

# ДРЕВЕСНЫЕ КОМПОЗИЦИОННЫЕ МАТЕРИАЛЫ

## WOOD COMPOSITES

Научная статья

УДК 678

### ИССЛЕДОВАНИЕ ТЕМПЕРАТУРЫ ПЛАВЛЕНИЯ ГИДРОФОБИЗАТОРОВ ДЛЯ ПОЛИМЕРНЫХ КОМПОЗИЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ

Шаноза Раджамадовна Мамадгулова<sup>1</sup>, Евгений Евгеньевич Воронцов<sup>2</sup>,  
Алексей Евгеньевич Шкуро<sup>3</sup>, Виктор Владимирович Глухих<sup>4</sup>

<sup>1, 2, 3, 4</sup> Уральский государственный лесотехнический университет,

Екатеринбург, Россия

<sup>1</sup> mamadgulovas@mail.ru

<sup>2</sup> vorontsovee@m.usfeu.ru

<sup>3</sup> shkuruae@m.usfeu.ru

<sup>4</sup> gluhihvv@m.usfeu.ru

**Аннотация.** Композиты с полимерной фазой простых эфиров целлюлозы и лигноцеллюлозными наполнителями характеризуются высокими показателями физико-механических свойств и высокой степенью к биоразложению в грунте. Для повышения водостойкости таких композитов применяются различные гидрофобизаторы. Целью настоящей работы являлось определение закономерности влияния компонентного состава гидрофобизатора на его температуру плавления. В результате проведения исследования было установлено, что все исследуемые компоненты гидрофобизирующих покрытий для полимерных композиционных материалов увеличивают температуру плавления композиции.

**Ключевые слова:** температура плавления, полимерные композиционные материалы, водостойкость, гидрофобизаторы

**Для цитирования:** Исследование температуры плавления гидрофобизаторов для полимерных композиционных материалов / Ш. Р. Мамадгулова, Е. Е. Воронцов, А. Е. Шкуро, В. В. Глухих // Деревообработка: технологии, оборудование, менеджмент XXI века. 2023. С. 140–145.

## INVESTIGATION OF THE MELTING TEMPERATURE OF HYDROPHOBIZERS FOR POLYMER COMPOSITE MATERIALS

Shanoza R. Mamadgulova<sup>1</sup>, Evgeny E. Vorontsov<sup>2</sup>, Alexei E. Shkuro<sup>3</sup>, Viktor V. Glukhikh<sup>4</sup>

<sup>1, 2, 3, 4</sup> Ural State Forest Engineering University, Yekaterinburg, Russia

<sup>1</sup> mamadgulovas@mail.ru

<sup>2</sup> vorontsovee@m.usfeu.ru

<sup>3</sup> shkuruae@m.usfeu.ru

<sup>4</sup> gluhihvv@m.usfeu.ru

**Abstract.** Composites with a polymeric phase of cellulose ethers and lignocellulosic fillers are characterized by high physical and mechanical properties and a high degree of biodegradation in soil. To improve the water resistance of such composites, various water repellents are used. The purpose of this work was to establish patterns of influence of the component composition of the water repellent on its melting point. As a result of the study, it was found that all the studied components of hydrophobic coatings for polymer composite materials increase the melting point of the composition.

**Keywords:** melting point, polymer composite materials, water resistance, water repellents

**For citation:** Investigation of the melting temperature of water repellents for polymer composite materials / Sh. R. Mamadgulova, E. E. Vorontsov, A. E. Shkuro, V. V. Glukhikh // Woodworking : technologies, equipment, management of the XXI century. 2023. P. 140–145.

Композиты с полимерной фазой простых эфиров целлюлозы и лигноцеллюлозными наполнителями демонстрируют высокие показатели физико-механических свойств и способность к биоразложению в грунте [1]. Основной проблемой, препятствующей их применению в промышленности, является низкая водостойкость. Перед научным сообществом стоит нетривиальная задача создания гидрофобизирующего состава, способного обеспечить рассматриваемым композитам водостойкость на уровне композитов с полимерными фазами крупнотоннажных синтетических термопластов и в то же время сохранить биodeградируемость материала на высоком уровне. Сочетание этих требований заставляет исследователей обращать первоочередное внимание на гидрофобизаторы природного происхождения.

Стеариновая кислота – один из видов насыщенных жирных кислот в природе – часто используется для повышения гидрофобности упаковочных материалов для пищевых продуктов [2].

