

**ИСПОЛЬЗОВАНИЕ НАНОРАЗМЕРНОГО ОКСИДА ЦИНКА  
В КОМПОЗИЦИЯХ НА ОСНОВЕ ДРЕВЕСИНЫ**  
THE USE OF NANOSCALE ZINC OXIDE IN WOOD-BASED COMPOSITIONS

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

**Neminushchaya S.A.**, student FGBOU VO «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, Россия, Воронеж

**Tomina E.V.**, Dr. Sci. (Chem.), head of the Department of Chemistry, FGBOU VO «Voronezh State University of Forestry and Technologies named after G.F. Morozov», Voronezh, Russia

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

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

**Аннотация:** Целью данной работы было исследование составов на основе отходов растительного масла и наноразмерных частиц оксида цинка для обработки натуральной древесины. Для синтеза наночастиц оксида цинка применяли золь-гель метод. Синтезированные наночастицы оксида цинка не содержали примесей и имели форму близкую к сферической, а их размер не превышал 20 нм. Использовали свежеприготовленные суспензии наночастиц оксида цинка в отработанном растительном масле с их содержанием в количестве 0,1; 0,5 и 1,0 мас. Части на 100 частей масла. Обработку древесины осуществляли методом горяче-холодной пропитки. Испытания проводили на образцах древесины березы и сосны стандартных размеров. У модифицированных образцов определяли краевой угол смачивания, влаго- и водопоглощение, а также их разбухание. Показано, что использование в составах на основе отходов растительного масла наночастиц оксида цинка позволяет существенно уменьшить показатели влаго- и водостойкости древесины и снизить ее разбухание. Выбраны оптимальные дозировки нанопорошка, вводимого в отработанное растительное масло, и условия пропитки. Используемые составы на основе отходов растительного масла отличаются экологической безопасностью, а получаемые образцы древесины имели улучшенный внешний вид.

**Summary:** The aim of this work was to study compositions based on vegetable oil waste and nanoscale zinc oxide particles for processing natural wood. The sol-gel method was used for the synthesis of zinc oxide nanoparticles. The synthesized zinc oxide nanoparticles did not contain impurities and had a shape close to spherical, and their size did not exceed 20 nm. We used freshly prepared suspensions of zinc oxide nanoparticles in used vegetable oil with their content in the amount of 0.1, 0.5 and 1.0 wt. parts per 100 parts of oil. The wood was treated by hot-cold impregnation. The tests were carried out on samples of birch and pine wood of standard sizes. In the modified samples, the wetting angle, moisture and water absorption, as well as their swelling were determined. It is shown that the use of zinc oxide nanoparticles in compositions based on vegetable oil waste can significantly reduce the moisture and water resistance of wood and reduce its swelling. The optimal dosages of the nanopowder introduced into the used vegetable oil and the conditions of impregnation were selected. The compositions used on the basis of vegetable oil waste are characterized by environmental safety, and the resulting wood samples had an improved appearance.

**Ключевые слова:** наноразмерный оксид цинка, древесина, суспензия, краевой угол смачивания, водопоглощение, влагопоглощение.

**Keywords:** nanoscale zinc oxide, wood, suspension, wetting edge angle, water absorption, moisture absorption.

Перспективным направлением защитной обработки древесины является ее пропитка составами на основе наноразмерных частиц оксида цинка и оксидов других металлов [1-4]. Обработка такими составами позволяет не только улучшить водоотталкивающие свойства поверхности древесины, снизить ее водопоглощение, но и повысить стойкость к воздействию грибов. В работах [5-6] показана высокая эффективность использования отработанных растительных масел, являющимися отходами пищевой промышленности, для обработки и модификации древесины.

Целью данной работы было исследование составов на основе отходов растительного масла и наноразмерных частиц оксида цинка для обработки натуральной древесины. Для синтеза наночастиц оксида цинка применяли золь-гель метод. В качестве исходного вещества для синтеза наночастиц оксида цинка использовали нитрат цинка  $Zn(NO_3)_2 \cdot 6H_2O$ , а в качестве осадителя – водный раствор аммиака. Размер и морфологию частиц синтезированного порошка определяли по данным просвечивающей электронной микроскопии. Синтезированные наночастицы оксида цинка не содержали примесей и имели форму близкую к сферической, а их размер не превышал 20 нм. Размер агломератов частиц оксида цинка составлял не более 100 нм. Такие характеристики наночастиц оксида цинка позволяют ожидать достаточно легкого их проникновения в структуры древесины и закрепления в них.

В качестве масляной основы разработанных пропиточных составов применяли использованное после приготовления пищи рафинированное подсолнечное масло. Растительное масло предварительно отстаивали и профильтровывали. В качестве наполнителя применяли синтезированный нанопорошок оксида цинка. Обработку древесины осуществляли методом горяче-холодной пропитки. Для пропитки древесины использовали

свежеприготовленные суспензии наночастиц оксида цинка в отработанном растительном масле с их содержанием в количестве 0,1; 0,5 и 1,0 мас. Части на 100 частей масла. Для этого к заданному объему растительного масла постепенно добавляли определенное количество нанопорошка при перемешивании магнитной мешалкой. Полученный пропиточный состав нагревали до заданной температуры, в который помещали образцы древесины и выдерживали в течение определенного времени, затем переносили в пропиточный состав, имеющий температуру окружающей среды, где пропитка проходила в течение такого же времени.

