефектного прессования древесины. Для получения древесины с плотностью древесинного вещества используются три рассеянно-сосудистых породы древесины: комлевая береза с плотностью  $600\text{-}620 \text{ кг/м}^3$ , клен и бук плотностью  $660 \text{ кг/м}^3$ , граб плотность  $780 \text{ кг/м}^3$ .

Самой распространенной древесиной в РФ является древесина лиственницы (*Larix sibirica*), составляющая 41% всех лесных запасов страны. У лиственницы соотношение плотности ранней и поздней зоны годичного слоя составляет 1:4, в то время как у всех других пород это соотношение колеблется от 1:1,5 до 1:2. Древесина лиственницы обладает высокой прочностью, содержит большое количество природного антисептика – смолы и обладает хорошей текстурой, т.е. отвечает всем требованиям, предъявляемым к модифицированной древесине.

Способ №9. Пропитка древесины пластификатором, например, водным раствором карбамида или аммиака предотвращает растрескивание древесины лиственницы при сушке. Но древесина лиственницы наряду с елью относятся к непропитываемым породам. Повышают проницаемость древесины лиственницы за счет удаления торусов путем разрыва тяжей, воздействуя на сырую древесину импульсом гидравлического удара в направлении вдоль волокон в трахеидах. Давление поддерживают на уровне 35 атм, а амплитуда колебаний не менее 7 атм. Колебания носят затухающий характер по всей длине ствола заготовки (не менее 3м). Для предотвращения затухания дополнительно устанавливают 3-5 ультразвуковых излучателей от генератора мощностью не менее 10 кВт. В качестве пластификатора используют водный раствор карбамида концентрацией 40%. Пропитка длится от 8 до 10 ч при комнатной температуре, содержание карбамида к массе сухой древесины 4-5%.

Способы получения модифицированной древесины №1 и 2 будут по-прежнему популярны, так как они предполагают утилизацию древесины мягких лиственных пород, в первую очередь осины, которая при лесозаготовках является отходом.

Важность способа №9 постоянно возрастает, так как наша Сибирь в основном представлена тайгой, состоящей из лиственницы. Отмершая древесина лиственницы гнет 40-50 лет (осина 3 года), поэтому тайга завалена гниющей древесиной лиственницы. При гниении древесины выделяется углекислый газ, количество которого намного превышает выбросы промышленных предприятий. Утилизация отмершей древесины лиственницы позволит значительно улучшить экологическую обстановку на планете.

### Список литературы

1. Shamaev, V.A., Shishlov O.F. Hardening and Stabilization of Volumetric Properties in Aspen and Poplar Wood with Cardanol. *Lesnoy Zhurnal (Forestry Journal)* 2023, Issue 2, pp. 155-161. doi 10.37482/0536-1036-2023-3-155-161.
2. Ziethén, R, Per Brynildsen, P.; Lande, S; Jarle Kristoffersen, J.; Westin, M. Kebony - an Alternative to Teak for Boat Decking. *Proceedings of The Fourth European Conference on Wood Modification.*, SP Technical Research Institute of Sweden 2009 , pp. 523-530.
3. Papadopoulos, A.N., Mantanis, G.I. Vapour Sorption Studies of Belmadur Wood. *Advances in Forestry Letter (AFL)* 2012, Volume 1, Issue 1, pp. 1-6.

4. Aytin, A.; Çakıcıer, N.; Birtürk, T. Chemical, hygroscopic, and mechanical properties of various wood species heat treated via the ThermoWood® method. *BioResources* 2021, Volume 17, Issue 1, pp. 785-801.
5. Kyzioł, L. Reinforcing wood by surface modification. *Composite Structures* 2016, Volume 158, pp. 64-71. doi 10.1016/j.compstruct.2016.06.055.
6. Шамаев, В. А. Модифицирование древесины / В. А. Шамаев, Н. С. Никулина, И. Н. Медведев. – 2-е изд., перераб. и доп. – Воронеж, 2022. – 571 с.

### References

1. Shamaev, V.A.; Shishlov O.F. Hardening and Stabilization of Volumetric Properties in Aspen and Poplar Wood with Cardanol. *Lesnoy Zhurnal (Forestry Journal)* 2023, Issue 2, pp. 155-161. doi 10.37482/0536-1036-2023-3-155-161
2. Ziethén, R, Per Brynildsen, P.; Lande, S; Jarle Kristoffersen, J.; Westin, M. Kebony - an Alternative to Teak for Boat Decking. *Proceedings of The Fourth European Conference on Wood Modification.*, SP Technical Research Institute of Sweden 2009, pp. 523-530.
3. Papadopoulos, A.N., Mantanis, G.I. Vapour Sorption Studies of Belmadur Wood. *Advances in Forestry Letter (AFL)* 2012, Volume 1, Issue 1, pp. 1-6.
4. Aytin, A.; Çakıcıer, N.; Birtürk, T. Chemical, hygroscopic, and mechanical properties of various wood species heat treated via the ThermoWood® method. *BioResources* 2021, Volume 17, Issue 1, pp. 785-801.
5. Kyzioł, L. Reinforcing wood by surface modification. *Composite Structures* 2016, Volume 158, pp. 64-71. doi 10.1016/j.compstruct.2016.06.055.
6. Shamaev, V. A. Wood modification / V. A. Shamaev, N. S. Nikulina, I. N. Medvedev. – 2nd edition, revised and expanded. – Voronezh, 2022. – 571 p.

DOI: 10.58168/CIRCULAR2024\_412-418

УДК 629.5.083.7

**ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ МАТЕРИАЛОВ БУДУЩЕГО**  
**ENVIRONMENTAL ASPECTS OF THE MATERIALS OF THE FUTURE**

**Шахова В.Д.**, 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.

**Бондарев В.А.**, аспирант ФГБОУ ВО «Воронежский государственный лесотехнический университет имени Г.Ф. Морозова», Воронеж, Россия.

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

**Storodubtseva T.N.**, doctor of Technical Sciences, Professor, Voronezh State University of Forestry and Technologies named after G.F. Morozov, Voronezh, Russia.

**Bondarev V.A.**, graduate student, Voronezh State University of Forestry and Technologies named after G.F. Morozov, Voronezh, Russia.

**Аннотация:** Цель данной работы состоит в изучении модернизированных материалов. В данной статье рассматриваются направления, в которых развиваются «умные материалы». А также проведено сравнение традиционного материала – бетона – с его «умными производными». Эта работа подразделяется на две основные группы: направления развития экологичных материалов будущего, сравнительный анализ умного бетона. В ходе исследования были сопоставлены прочностные характеристики бетона, а также рассмотрена экономическая эффективность краски, удерживающей температуру.

**Abstract:** The purpose of this work is to study modernized materials. This article discusses the directions in which «smart materials» are developing. A comparison of the traditional material – concrete – with its «smart derivatives» was also carried out. This work is divided into two main groups: directions for the development of environmentally friendly materials of the future, comparative analysis of smart concrete. The study compared the strength characteristics of concrete, and also examined the economic efficiency of temperature-holding paint.

**Ключевые слова:** умные материалы, материалы будущего, экологичность, самовосстанавливающиеся материалы.

**Keywords:** smart materials, materials of the future, environmental friendliness, self-healing materials.

Необходимость исследования данной темы обусловлена тем, что используемые нами материалы являются неотъемлемыми частями жизнедеятельности, и их модернизация влечет за собой повышение качества жизни. Что есть стремление всех предшественников.

Последним, и самым важным направлением в материаловедении стало создание умных материалов, называемых материалами будущего. У всех материалов есть свойства, и обычно эти свойства перманентно им присущи. А некоторые материалы, которые стали создавать во второй половине 20 века - умеют реагировать, на оказываемое на них воздействие. Фактически умный материал - это почти изделие. Так называемы «продукт деятельности» создается из материалов, а умный материал это уже почти своего рода изделие, посредством сложного состава, различных выполняемых им функций. На данный момент умные материалы включают множество групп, но в статье будут рассмотрены основные из них: конструкционные материалы, биоматериалы, неорганические, органические и так далее.

Самовосстанавливающиеся материалы – способные восстанавливать механические повреждения. К материалам подобного рода относят: керамику, полимеры, бетон и металл. К принципу действия керамики относится, формирование стеклянного покрытия на месте травмирования. Процесс регенерации производится под воздействием высоких температур, именно поэтому основная сфера использования это производство скоростных самолетов и ракет. Полимеры в свою очередь по способу восстановления подразделяются на Капсульные – в полимер встраиваются капсулы с жидким содержимым (некий клей для мономеров), при повреждении это заживляющее вещество вытекает из капсул и заполняет образовавшиеся пространства. Трубочатые их принцип схож, только полимеризатор содержится в капиллярах. Данные два способа имеют значительный недостаток в сравнении с третьим – их восстановление ограничено одним разом. Но полимеры восстанавливающиеся за счет особого химического строения являются многократными.

