

**ПРИМЕНЕНИЕ НАНОЧАСТИЦ ОКСИДА МАГНИЯ
В СОСТАВАХ ДЛЯ МОДИФИЦИРОВАНИЯ ДРЕВЕСИНЫ**
THE USE OF MAGNESIUM OXIDE NANOPARTICLES
IN WOOD MODIFICATION FORMULATIONS

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

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

Дмитренков А.И., кандидат технических наук, доцент 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

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

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

Смирнова Т.С., студент ФГБОУ ВО «Воронежский государственный лесотехнический университет имени Г.Ф. Морозова», Воронеж, Россия

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

Жужукин К.В., кандидат технических наук, старший преподаватель ФГБОУ ВО «Воронежский государственный лесотехнический университет имени Г.Ф. Морозова», Воронеж, Россия

Zhuzhukin K.V., PhD in Engineering, Senior lecturer, 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.

Abstract: New formulations for processing pine wood based on waste vegetable oil 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.

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

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

Постоянно растущее загрязнение окружающей среды во всем мире и спрос на экологически чистые продукты обусловили активизацию исследований в области получения продуктов возобновляемого происхождения. К таким продуктам относятся натуральные растительные масла, такие как подсолнечное, льняное и другие. Поэтому в настоящее время очень актуальны исследования, направленные на создание покрытий для природной древесины на основе таких натуральных масел [1-2].

Растительные масла представляют собой триглицериды, образующиеся в результате этерификации глицерина насыщенными или ненасыщенными жирными кислотами с различным процентом ненасыщенности. Сочетание таллового масла с льняным маслом улучшает сохранность древесины. Включение льняного масла с борной кислотой снижает выщелачиваемость и повышает эффективность против термитов.

Цельные биомасла и их фракции, богатые лигнином, были изучены как потенциальные экологически безопасные консерванты древесины для замены систем на основе металлов ССА и меди, которые вызывают экологические проблемы. Пиролитическое биомасло, получаемое из скорлупы плодов пальмы, было эффективным против термитов сухой древесины и особенно против грибов с синевой, вида *Ceratocystis*.

Динамически развивающееся промышленное производство создает все больше отходов, которые требуют утилизации. К таким широко распространенным отходам относятся отработанные растительные масла, которые образуются после обжаривания продуктов во фритюре. Эти фритюрные масла могут быть с успехом применены в качестве основы составов для защиты древесины.

Растительные масла чаще всего променяют в виде эмульсий. Сканирующей электронной микроскопией показано, 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 [3-5]. 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, что приводит к появлению новых свойств поверхности природной древесины и получаемых

самых древесных композитов. Это связано с тем, что наночастицы имеют размеры существенно меньшие, чем углубления в клеточной стенке природной древесины. Обработка на основе наноматериалов обеспечивает изделиям из древесины лучшие эксплуатационные характеристики изделий, чем обычная обработка древесины. Эти обработки могут улучшить устойчивость к царапинам и истиранию, блокировку ультрафиолетового излучения, способность реагировать на огонь и гигроскопичность, не влияя на внешний вид древесины.

Продление срока службы древесины с использованием наноматериалов в качестве консервантов древесины и антипиренов в настоящее время представляет собой привлекательный подход к защите древесины. Эти передовые материалы демонстрируют хороший потенциал для использования в качестве альтернативы обычным консервантам для древесины и антипиренам. Наноматериалы могут защищать древесину от различных факторов, влияющих на ее качество, включая микроорганизмы, атмосферные воздействия и ультрафиолетовое излучение. Необходимо изучить потенциальные области применения наноматериалов для продления срока службы древесины.

Наночастицы некоторых неорганических металлов замедляют процесс разложения, связанный с поражением грибами или бактериями и ультрафиолетовым излучением. Использование наночастиц на основе металлов выгодно из-за их высокого проникновения в древесину благодаря размеру и площади поверхности. Более высокое проникновение приводит к усилению защиты древесины. Однородное распределение и полное проникновение наночастиц на основе металлов внутрь древесины достижимы при условии, что размер наночастиц меньше диаметра углубления в клеточной стенке древесины.

Наночастицы на основе металлов, которые обычно и экстенсивно используются для защиты древесины, включают медь, серебро и золото. Причина такого распространенного использования заключается в их эффективности и стабильности после нанесения. Пропитка с использованием наночастиц оксида меди показала улучшение стабильности размеров древесины. Показано [6], что использование наноразмерного оксида цинка в сочетании с отработанными растительными маслами позволяет существенно улучшить водозащитные свойства древесины. Хотя нанотехнологии обладают рядом преимуществ, таких как снижение токсичности и более равномерное распределение биоцидных агентов, а также предотвращение выщелачивания и разложения, необходимы дополнительные исследования, чтобы полностью понять потенциальные возможности применения наноматериалов для консервации древесины.

Целью данной работы явилась исследование новых составов для обработки древесины сосны с применением наночастиц оксида магния.

В качестве объектов исследования были выбраны образцы древесины сосны стандартных размеров.

Пропиточный состав готовили на основе отработанного фритюрного масла. Для большей эффективности в него 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 %. Пропитку проводили при температуре модифицирующего состава 120 °С в течение 30 минут.