Исследования проводили на образцах древесины березы и сосны стандартных размеров. У модифицированных образцов определяли краевой угол смачивания, влаго- и водопоглощение, а также их разбухание в радиальном и тангенциальном направлениях.

В таблице 1 представлены результаты определения разбухания, влаго- и водопоглощения необработанной древесины берёзы и обработанной составами на основе отработанного растительного масла.

**Таблица 1.** Показатели разбухания, влаго- и водопоглощения древесины берёзы

Состав для пропитки	Содержание пропиточного состава, %	После 1 суток испытаний				После 30 суток испытаний			
		Влагопоглощение, %	Водопоглощение, %	Разбухание в тангенциальном направлении, %	Разбухание в радиальном направлении, %	Влагопоглощение, %	Водопоглощение, %	Разбухание в тангенциальном направлении, %	Разбухание в радиальном направлении, %
Древесина березы без обработки	-	9,3	65,6	10,8	7,7	25,4	122,8	12,2	8,3
Отработанное растительное масло	74,1	2,6	9,7	4,3	2,9	15,5	31,1	9,8	8,1
Отработанное растительное масло с 1 % нанопорошка оксида цинка	58,8	3,8	10,3	4,4	3,3	19,0	32,0	10,5	8,0

Отработанное растительное масло с 0,5 % нанопорошка оксида цинка	68,2	2,8	10,1	3,1	2,4	17,6	31,7	9,6	7,6
Отработанное растительное масло с 0,1 % нанопорошка оксида цинка	81,2	1,6	7,1	3,0	2,4	13,7	26,7	9,2	7,3

Использование наноразмерного оксида цинка в составах на основе отработанного растительного масла в оптимальной дозировке (0,1 %) существенно повышает краевой угол смачивания модифицированной древесины, делая её поверхность особенно гидрофобной. Применение в качестве наполнителя нанопорошка оксида цинка способствует закреплению растительного масла в полостях древесного материала, о чем говорит количество введенного пропиточного состава.

Показано, что использование в составах на основе отходов растительного масла наночастиц оксида цинка позволяет существенно уменьшить показатели влаго- и водостойкости древесины и снизить ее разбухание. Выбраны оптимальные дозировки нанопорошка, вводимого в отработанное растительное масло, и условия пропитки древесины разных пород. Разработанные составы на основе отходов растительного масла и наноразмерного оксида цинка отличаются экологической безопасностью для человека и животных, а получаемые образцы древесины имели улучшенный внешний вид. Кроме того, применение предлагаемой технологии позволит утилизировать отходы пищевой промышленности.

### Список литературы

1. Tailong Cai, Xiaoyuan Shen, Erzhuo 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*, Vol. 598. 2020. 124878 ISSN 0927-7757. <https://doi.org/10.1016/j.colsurfa.2020.124878>.
2. 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*. Vol. 16(1). P. 1. DOI: 10.1080/17480272.2020.1836023

3. 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*. Vol. 172. 2019. Pp. 43-48. ISSN 0266-3538, <https://doi.org/10.1016/j.compscitech.2019.01.005>.
4. Lulu Xu, Ye Xiong, Baokang Dang, Zhangning Ye, Chunde Jin, Qingfeng Sun, Xiaohong Yu, 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*, Vol. 182. 2019. 108006, ISSN 0264-1275. <https://doi.org/10.1016/j.matdes.2019.108006>.
5. 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. DOI: 10.34220/issn.2222-7962/2020.2/16.
6. Дмитренко А.И., Ходосова Н.А., Боровской А.М., Недзельская Е.А., Заяц В.В. Использование отработанного растительного масла для получения древесных композитов // *Сорбционные и хроматографические процессы*. 2021. № 1. С. 127-133. DOI: <https://doi.org/10.17308/sorpchrom.2021.21/3228>.

### References

1. Tailong Cai, Xiaoyuan Shen, Erzhuo 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*, Vol. 598. 2020. 124878 ISSN 0927-7757. <https://doi.org/10.1016/j.colsurfa.2020.124878>.
2. 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*. Vol. 16(1). P. 1. DOI: 10.1080/17480272.2020.1836023.
3. 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*. Vol. 172. 2019. Pp. 43-48. ISSN 0266-3538, <https://doi.org/10.1016/j.compscitech.2019.01.005>.
4. Lulu Xu, Ye Xiong, Baokang Dang, Zhangning Ye, Chunde Jin, Qingfeng Sun, Xiaohong Yu, 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*, Vol. 182. 2019. 108006, ISSN 0264-1275. <https://doi.org/10.1016/j.matdes.2019.108006>.
5. Dmitrenkov A.I., Nikulin S.S., Nikulina N.S., Borovskaya A.M., Nedzelskaya E.A. Investigation of the process of impregnation of birch wood with waste vegetable oil // *Forestry journal*. 2020. Vol. 10. No. 2. P.161-168. DOI: 10.34220/issn.2222-7962/2020.2/16.
6. Dmitrenkov A.I., Khodosova N.A., Borovskaya A.M., Nedzelskaya E.A., Zayats V.V. The use of waste vegetable oil for the production of wood composites // *Sorption and chromatographic processes*. 2021. No. 1. P.127-133. DOI: <https://doi.org/10.17308/sorpchrom.2021.21/3228>.