Самым важным качеством полимеров, как умных материалов, является их особое строение, позволяющее резко изменять свои характеристики при введении небольших количеств примесей. Следовательно, существуют: электроактивные полимеры (ЕАР) изменяющие свой объем под действием напряжения или электрических полей.

Магнитострикционные материалы изменяют форму под действием магнитного поля, а также изменяют свою намагниченность под действием механического напряжения. рН-чувствительные полимеры - это материалы, объем которых изменяется при изменении рН окружающей среды. Термочувствительные полимеры - это материалы, которые претерпевают изменения при температуре и многие другие [1]. Самоочищающиеся материалы – это класс материалов, способный удалять грязь или бактерии со своей поверхности. Концепция основана на природных явлениях, наблюдаемых в листьях лотоса.

Профессор Боннского университета Вильгельм Бартлотт, открывший «Лотос – эффект», обратил внимание на листья лотоса, которые остаются сухими, и при этом становятся чистыми после дождя. Это удивительное явление обусловлено шероховатой поверхностью в сочетании с высокими водоотталкивающими свойствами. Этот эффект самоочищения лотосов сперва смогли перенести на фасадную краску, а затем уже и на фасадную штукатурку.

Существует несколько видов самоочищающихся покрытий, причем силиконовые краски занимают наибольшую долю рынка. Они создают на поверхности стен прочный, но

пористый декоративный слой благодаря использованию силиконовой смолы. Такие краски идеально подходят для известковых штукатурок, старых поверхностей или кирпичной кладки. Они влагостойкие, прочные, паропроницаемые, эластичные и долговечные, со сроком службы до 15-20 лет. Силикатные краски с эффектом самоочищения немного уступают силиконовым по устойчивости к влаге и эластичности, но имеют высокую устойчивость к механическим повреждениям и подходят для любых минеральных стен. При перекрашивании фасадов, покрытых силикатной краской, рекомендуется использовать только силикатные или силиконовые составы. Существуют также модифицированные акрилатные краски с добавлением силикона, более доступные по стоимости, но менее эффективные.

Первым и пока единственным производителем самоочищающихся покрытий и штукатурки lotus (Лотос) является немецкая компания Sto AG, которая защищает свои права патентами. Компания No занимает лидирующие позиции в области исследований и практического применения биологических принципов в сочетании с микро- и нанотехнологиями [2].

Одним из новых видов материалов удерживающих температуру, является краска, удерживающая, как тепло, так и прохладу внутри помещений. Она была разработана учеными из Стэнфордского университета. Суть их идеи заключалась в разработке покрытия, способного отражать инфракрасное излучение. Подобные краски обычно доступны только в серебристом или сером цветах, что ограничивает их использование с эстетической точки зрения. Но ее модернизация привела к тому, что она не имеет ограничений по цветам, поскольку состоит из двух слоев: нижнего инфракрасного слоя с частицами алюминия, выполняющего основную функцию, и верхнего прозрачного инфракрасного слоя с широким спектром цветов (в рамках экспериментов использовались белый, синий, красный, желтый, зеленый, оранжевый, фиолетовый и темно-серый цвета).

Принцип работы этого изобретения достаточно прост: если необходимо сохранить прохладу внутри помещения, краску следует нанести на внешние поверхности стен и крыши – инфракрасные лучи проникнут через верхний слой и будут отражены нижним слоем, тем самым уменьшая поглощение их строительными материалами. Если же нужно сохранить тепло, то краску следует нанести на внутренние поверхности помещения. Кроме того, отмечается, что оба слоя краски обладают свойством отталкивать воду, поэтому они не подвержены воздействию дождя, а в случае необходимости стены и крышу можно просто помыть.

Было проведено тестирование разработки, имитируя погодные условия в различных климатических зонах США [3]. Эксперименты показали, что это изобретение позволит уменьшить энергозатраты на охлаждение помещений (среднестатистического многоквартирного жилого дома) на 21 % в жарком климате и на 36 % в условиях отопления помещений в холодное время года, что представлено на гистограмме (рис. 1).

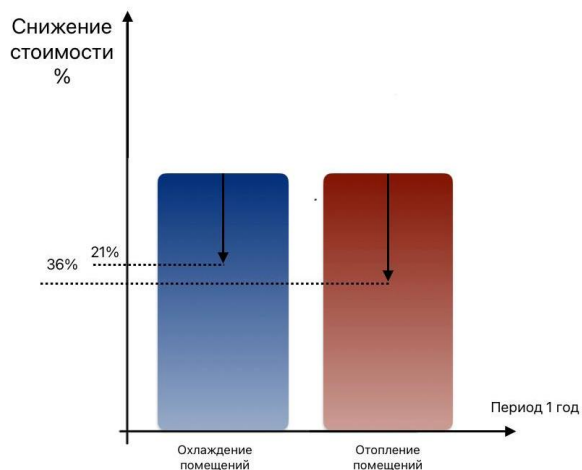


Рисунок 1 - Гистограмма уменьшения энергозатрат на удержание температуры [3]

Оптические метаматериалы – искусственно созданные и обладающие оптическими свойствами, не присущими природным материалам.

Quantum Stealth – материал позволяющий скрыть находящиеся за ним предметы. Материал был создан канадской компанией Hyperstealth Biotechnology для использования его в военных целях. Пока что компания не освещает свой продукт деятельности в целях безопасности. Принцип работы данного материала основан на лентиккулярном растворе.

Линзы преломляют свет при прохождении через них, вместо того чтобы продолжать движение по прямой линии свет замедляется и рассеивается под разными углами, создавая «пятна» через которые свет больше не проходит. Данная технология позволяет создавать панели, которые скрывают людей и объекты. Материал воспроизводит антураж, находящийся позади и визуально сливается с ним. Более того, объекты, скрытые таким образом, не смогут быть обнаружены с помощью тепловых и инфракрасных устройств [1, 3].

Сейчас рассмотрению будут подлежать умные материалы посредством деления традиционного материала – бетона – на его «производные».

Производство бетона является ключевым сектором в строительной индустрии. Благодаря своей прочности и экономичности, он является одним из самых популярных строительных материалов в мире. Бетонные изделия широко применимы в строительстве, как малых построек, так и крупномасштабных инфраструктурных проектов. Одно из основных свойств бетона, которое является ключевым для его использования в строительстве – прочность. Бетон, как и натуральный камень, обладает высокой стойкостью к сжатию, что делает его незаменимым материалом в строительной сфере. Для определения прочности на сжатие, создается эталонный куб с ребром 200 мм, который подвергается нагрузке в 80 тонн. Если при такой нагрузке куб разрушается, предел прочности при сжатии составляет 20 МПа. В зависимости от этого показателя, бетон классифицируется на различные марки, и классы.

Постоянно растущие потребности в строительстве и модернизации инфраструктуры, влекут за собой развитие производства бетона и железобетона, что в свою очередь ему придает стратегическое значение для обеспечения развития строительной отрасли и экономики в



целом. Все это подтверждает значимость и актуальность темы производства бетона и железобетона в настоящее время.

Самовосстанавливающийся бетон. При производстве бетона образуется огромное количество углекислого газа, что побудило искать способы сократить выбросы  $\text{CO}_2$  в этом процессе. Эти поиски привели к идее самовосстанавливающегося бетона, способного самостоятельно ремонтировать трещины.

Его концепция не нова, ранее ученые уже предлагали разные методы "заживления" бетона, такие как: использование силиката натрия, бактерий, производящих специальный клей, или грибов. Однако эти подходы были трудоемкими и недостаточно экономически эффективными. Но исследователи из Вустерского политехнического института разработали то, что, по их мнению, является более экономически выгодным и эффективным решением. В исследовании используется – фермент, обнаруженный в красных кровяных тельцах, который быстро переносит углекислый газ из клеток в кровотоки. Команда использовала данный фермент, добавив его в бетонный порошок перед смешиванием и заливкой материала. Когда в бетоне образуется трещина фермент взаимодействует с углекислым газом, находящимся в воздухе, в результате чего происходит образование кристаллов карбоната кальция, которые имитируют характеристики бетона, и быстро заполняют трещины [1, 2].