В табл. 1 приведены показатели влаго- и водостойкости древесины обработанных и необработанных образцов после 30 суток испытаний в воде.

Таблица 1 – Основные показатели обработанной и необработанной древесины сосны

Пропиточный состав	Показатель влагопоглощения, %	Показатель водопоглощения, %	Разбухание в тангенциальном направлении, %	Разбухание в радиальном направлении, %
Натуральная древесина	17,3	136,7	7,20	5,11
Чистое фритюрное масло	14,1	97,4	6,61	4,72
Фритюрное масло с 1% древесной муки и 0,1 % оксида магния	12,0	69,4	7,15	5,02
Фритюрное масло с 1% древесной муки и 0,01 % оксида магния	13,7	57,4,5	6,31	4,57
Фритюрное масло с 1% древесной муки, 0,01 % оксида магния и 1 % сиккатива	11,6	37,8	7,01	4,80

Применение в составах для модифицирования древесины наночастиц оксида магния позволяет улучшить водозащитные показатели 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. Наилучшие значения влаго- и водостойкости отмечены у древесных композитов, содержащих 1 % древесной муки, 0,01 % наноразмерного оксида магния и 1 % сиккатива. Для таких образцов влагопоглощение 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 образцов, обработанных с применением наночастиц оксида магния, снизилось в 3,5 раза по сравнению с необработанной древесиной и в 2 раза по сравнению с обработанной чистым растительным маслом.

Список литературы

1. Salla J., Pandey K. K., Srinivas K. Improvement of UV resistance of wood surfaces by using ZnO nanoparticles // Polymer degradation and stability. – 2012. – Т. 97. – №. 4. – С. 592-596.

2. Santos L. P. et al. Environmentally friendly, high-performance fire retardant made from cellulose and graphite // *Polymers*. – 2021. – T. 13. – №. 15. – C. 2400.
3. Tailong Cai, Xiaoyuan Shen, Erzhao Huang, Yutao Yan, Xiaoping Shen, Fengqiang Wang, Zhe Wang, Qingfeng Sun. Ag nanoparticles supported on MgAl-LDH decorated wood veneer with enhanced flame retardancy, water repellency and antimicrobial activity, *Colloids and Surfaces A: Physicochemical and Engineering Aspects*, 2020. Vol. 598. P. 124878 ISSN 0927-7757. <https://doi.org/10.1016/j.colsurfa.2020.124878>.
4. Sulafa Holy, TemizA. et al. Physical properties, thermal and fungal resistance of Scots pine wood treated with nano-clay and several metal-oxides nanoparticles // *Wood Material Science and Engineering*. 2020. Vol. 16(1). P. 1. DOI: 10.1080/17480272.2020.1836023
5. Zhe Qiu, Zefang Xiao, Likun Gao, Jian Li, Haigang Wang, Yonggui Wang, Yanjun Xie. Transparent wood bearing a shielding effect to infrared heat and ultraviolet via incorporation of modified antimony-doped tin oxide nanoparticles // *Composites Science and Technology*. 2019. Vol. 172. pp. 43-48. ISSN 0266-3538, <https://doi.org/10.1016/j.compscitech.2019.01.005>.
6. Томина Е.В., Дмитренко А.И., Жужукин К.В. Использование наноразмерного зно в составах для защитной обработки древесины. *Известия высших учебных заведений. Лесной журнал*. 2022. № 4. С. 173-184.

References

1. Salla J., Pandey K. K., Srinivas K. Improvement of UV resistance of wood surfaces by using ZnO nanoparticles // *Polymer degradation and stability*. – 2012. – T. 97. – №. 4. – C. 592-596.
2. Santos L. P. et al. Environmentally friendly, high-performance fire retardant made from cellulose and graphite // *Polymers*. – 2021. – T. 13. – №. 15. – C. 2400.
3. Tailong Cai, Xiaoyuan Shen, Erzhao Huang, Yutao Yan, Xiaoping Shen, Fengqiang Wang, Zhe Wang, Qingfeng Sun, Ag nanoparticles supported on MgAl-LDH decorated wood veneer with enhanced flame retardancy, water repellency and antimicrobial activity, *Colloids and Surfaces A: Physicochemical and Engineering Aspects*, 2020. Vol. 598. P. 124878 ISSN 0927-7757. <https://doi.org/10.1016/j.colsurfa.2020.124878>.
4. Sulafa Holy, TemizA. et al Physical properties, thermal and fungal resistance of Scots pine wood treated with nano-clay and several metal-oxides nanoparticles // *Wood Material Science and Engineering*. 2020. Vol. 16(1). P. 1. DOI: 10.1080/17480272.2020.1836023
5. Zhe Qiu, Zefang Xiao, Likun Gao, Jian Li, Haigang Wang, Yonggui Wang, Yanjun Xie, Transparent wood bearing a shielding effect to infrared heat and ultraviolet via incorporation of modified antimony-doped tin oxide nanoparticles // *Composites Science and Technology*. 2019. Vol. 172. pp. 43-48. ISSN 0266-3538, <https://doi.org/10.1016/j.compscitech.2019.01.005>.
6. Tomina E.V., Dmitrienko V. A.I., Zhuzhukin K.V. The use of nanoscale zno in compositions for protective wood processing. *News of higher educational institutions. Forest Journal*. 2022. No. 4. pp. 173-184.