Таким образом, разработка самовосстанавливающегося бетона является актуальной задачей, ведь она позволит не только сократить выбросы углекислого газа, но и создать более долговечные и прочные строительные материалы. Это открытие будет явным прорывом в области строительства и сможет применяться в различных отраслях, где требуется надежное и устойчивое строительство.

Токопроводящий бетон shot crete – это материал, разработанный в одном из университетов Небраски, США. Изначально он был предназначен для использования в качестве покрытия взлетно-посадочных полос для предотвращения обледенения. Однако позднее были выявлены его отражающие свойства, которые защищают электронные устройства внутри помещения от повреждения внешним электромагнитным импульсом. Если применить этот инновационный материал - токопроводящий бетон, для облицовки здания, то его поверхность успешно будет экранировать нежелательное электромагнитное излучение, и тем самым этот материал дает уверенность в защите внутренних систем бытовой техники и электроники.

В состав токопроводящего бетона shot crete добавляется минерал магнетит или магнитный железняк, а также металлическая и углеродная стружка. Токопроводящий бетон поглощает электромагнитные волны, лежащие в определенном диапазоне, и преобразует их в тепловую энергию. Природа этих волн не имеет значения, источником энергии может быть ЛЭП, проезжающий электромобиль или даже магнитное поле Земли [1, 3].

Примером практического применения токопроводящего бетона shot crete является экспериментальный мост, построенный недалеко от города Линкольн, США. На этом мосту нет проблем с наледью уже много лет.

Однако в России этот бетон пока не используется, но и даже в институте, где он был создан, до сих пор проводятся различные исследования и тесты. Токопроводящий бетон shotcrete является прорывом в области строительства зданий, сооружений и разработки дорожных покрытий. Возможно, что в будущем он станет доступным для свободной продажи, но на данный момент все находится на стадии доработок, испытаний и экспериментов.

Литракон (LintraCon), светопрозрачный бетон - не сразу получил некую распространенность, он впервые был использован в строительстве частей зданий и сооружений в 2005 году в Германии, после чего в Россию он попал только в 2012 году. Пока что еще ограничено его применение на отечественном рынке, так как его импорт из-за границы довольно затратный - цена блока весом 10 кг составляет около 600 евро, не считая доставку и таможенные расходы. Прозрачный бетон состоит из смеси цемента, песка и щебня – как и обычный бетон. А для достижения прозрачности, добавляется оптическое волокно. Существует несколько способов производства светопрозрачного бетона, все они основаны на мелкозернистом бетоне (около 95 %) и лишь 5 % светопроводящих элементов, добавляемых в процессе литья. Благодаря этому, прозрачные бетонные блоки не только имеют прочность обычного бетона, но и обладают эстетической привлекательностью. Степень прозрачности бетона зависит от присутствия кварцевого оптоволокна (основано на расплаве кварца), способного пропускать свет через себя, создавая полупрозрачность материала. При отсутствии источника света, прозрачный бетон ничем не отличается от обычного. Прозрачность материала возникает только при наличии света, например, в светлое время суток или при включении осветительных приборов [3]. Преимущества светопрозрачного бетона включают повышенную прочность, шумоизоляцию, теплоизоляцию и водостойкость. Этот материал применяется в различных видах изделий и сферах, что несомненно делает задачу его модернизации насущной.

Что упоминалось ранее: одно из основных свойств бетона - прочность. Которая напрямую влияет на эксплуатационные возможности, и как следствие: является одним из важнейших его свойств. Как было выяснено ранее, у обычного бетона имеются различные марки и классы, отражающие прочностные характеристики материала. Но говоря о модернизированном бетоне: в ходе изучения информации были выявлены средние показатели прочности на сжатие в МПа (рис. 2).

Для достижения поставленной цели: изучение модернизированных материалов, были изучены и рассмотрены новейшие разработки, а также вследствие анализа были составлены гистограммы. Посредством анализа исследований по тестированию «умного» бетона на прочность можно сделать вывод о том, что самые высокие прочностные характеристики у LintraCon, среди модернизированных материалов.

Прочность на сжатие у традиционного бетона различается от М15 до М800. Относительно экономической эффективности удерживающей температуру краски, следуя из анализа научных исследований по данной тематике: выявляется явное снижение стоимости при переходе на данный материал.

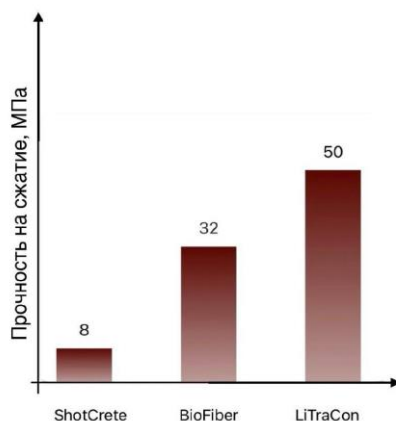


Рисунок 2 – Гистограмма прочности на сжатие

Относительно поставленных задач: были описаны и рассмотрены технологии, как существующих исходных материалов, так и их производных. Из всего выше сказанного следует подтверждение «константы»: используемые нами материалы являются неотъемлемыми частями жизнедеятельности людей, и их модернизация влечет за собой повышение качества жизни и окружающей среды. Что есть стремление всех предшественников.

### Список литературы

1. Токарев А.С., Панин П.А., Медведев В.С. Самовосстанавливающийся бетон // Наука, образование и культура. – 2021 – № 1 (56). – С. 29-30.
2. Акарачкин С.А. Самовосстанавливающиеся материалы // Решетневские чтения. – 2014. – № 18, Т. 1. – С. 339-340.
3. Лысёв В.И., Коцюлим Н.Н., Кучанский В.А. Оценка энергопотребления для отопления и охлаждения зданий // Журнал НИУ ИТМО. Серия «Холодильная техника и кондиционирование». – 2018 – № 1. – С. 24-28.

### References

1. Tokarev A.S., Panin P.A., Medvedev V.S. Self-healing concrete // Journal of Science, Education and Culture – 2021. – № 1 (56). – P. 29-30.
2. Akarachkin S.A. Self-healing materials // Journal of Reshetnev Readings – 2014. № 18, Vol. 1. – P. 339-340.
3. Lysev V.I., Kotsyulim N.N., Kuchansky V.A. / Assessment of energy consumption for heating and cooling of buildings // Journal of NRU ITMO. Series «Refrigeration and air conditioning». – 2018. – № 1. – P. 24-28.

DOI: 10.58168/CIRCULAR2024\_419-423

УДК 338.1

## МЕТОДИКА ОЦЕНКИ ЦИРКУЛЯРНОЙ ЗРЕЛОСТИ ПРОМЫШЛЕННОЙ ЭКОСИСТЕМЫ

METHODOLOGY FOR ASSESSING THE CIRCULAR MATURITY OF AN INDUSTRIAL  
ECOSYSTEM

**Шкарупета Е.В.**, доктор экономических наук, ведущий научный сотрудник ФГАОУ ВО «Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого», Санкт-Петербург, Россия; профессор ФГБОУ ВО «Воронежский государственный технический университет», Воронеж, Россия.

**Shkarupeta E.V.**, doctor of Economic Sciences, Leading Researcher, Peter the Great St. Petersburg Polytechnic University, St. Petersburg, Russia; Professor, Voronezh State Technical University, Voronezh, Russia.

**Аннотация:** основной целью исследования является концептуализация и методическое измерение циркулярной зрелости в контексте промышленных экосистем. Разработана комплексная оценочная методика, предназначенная для оценки циркулярности в соответствии с пороговыми значениями, которые являются экологически, социально и экономически приемлемыми, обычно определяемыми как результаты ESG. Эта методика включает в себя многогранную систему управления циркулярностью, объединяющую различные меры, функции, принципы, стратегии, бизнес-модели и циркулярные решения на различных этапах цепочки создания стоимости.

**Abstract:** The main objective of the study is to conceptualise and methodically measure circular maturity in the context of industrial ecosystems. A comprehensive assessment methodology is developed to evaluate circularity according to thresholds that are ecologically, socially and economically acceptable, usually defined as ESG outcomes. This methodology includes a multifaceted circularity management framework that integrates different measures, functions, principles, strategies, business models and circular solutions at different stages of the value chain.

**Ключевые слова:** циркулярная зрелость, циркулярность, промышленная экосистема.

**Keywords:** circular maturity; circularity; industrial ecosystem.

Под управлением циркулярностью в промышленных экосистемах понимается комплекс мер, обеспечивающих положительную динамику циркулярной зрелости промышленных экосистем, учет рисков и вызовов внешней среды на основе конкретных функций, принципов, стратегий, бизнес-моделей, циркулярных решений и технологий, внедряемых на разных этапах цепочки создания стоимости с использованием информации, финансов, ресурсов, человеческого капитала, платформ и механизмов взаимодействия для достижения высокого индекса циркулярности, комплекса долгосрочных ESG-эффектов и

создания в конечном итоге зрелой циркулярной экосистемы. Концепция промышленных экосистем, основанных на устойчивых бизнес-моделях, включающих экоинновации и циркулярность в контексте перехода к Индустрии 5.0, была подробно рассмотрена нами в предыдущих работах [1, 2].

Циркулярная зрелость служит метрикой для количественной оценки уровня циркулярного развития в промышленной экосистеме. Она определяется как совокупный показатель, характеризующий степень циркулярности экосистемы с учетом принятия циркулярных принципов, факторов, стратегий и циркулярных бизнес-моделей. Ключевыми факторами, влияющими на степень зрелости циркулярного производства в промышленной экосистеме, являются циркулярный потенциал, циркулярная деятельность и циркулярная эффективность.

В целом, существующие методики оценки циркулярности позволяют классифицировать метрики, связанные с общепринятыми принципами, такими как потребление и восстановление ресурсов [3], циркулярный дизайн продукции и образование отходов. Для некоторых областей (например, обучение сотрудников, экономические показатели и т. д.) еще предстоит разработать достаточные метрики. Кроме того, существующие исследования, оценивающие циркулярную зрелость промышленных экосистем на корпоративном уровне, имеют определенные ограничения. В первую очередь это касается системы показателей для оценки циркулярной зрелости экосистем. Интегральные показатели описывают рециклинг и симбиоз внутри экосистемы с разных точек зрения, но не учитывают динамику циркулярности в промышленных экосистемах [4]. В результате могут быть получены различные оценки циркулярной зрелости промышленных экосистем.

Разработанная нами методика оценки циркулярной зрелости промышленной экосистемы включает в себя несколько этапов:

1. Формирование системы индикаторов.
2. Сбор первоначальной выборки данных.
3. Распределение собранных данных по оценочным проекциям.
4. Выявление показателей с положительным и отрицательным влиянием.
5. Нормализация показателей.
6. Расчет субиндексов для каждого драйвера прогноза.
7. Расчет интегрального индекса циркулярной зрелости.
8. Выявление проблем в циркулярном развитии промышленных экосистем.
9. Разработка предложений по повышению уровня циркулярной зрелости.

Предлагаемая система индикаторов для оценки циркулярной зрелости промышленной экосистемы включает 13 показателей, распределенных по трем оценочным проекциям:

1) циркулярный потенциал:

X1 - общий объем инвестиций (млн долл.);

X2 - инвестиционные проекты в области охраны окружающей среды (млн долл.);

X3 - затраты на обучение сотрудников (млн долл.);

X4 - количество проведенных тренингов (тыс. занятий);

2) циркулярная активность:

X5 - текущие затраты на охрану окружающей среды (млн. долл.);

X6 - производительность труда (тонн стали на душу населения);

X7 - количество поставщиков, принимающих меры по улучшению экологического соответствия (%);

X8 - экологические аудиты поставщиков сырья и оборудования (ед.);

3) циркулярная эффективность:

X9 - коэффициент частоты травм с потерей рабочего времени (коэф.);

X10 - доля оборотной воды в общем объеме водопотребления (%);

X11 - удельные выбросы в атмосферу (кг/тонна стали);

X12 - переработка вторичного сырья (%);

X13 - удельная энергоемкость (Гкал/тонна).

Подход, основанный на выделении трех оценочных проекций, позволяет уравновесить низкие оценки по одному прогнозу высокими оценками по другому прогнозу. Три проекции компенсируют относительно большое количество показателей и улучшают аналитические возможности разработанной методики.

Более высокие значения некоторых показателей соответствуют более высокому уровню циркулярности в промышленных экосистемах, и эти показатели рассматриваются как положительные (X1, X2, X3, X4, X5, X6, X7, X8, X10, X12). Более высокие значения других показателей соответствуют более низкому уровню циркулярности в промышленных экосистемах, и эти показатели рассматриваются как отрицательные (X9, X11, X13). Для нормализации следует использовать обратные значения отрицательных показателей.

Нормализация показателей проводится одним из следующих методов: десятичное шкалирование, минимаксная нормализация, нормализация по Z-score, нормализация по среднему значению. Если целью является сохранение исходного распределения данных при уменьшении масштаба, подойдет десятичное масштабирование. Для набора данных с экстремальными значениями более подходящей может оказаться нормализация по Z-score, чтобы эти значения не оказывали непропорционально большого влияния на анализ.

Расчет субиндексов для каждой оценочной проекции осуществляется в соответствии с формулой (1) на основе средних арифметических значений соответствующих нормализованных показателей, при этом все показатели имеют равную значимость.

$$SI_{\text{circ}} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \frac{\tilde{x}_i^t - \tilde{x}_i^{\min}}{\tilde{x}_i^{\max} - \tilde{x}_i^{\min}}, \quad (1)$$

где  $SI_{\text{circ}}$  - субиндекс циркулярной зрелости для каждой из трех расчетных проекций;

$n$  - количество индикаторов;

$\tilde{x}_i^t$  - значение  $i$ -го показателя в  $t$ -й промышленной экосистеме;

$\tilde{x}_i^{\min}$  - минимальное значение  $i$ -го показателя;

$\tilde{x}_i^{\max}$  - максимальное значение  $i$ -го показателя.

Для расчета интегрального индекса циркулярной зрелости промышленных экосистем по формуле (2) все прогнозы также имеют одинаковый вес:

$$I_{\text{circ}}^t = \frac{m_{\text{p.circ}}}{N} P_{\text{circ}}^t + \frac{m_{\text{a.circ}}}{N} A_{\text{circ}}^t + \frac{m_{\text{e.circ}}}{N} E_{\text{circ}}^t, \quad (2)$$

где  $I_{\text{circ}}^t$  - интегральный индекс циркулярности в промышленных экосистемах;

$N$  - общее количество оцениваемых показателей;

$m_{\text{p.circ}}$ ,  $m_{\text{a.circ}}$ ,  $m_{\text{e.circ}}$  - соответствующее количество индикаторов в каждой из трех драйверных проекций;

$P_{\text{circ}}^t$  - субиндекс  $t$ -й промышленной экосистемы по отношению к проекции "Циркулярный потенциал";

$A_{\text{circ}}^t$  - субиндекс  $t$ -й промышленной экосистемы по отношению к проекции "Циркулярная активность»;

$E_{\text{circ}}^t$  - субиндекс  $t$ -й промышленной экосистемы в отношении проекции «Циркулярная эффективность».

Ускоряют циркулярность в промышленной экосистеме следующие факторы: рост инвестиций, инвестиционные проекты в области охраны окружающей среды, затраты на обучение сотрудников, текущие затраты на охрану окружающей среды, доля оборотной воды в общем объеме водопотребления, переработка вторичного сырья. Циркулярному развитию препятствуют следующие факторы: сокращение численности персонала, количество проведенных тренингов, производительность труда, количество поставщиков с мероприятиями по улучшению экологического соответствия, экологические аудиты поставщиков, увеличение LTIFR, энергоемкость продукции.

Представленная методика не лишена ограничений. Необходимо отметить сложность и чувствительность оценочных показателей к методам нормирования. Будущие направления исследований включают разработку системы стратегического управления, ориентированной на устойчивые практики ESG в контексте циркулярных промышленных экосистем. Кроме того, необходимо усовершенствовать управленческую практику, чтобы она лучше соответствовала целям устойчивого развития.

Исследование выполнено при поддержке Российского научного фонда, проект № 23-28-01316.

### Список литературы

1. Babkin, A., Shkarupeta, E., Malevskaia-Malevich, E., Pogrebinskaya, E., Batukova, L., 2023. Managing Circularity in Industrial Ecosystems: Introducing the Concept of Circular Maturity and its Application in NLMK Group. *International Journal of Technology*. Volume 14(8), pp. 1769-1778. <https://doi.org/10.14716/ijtech.v14i8.6836>.

2. Framework for assessing the sustainability of ESG performance in industrial cluster ecosystems in a circular economy / A. Babkin, E. Shkarupeta, L. Tashenova [et al.] // *Journal of Open Innovation: Technology, Market, and Complexity*. – 2023. – Vol. 9, No. 2. – P. 100071. – <https://doi.org/10.1016/j.joitmc.2023.100071>.

3. Zaytsev, A., Dmitriev, N., Rodionov, D., Magradze, T., 2021. Assessment of the Innovative Potential of Alternative Energy in the Context of the Transition to the Circular Economy.

International Journal of Technology, Volume 12(7), pp. 1328–1338.  
<https://doi.org/10.14716/ijtech.v12i7.5357>.

4. Умарова Д. Т. Зарубежный опыт научно-технологической интеграции // Модели, системы, сети в экономике, технике, природе и обществе. – 2021. – №. 4. – С. 26-40.  
<https://doi.org/10.21685/2227-8486-2021-4-3>.

### References

1. Babkin, A., Shkarupeta, E., Malevskaia-Malevich, E., Pogrebinskaya, E., Batukova, L., 2023. Managing Circularity in Industrial Ecosystems: Introducing the Concept of Circular Maturity and its Application in NLMK Group. International Journal of Technology. Volume 14(8), pp. 1769-1778. <https://doi.org/10.14716/ijtech.v14i8.6836>.

2. Framework for assessing the sustainability of ESG performance in industrial cluster ecosystems in a circular economy / A. Babkin, E. Shkarupeta, L. Tashenova [et al.] // Journal of Open Innovation: Technology, Market, and Complexity. – 2023. – Vol. 9, No. 2. – P. 100071. – <https://doi.org/10.1016/j.joitmc.2023.100071>.

3. Zaytsev, A., Dmitriev, N., Rodionov, D., Magradze, T., 2021. Assessment of the Innovative Potential of Alternative Energy in the Context of the Transition to the Circular Economy. International Journal of Technology, Volume 12(7), pp. 1328–1338.  
<https://doi.org/10.14716/ijtech.v12i7.5357>.

4. Umarova D. T. Foreign experience of scientific and technological integration // Models, systems, networks in economics, technology, nature and society. – 2021. – No. 4. – pp. 26-40.  
<https://doi.org/10.21685/2227-8486-2021-4-3>.



DOI: 10.58168/CIRCULAR2024\_424-429

УДК 338.1

**ЭВОЛЮЦИЯ ЗЕЛЕННОЙ ЭКОНОМИКИ И ЕЕ ВЛИЯНИЕ НА УСТОЙЧИВОСТЬ  
СОЦИО-ЭКОЛОГО-ЭКОНОМИЧЕСКОГО РАЗВИТИЯ**

**EVOLUTION OF GREEN ECONOMY AND ITS IMPACT ON SUSTAINABILITY  
OF SOCIO-ECOLOGICAL-ECONOMIC DEVELOPMENT**

**Яковлева Е.А.**, доктор экономических наук, профессор, заведующий кафедрой ФГБОУ ВО «Воронежский государственный лесотехнический университет имени Г.Ф. Морозова», Воронеж, Россия.

**Осипов А.А.**, соискатель, ФГБОУ ВО «Воронежский государственный лесотехнический университет имени Г.Ф. Морозова», Воронеж, Россия.

**Yakovleva E.A.**, doctor of Economic Sciences, professor, head of department, Voronezh State University of Forestry and Technologies named after G.F. Morozov, Voronezh, Russia.

**Osipov A.A.**, co-researcher, Voronezh State University of Forestry and Technologies named after G.F. Morozov, Voronezh, Russia.

**Аннотация:** статья основывается на комплексном изучении трансформаций экономических систем в ответ на экологические вызовы современности. Авторы рассматривают разнообразные модели зелёной экономики, выделяя их основные этапы развития и ключевые характеристики. Особое внимание уделяется анализу политик, стимулирующих экологически устойчивые инновации и инвестиции в зелёные технологии, а также оценке их эффективности в различных государствах. Результаты исследования подчеркивают значимость интеграции экологических стандартов в экономическую политику и деловую практику как необходимое условие для достижения глобальных целей устойчивого развития.

**Abstract:** The article is based on a comprehensive study of the transformation of economic systems in response to environmental challenges of our time. The authors review a variety of green economy models, highlighting their main stages of development and key characteristics. Particular attention is paid to analysing policies that stimulate environmentally sustainable innovation and investment in green technologies, as well as assessing their effectiveness in different states. The results of the study emphasise the importance of integrating environmental standards into economic policies and business practices as a prerequisite for achieving global sustainable development goals.

**Ключевые слова:** зеленая экономика, устойчивость, резильентность, социо-эколого-экономическое развитие.

**Keywords:** green economy, sustainability, resilience, socio-ecological-economic development.

Эволюцию зеленой экономики можно разделить на отдельные этапы, характеризующиеся переломными годами, которые ознаменовали значительные перемены.

«Нулевой» этап, или предпериод: середина XIX века – начало XX века в качестве основного атрибута имеет выявление необходимости существования взаимовыгодных практик, от которых выигрывают и экономика, и окружающая среда [1].

Первый этап, начавшийся в 1900-х гг. и до 1960-х гг., характеризуется зарождением концепции биосферы [2] и ноосферы [3], а также формированием науки экологии и ее понятийного аппарата [4].

Второй этап, начавшийся в конце 1960-х - начале 1990-х годов, характеризовался зарождающимся осознанием и концептуализацией. Этот этап являлся эпохой обострения противоречий между ростом населения, ростом потребления и ограничениями окружающей среды. Особую актуальность в то время приобрел призыв политиков к активному участию в обсуждении вопросов управления окружающей средой [5, 6].

В этот период концепция устойчивого развития получила широкое распространение под сильным влиянием доклада Комиссии Брундтланд в 1987 году, в котором экономическое развитие увязывалось с заботой об окружающей среде.

Экономисты начинают понимать, что экологическая безопасность и устойчивость не учитываются в экономических теориях. Приобретает актуальность политика в области охраны окружающей среды, например, введение разрешений на выбросы парниковых газов.

Внимание обращается на моделирование экологических проблем на основе системно-кибернетического подхода. Такие мероприятия, как Римский клуб, играют важную роль в решении промышленных и экологических проблем [7]. На этом этапе происходит концептуализация промышленной экологии [8].

На третьем этапе, к середине 1990-х - началу 2010-х годов в центре внимания оказалась интеграция политики. Различные международные саммиты и соглашения, такие как Киотский протокол в 1997 году, подчеркнули необходимость создания политических рамок, поддерживающих принципы зеленой экономики.

В этот период произошла формализация экологической политики в рамках национальных программ и создание международных руководящих принципов устойчивого развития. Широкое распространение получили научные исследования и инициативы по разработке политики устойчивого развития [9].

На третьем этапе произошла концептуализация биомимикрии [10], регенеративного дизайна [11], концепции «От колыбели к колыбели» [12], синей (голубой) экономики [13], Фактора четыре [14] и циркулярной экономики (ранняя стадия) [15] в поисках устойчивых решений. Третий этап заложил фундамент для комплексного мышления и понимания перспективы жизненного цикла.

На четвертом этапе, с 2010-х годов начался бурный рост технологических инноваций и внедрения технологий [16]. Рост технологий использования возобновляемых источников энергии, особенно ветряной и солнечной, ускорился благодаря технологическому прогрессу и увеличению государственной поддержки.

В эту эпоху также началось развитие зеленого финансирования и инвестиций как важнейших инструментов продвижения устойчивых экономических практик. Происходят попытки дать точное определение циркулярной экономики.

Концепция циркулярной экономики одобрена Европейской комиссией [17] и Китаем. Все большее внимание зеленая экономика получает со стороны правительств, некоммерческих организаций, компаний, практиков, научных кругов.

Последнее десятилетие ознаменовалось консолидацией этих усилий и усилением внимания к интеграции стратегий зеленой экономики в основные направления экономического планирования и развития [18-20].

В этот период подчеркивается роль зеленой экономики в достижении Целей устойчивого развития, поставленных Организацией Объединенных Наций в 2015 году [21, 22], что отражает глобальную приверженность устойчивым экономическим практикам, которые теперь все чаще рассматриваются как основные, а не факультативные.

Зеленая экономика оказывает глубокое влияние на социо-эколого-экономическое развитие, способствуя повышению экологической устойчивости за счет снижения экологических рисков, развития возобновляемых источников энергии и биоразнообразия [23-24].

Экономическая устойчивость повышается, поскольку диверсификация в сторону от ископаемых видов топлива стимулирует создание рабочих мест в устойчивых секторах, способствуя долгосрочной экономической стабильности.

Социальная справедливость занимает центральное место, поскольку политика направлена на обеспечение широкого распределения выгод от развития, повышение качества жизни и решение проблемы экологической справедливости.

Кроме того, эффективное управление в зеленой экономике требует интеграции различных областей политики, повышения прозрачности и вовлечения различных заинтересованных сторон в процессы принятия решений [25].

Важную роль играет глобальное сотрудничество: такие международные соглашения, как Парижское соглашение [26] и др. [27, 28], позволяют согласовывать национальные усилия с глобальными целями устойчивого развития, стандартизировать нормативные акты и способствовать обмену знаниями и ресурсами через границы, что подчеркивает роль зеленой экономики как целостного подхода к устойчивому развитию.

### Список литературы

1. Simmonds P. L. Waste products and undeveloped substances: Or, hints for enterprise in neglected fields. – R. Hardwicke, 1862.
2. Вернадский В. И. Биосфера, т. 1-2 //Л., Научн. хим.-техн. изд-во. – 1926.
3. Вернадский В. И. Несколько слов о ноосфере. Впервые опубликовано в журнале "Успехи современной биологии". – 1944.
4. Наумов Н. П. Экология животных: учеб. пособие для гос. ун-тов. – Сов. наука, 1955.

5. Odum E. P. Fundamentals of ecology. xii, 387 pp //W. B. Saunders Co., Philadelphia, Pennsylvania, and London, England. – 1953.
6. Carson R. Silent Spring III //New Yorker. – 1962. – Т. 23.
7. Meadows D. H. et al. The limits to growth: a report to the club of Rome (1972) //Google Scholar. – 1972. – Т. 91.
8. Frosch R. A. Industrial ecology: a philosophical introduction //Proceedings of the national academy of sciences. – 1992. – Т. 89. – №. 3. – С. 800-803.
9. Allenby B. R. et al. The greening of industrial ecosystems. – Washington, DC : National Academy Press, 1994. – С. 137-148.
10. Benyus, J.M., 1997. Biomimicry: Innovation Inspired by Nature. William Morrow, New York.
11. Lyle J. T. Regenerative Design for Sustainable Development-John Tillman Lyle. – 1994.
12. McDonough W., Braungart M. Remaking the way we make things: Cradle to cradle //New York: North Point Press. ISBN. – 2002. – Т. 1224942886. – С. 104.
13. Pauli G. A. The blue economy: 10 years, 100 innovations, 100 million jobs. – Paradigm publications, 2010.
14. von Weizacker, E., Lovins, A.B., Lovins, L.H. Factor four: Doubling wealth, halving resource use: The new report to the Club of Rome. – Earthscan/James & James, 1997.
15. Kirchherr J., Reike D., Hekkert M. Conceptualizing the circular economy: An analysis of 114 definitions //Resources, conservation and recycling. – 2017. – Т. 127. – С. 221-232.
16. Sauvé S., Bernard S., Sloan P. Environmental sciences, sustainable development and circular economy: Alternative concepts for trans-disciplinary research //Environmental development. – 2016. – Т. 17. – С. 48-56.
17. Zhongming Z. et al. Resource efficient green economy and EU policies. – 2014.
18. Бобылев С. Н., Соловьева С. В. Циркулярная экономика и ее индикаторы для России //Мир новой экономики. – 2020. – №. 2. – С. 63-72.
19. D'Adamo I., Gastaldi M., Rosa P. Recycling of end-of-life vehicles: Assessing trends and performances in Europe //Technological Forecasting and Social Change. – 2020. – Т. 152. – С. 119887.
20. D'Adamo I. et al. A circular economy model based on biomethane: What are the opportunities for the municipality of Rome and beyond? //Renewable Energy. – 2021. – Т. 163. – С. 1660-1672.
21. Преобразование нашего мира: Повестка дня в области устойчивого развития на период до 2030 года. Резолюция, принятая Генеральной Ассамблеей 25 сентября 2015 года. [https://www.un.org/ga/search/view\\_doc.asp?symbol=A/RES/70/1&Lang=R](https://www.un.org/ga/search/view_doc.asp?symbol=A/RES/70/1&Lang=R).
22. Резолюция, принятая Генеральной Ассамблеей 27 июля 2012 года. Будущее, которого мы хотим. [https://www.un.org/ga/search/view\\_doc.asp?symbol=A/RES/66/288&Lang=R](https://www.un.org/ga/search/view_doc.asp?symbol=A/RES/66/288&Lang=R).

23. D'amato D., Korhonen J. Integrating the green economy, circular economy and bioeconomy in a strategic sustainability framework // *Ecological Economics*. – 2021. – T. 188. – C. 107143.
24. Korhonen J. The circular economy as a complex adaptive system // *Handbook of the Circular Economy*. – Edward Elgar Publishing, 2020.
25. EMF. <https://ellenmacarthurfoundation.org/about-us/what-we-do>.
26. Paris Agreement. United Nations. 2015. [https://unfccc.int/files/essential\\_background/convention/application/pdf/english\\_paris\\_agreement.pdf](https://unfccc.int/files/essential_background/convention/application/pdf/english_paris_agreement.pdf).
27. Global Warming of 1.5 °C. Special report. 2018. <https://www.ipcc.ch/sr15/>.
28. Fit for 55: delivering the EU's 2030 Climate Target on the way to climate neutrality. <https://eurlex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX:52021DC0550>.

### References

1. Simmonds P. L. Waste products and undeveloped substances: Or, hints for enterprise in neglected fields. – R. Hardwicke, 1862.
2. Vernadsky V.I. Biosphere, vol. 1-2 // L., Scientific. Chem.-Techn. publishing house. – 1926.
3. Vernadsky V.I. A few words about the noosphere. First published in the journal "Advances in Modern Biology". – 1944.
4. Naumov N.P. Animal ecology: textbook. allowance for government univ. - Sov. science, 1955.
5. Odum E. P. Fundamentals of ecology. xii, 387 pp // W. B. Saunders Co., Philadelphia, Pennsylvania, and London, England. – 1953.
6. Carson R. Silent Spring III // *New Yorker*. – 1962. – T. 23.
7. Meadows D. H. et al. The limits to growth: a report to the club of Rome (1972) // *Google Scholar*. – 1972. – T. 91.
8. Frosch R. A. Industrial ecology: a philosophical introduction // *Proceedings of the national academy of sciences*. – 1992. – T. 89. – No. 3. – pp. 800-803.
9. Allenby B. R. et al. The greening of industrial ecosystems. – Washington, DC: National Academy Press, 1994. – pp. 137-148.
10. Benyus, J.M., 1997. Biomimicry: Innovation Inspired by Nature. William Morrow, New York.
11. Lyle J. T. Regenerative Design for Sustainable Development-John Tillman Lyle. – 1994.
12. McDonough W., Braungart M. Remaking the way we make things: Cradle to cradle // New York: North Point Press. ISBN. – 2002. – T. 1224942886. – P. 104.
13. Pauli G. A. The blue economy: 10 years, 100 innovations, 100 million jobs. – Paradigm publications, 2010.
14. von Weizacker, E., Lovins, A.B., Lovins, L.H. Factor four: Doubling wealth, halving resource use: The new report to the Club of Rome. – Earthscan/James & James, 1997.

15. Kirchherr J., Reike D., Hekkert M. Conceptualizing the circular economy: An analysis of 114 definitions // *Resources, conservation and recycling*. – 2017. – T. 127. – P. 221-232.
16. Sauvé S., Bernard S., Sloan P. Environmental sciences, sustainable development and circular economy: Alternative concepts for trans-disciplinary research // *Environmental development*. – 2016. – T. 17. – P. 48-56.
17. Zhongming Z. et al. Resource efficient green economy and EU policies. – 2014.
18. Bobylev S. N., Solovyova S. V. Circular economy and its indicators for Russia // *World of New Economics*. – 2020. – No. 2. – pp. 63-72.
19. D'Adamo I., Gastaldi M., Rosa P. Recycling of end-of-life vehicles: Assessing trends and performances in Europe // *Technological Forecasting and Social Change*. – 2020. – T. 152. – P. 119887.
20. D'Adamo I. et al. A circular economy model based on biomethane: What are the opportunities for the municipality of Rome and beyond? // *Renewable Energy*. – 2021. – T. 163. – P. 1660-1672.
21. Transforming our world: The 2030 Agenda for Sustainable Development. Resolution adopted by the General Assembly on September 25, 2015. [https://www.un.org/ga/search/view\\_doc.asp?symbol=A/RES/70/1&Lang=R](https://www.un.org/ga/search/view_doc.asp?symbol=A/RES/70/1&Lang=R).
22. Resolution adopted by the General Assembly on July 27, 2012. The future we want. [https://www.un.org/ga/search/view\\_doc.asp?symbol=A/RES/66/288&Lang=R](https://www.un.org/ga/search/view_doc.asp?symbol=A/RES/66/288&Lang=R).
23. D'amato D., Korhonen J. Integrating the green economy, circular economy and bioeconomy in a strategic sustainability framework // *Ecological Economics*. – 2021. – T. 188. – P. 107143.
24. Korhonen J. The circular economy as a complex adaptive system // *Handbook of the Circular Economy*. – Edward Elgar Publishing, 2020.
25. EMF. <https://ellenmacarthurfoundation.org/about-us/what-we-do>.
26. Paris Agreement. United Nations. 2015. [https://unfccc.int/files/essential\\_background/convention/application/pdf/english\\_paris\\_agreement.pdf](https://unfccc.int/files/essential_background/convention/application/pdf/english_paris_agreement.pdf).
27. Global Warming of 1.5 °C. Special report. 2018. <https://www.ipcc.ch/sr15/>.
28. Fit for 55: delivering the EU's 2030 Climate Target on the way to climate neutrality. <https://eurlex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX:52021DC0550>.

DOI: 10.58168/CIRCULAR2024\_430-435

УДК 504.4.054

**СТОЧНЫЕ ВОДЫ ПРЕДПРИЯТИЙ ПО ПЕРЕРАБОТКЕ САХАРНОЙ СВЕКЛЫ  
КАК ФАКТОР РИСКА ЗАГРЯЗНЕНИЯ ПОВЕРХНОСТНЫХ ВОДНЫХ ОБЪЕКТОВ  
ТАМБОВСКОЙ ОБЛАСТИ**

**WASTEWATER OF SUGAR BEET PROCESSING ENTERPRISES AS A RISK FACTOR  
OF SURFACE WATER POLLUTION IN THE TAMBOV REGION**

**Якунина И.В.**, кандидат химических наук, доцент ФГБОУ ВО «Тамбовский государственный технический университет», Тамбов, Россия. **Yakunina I.V.**, candidate of Chemical Sciences, associate professor, Tambov State Technical University, Tambov, Russia.

**Ланьшина Л.Н.**, студент ФГБОУ ВО «Тамбовский государственный технический университет», Тамбов, Россия. **Lanshina L.N.**, student, Tambov State Technical University, Tambov, Russia.

**Аннотация:** в статье рассмотрена оценка влияния сточных вод предприятий по переработке сахарной свеклы на загрязнение водных объектов, определены концентрации загрязняющих веществ, которые превышают ПДК. Проанализированы показатели исследования природных вод, позволяющие оценить их экологическое состояние.

**Abstract:** the article discusses impact assessment of the effect wastewater from sugar beet processing enterprises on pollution water bodies is considered, concentrations pollutants that exceed the maximum permissible concentration are determined. The indicators of the study of natural waters are analyzed, allowing to assess their ecological state.

**Ключевые слова:** карта полей фильтрации, поверхностные водные объекты, сточные воды, образующиеся при переработке сахарной свеклы.

**Keywords:** map of filtration fields, surface water bodies, wastewater generated during sugar beet processing.

С каждым годом наблюдается тенденция ухудшения экологического состояния природных вод, возникающая в результате повышения антропогенной нагрузки на поверхностные водные объекты.

Проблема загрязнения поверхностных водных объектов сточными водами, образующимися при переработке сахарной свеклы, является наиболее актуальной для Тамбовской области вследствие увеличения объемов производства сахарной свеклы.

На территории Тамбовской области сахарная промышленность представлена 5 предприятиями. Одним из таких является сахарный завод ООО «Русагро-Тамбов» - Филиал «Жердевский». Указанное предприятие оказывает негативное влияние на водные объекты и прилегающие территории.

Актуальность возникающих экологических проблем связана с эксплуатацией полей фильтрации, используемых для очистки стоков предприятий. Поля фильтрации представляют собой особый тип техногенных водоемов, создаваемых для естественной биологической очистки сточных вод путем их фильтрации через почвенные горизонты. Поля фильтрации состоят из участков (карт), по внешнему периметру которых расположена система земельных валов для защиты прилегающей территории от промышленных стоков.

Увеличение мощности переработки сахарной свеклы, и существующая на данный момент времени площадь полей фильтрации не справляются с очищением такого потока сточных вод. В результате образовалось размытие обваловки карт полей фильтрации и загрязнение водных объектов: ручья Безымянный и реки Савала стоками сахарного производства.

Для анализа загрязненности природной воды были отобраны пробы сточной и природных вод в указанных точках.

Точка отбора №1 – сброс сточных вод с полей фильтрации в северо-восточной части (координаты: 51.810518, 41.528461).

Точка №2 - ручей Безымянный в районе проезда Совхозный г. Жердевка (координаты: 51.804763, 41.488859).

Точка №3 - место впадения ручья Безымянный в реку Савала (координаты: 51.790641, 41.474037).

Точка №4 - река Савала выше по течению (координаты: 51.792810, 41.467467).

Точка №5 - река Савала ниже по течению (координаты: 51.785822, 41.469791).

Отбор проб проводился в соответствии с требованиями ГОСТ Р 59024-2020 [1].

В пробах сточной и природных вод были определены следующие химические показатели: биохимическое потребление кислорода за 5 суток (БПК<sub>5</sub>), аммоний-ион, фосфат-ион, анионные поверхностно-активные вещества (АПАВ), водорастворимые формы железа.

Результаты исследований представлены в табл. 1.

Таблица 1 - Результаты химического анализа проб сточной и природных вод

Показатели	БПК <sub>5</sub> , мгО <sub>2</sub> /дм <sup>3</sup>	NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> , мг/дм <sup>3</sup>	PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> , мг/дм <sup>3</sup>	Fe <sub>общ</sub> , мг/дм <sup>3</sup>	АПАВ, мг/дм <sup>3</sup>
Место отбора проб					
Сброс сточных вод с полей фильтрации ООО «Русагро-Тамбов» - Филиал «Жердевский» в северо-восточной части	404 ± 36	36,6 ± 7,7	1,42 ± 0,20	Более 10	0,248 ± 0,079
ручей Безымянный в районе проезда Совхозный г. Жердевка	118 ± 11	17,3 ± 3,6	1,76 ± 0,24	7,9 ± 1,7	0,173 ± 0,052



Окончание таблицы 1

Показатели	БПК <sub>5</sub> , мгО <sub>2</sub> /дм <sup>3</sup>	НН <sub>4</sub> <sup>+</sup> , мг/дм <sup>3</sup>	РО <sub>4</sub> <sup>3-</sup> , мг/дм <sup>3</sup>	Fe <sub>общ</sub> , мг/дм <sup>3</sup>	АПAB, мг/дм <sup>3</sup>
Место отбора проб					
место впадения ручья Безымянный в реку Савала	33,3 ± 4,3	6,1 ± 1,3	0,312 ± 0,050	1,02 ± 0,20	0,091 ± 0,036
река Савала выше по течению	3,19 ± 0,83	0,46 ± 0,16	0,561 ± 0,078	0,077 ± 0,015	0,051 ± 0,020
река Савала ниже по течению	4,1 ± 1,1	0,57 ± 0,20	0,216 ± 0,035	0,063 ± 0,013	0,059 ± 0,024

По результатам проведенных исследований установлено, что концентрации загрязняющих веществ в природных водах превышают предельно допустимые концентрации (ПДК) вредных веществ в водах водных объектов рыбохозяйственного значения [2].

Сведения о показателях, по которым установлены превышения нормативов ПДК представлены в табл. 2.

Таблица 2 - Сведения о показателях, по которым установлены превышения нормативов ПДК

Место отбора проб, наименование загрязняющего вещества	Результаты измерений, мг/дм <sup>3</sup>	ПДК, мг/дм <sup>3</sup>	Превышение, раз
ручей Безымянный в районе проезда Совхозный г. Жердевка			
БПК <sub>5</sub> , мгО <sub>2</sub> /дм <sup>3</sup>	118	2,1	56
НН <sub>4</sub> <sup>+</sup> , мг/дм <sup>3</sup>	17,3	0,5	35
РО <sub>4</sub> <sup>3-</sup> , мг/дм <sup>3</sup>	1,76	0,2	8,8
Fe <sub>общ</sub> , мг/дм <sup>3</sup>	7,9	0,1	79
АПAB, мг/дм <sup>3</sup>	0,173	0,1	7,8
место впадения ручья Безымянный в реку Савала			
БПК <sub>5</sub> , мгО <sub>2</sub> /дм <sup>3</sup>	33,3	2,1	16

Окончание таблицы 2

Место отбора проб, наименование загрязняющего вещества	Результаты измерений, мг/дм <sup>3</sup>	ПДК, мг/дм <sup>3</sup>	Превышение, раз
$\text{NH}_4^+$ , мг/дм <sup>3</sup>	6,1	0,5	12
$\text{PO}_4^{3-}$ , мг/дм <sup>3</sup>	0,312	0,2	1,6
$\text{Fe}_{\text{общ}}$ , мг/дм <sup>3</sup>	1,02	0,1	10
река Савала выше по течению			
БПК <sub>5</sub> , мгО <sub>2</sub> /дм <sup>3</sup>	3,19	2,1	1,5
$\text{PO}_4^{3-}$ , мг/дм <sup>3</sup>	0,561	0,2	2,8
река Савала ниже по течению			
БПК <sub>5</sub> , мгО <sub>2</sub> /дм <sup>3</sup>	4,1	2,1	2,0
$\text{NH}_4^+$ , мг/дм <sup>3</sup>	0,57	0,5	1,1

В точке №3 – место впадения ручья Безымянный в реку Савала были отобраны пробы природной воды с периодичностью 5 дней. Результаты исследований представлены на диаграммах (рис. 1).

Полученные результаты исследования природной воды из реки Савала в месте впадения ручья Безымянный с 5-ти дневным интервалом отбора проб позволяют сделать выводы о увеличении концентраций БПК<sub>5</sub> и аммоний-иона. Следует отметить уменьшение концентраций фосфат-иона, АПАВ и водорастворимой формы железа с момента попадания сточных вод с полей фильтрации в ручей Безымянный и далее в реку Савала.

Наблюдается тенденция ухудшения экологического состояния реки Савала ниже по течению, связанная с усилением загрязненности промышленными стоками от сахарного завода ООО «Русагро-Тамбов» - Филиал «Жердевский». Увеличение концентраций БПК<sub>5</sub> и аммоний-иона может привести к серьезному нарушению биологических процессов, происходящих в водных объектах.

Данная проблема требует более детального рассмотрения экологических последствий от предприятий по переработке сахарной свеклы для Тамбовской области.

Необходимо проведение мероприятий по предотвращению загрязнения реки Савала, которая является объектом федерального значения.

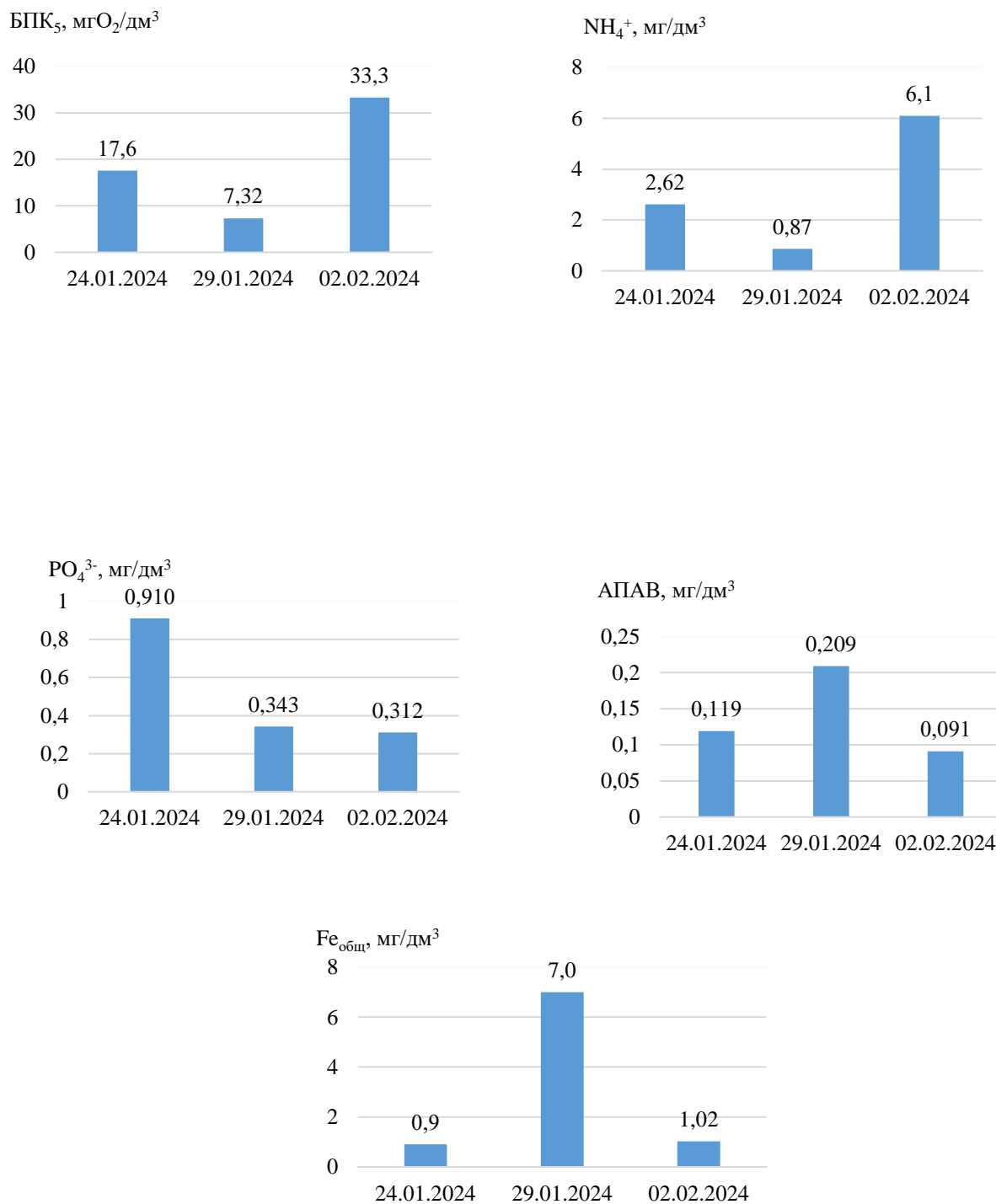


Рисунок 1 - Динамика концентраций БПК<sub>5</sub>, аммоний-иона, фосфат-иона, АПАВ и водорастворимых форм железа в месте впадения ручья Безымянный в реку Савала с периодичностью отбора проб 5 дней

### Список литературы

1. ГОСТ Р 59024-2020 «Вода. Общие требования к отбору проб». Утвержден и введен в действие Приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 10 сентября 2020 г. №640-ст. – 36 с.

2. Об утверждении нормативов качества водных объектов рыбохозяйственного значения, в том числе нормативов предельно допустимых концентраций вредных веществ в водах водных объектов рыбохозяйственного значения: Приказ Минсельхоза Российской Федерации №552 от 13.12.2017 г. (ред. от 12.10.2020 г. и от 10.03.2022 г.) // СПС Консультант Плюс.

### References

1. GOST R 59024-2020 «Water. General requirements for sampling». Approved and put into effect by Order of the Federal Agency for Technical Regulation and Metrology of September 10, 2020 № 640-st-36 p.

2. On approval of quality standards for water bodies of fishery significance, including standards of maximum permissible concentrations of harmful substances in the waters of water bodies of fishery significance: Order of the Ministry of Agriculture of the Russian Federation №552 of 13.12.2017 (ed. of 12.10.2020 and 10.03.2022) // SPS Consultant Plus.

Научное издание

ЦИРКУЛЯРНАЯ ЭКОНОМИКА ДЛЯ ЦЕЛЕЙ  
УСТОЙЧИВОГО РАЗВИТИЯ ОТРАСЛЕЙ И ТЕРРИТОРИЙ

Материалы Национальной научно-практической конференции  
Воронеж, 14-15 мая 2024 г.

Ответственный редактор Т.Л. Ищенко

Материалы публикуются в авторской редакции

Подписано к изданию 04.09.2024. Объем данных 28,5 Мб  
ФГБОУ ВО «Воронежский государственный лесотехнический университет  
имени Г.Ф. Морозова»  
394087, г. Воронеж, ул. Тимирязева, 8