Парафин является производным сырой нефти, состоящим из сложных смесей углеводородов, которые находят множество промышленных применений, например в производстве свечей, покрытий для древесины, добавок к пластмассам и резине [3].

Желатин – это натуральный белок, получаемый в результате частичного гидролиза коллагена из тел животных. Благодаря низкой стоимости, изобилию, биосовместимости, биоразлагаемости и функциональным свойствам желатин является одним из наиболее универсальных биоматериалов, используемых в пищевых продуктах, фармацевтических и медицинских отраслях промышленности [4].

Канифоль представляет собой смолу хвойных деревьев, которая очищается по особой технологии. Канифоль находит широкое применение в пищевой и фармацевтической областях.

Клей мездровый – это белковый продукт, получаемый путем переработки коллагенсодержащего сырья (обрезков кож и т. д.). Мездровый клей очень активно используют в деревообрабатывающей, бумажной и мебельной промышленности.

Льняное масло является наиболее широко используемой натуральной олифой и основным ингредиентом печатных красок и лакокрасочных материалов.

В процессе производства полиэтиленовых гранул побочным продуктом является полиэтиленовый воск [5]. Материал применяется во множестве отраслей: в производстве клеевых расплавов, древесно-полимерных композитов, добавок, красок, дорожных модификаторов и покрытий.

Целью настоящей работы являлось установление закономерности влияния компонентного состава гидрофобизатора на его температуру плавления. В задачи исследования входили получение составов с различным содержанием природных гидрофобизаторов, оценка однородности их расплавов и растворимости в этиловом спирте.

Для получения гидрофобизирующих составов использовались следующие компоненты: полиэтиленовый воск (ПВ-200 производства ООО «Русский воск»), стеариновая кислота (ГОСТ 6484–96), парафин (ГОСТ 23683–2021), желатин пищевой (ГОСТ 11293–2017), канифоль (ГОСТ 19113–84), мездровый клей (ГОСТ 3252–80) и льняное масло (ГОСТ 5791–81).

Для определения характера влияния компонентного состава гидрофобизатора на температуру его плавления был составлен и реализован план эксперимента Плэккетта – Бермана. Матрица планирования эксперимента с натуральными значениями факторов представлена в табл. 1.

Температура плавления гидрофобизирующих составов определялась по следующей методике: взвешивание компонентов проводилось на технических весах, затем осуществлялось смешение компонентов вручную, после чего композицию нагревали в фарфоровом стакане на песчаной бане на элект-

трической плите. Для измерения температуры смеси использовался портативный контактный термометр TP3001. За температуру плавления принимали температуру полного перехода смеси в жидкое состояние.

Таблица 1

Матрица планирования эксперимента с натуральными значениями факторов

№ опыта	Содержание компонента, мас. %						
	ПЭ-воск	Стеарин	Парафин	Желатин	Кани-фоль	Мездровый клей	Льняное масло
1	0,0	44,4	44,4	0,0	0,0	11,1	0,0
2	0,0	66,7	0,0	0,0	16,7	0,0	16,7
3	25,0	25,0	25,0	6,3	6,3	6,3	6,3
4	44,4	44,4	0,0	11,1	0,0	0,0	0,0
5	66,7	0,0	0,0	0,0	0,0	16,7	16,7
6	0,0	0,0	66,7	16,7	0,0	0,0	16,7
7	0,0	0,0	0,0	33,3	33,3	33,3	0,0
8	0,0	0,0	80,0	0,0	20,0	0,0	0,0

Результаты эксперимента приведены в табл. 2.

Таблица 2

Результаты эксперимента

№ опыта	Температура плавления, °С	Цвет расплава	Характеристика однородности расплава	Растворимость гидрофобизатора в спирте
1	79	Желтый	Однородный	Нерастворим
2	70	Желтый	Однородный	Нерастворим
3	90	Желтый	Однородный	Малорастворим
4	90	Желтый	Однородный	Нерастворим
5	93	Желтый	Неоднородный	Малорастворим
6	90	Желтый	Неоднородный	Малорастворим
7	200	Желтый	Неоднородный	Малорастворим
8	80	Желтый	Однородный	Нерастворим

Полученные образцы гидрофобизаторов плохо растворимы в этиловом спирте. Наиболее однородные смеси растворяются несколько лучше неоднородных.

По результатам анализа экспериментальных данных было получено уравнение регрессии, описывающее влияние входных факторов на температуру плавления, с доверительной вероятностью  $P \geq 0,95$  и коэффициентом

детерминации  $R^2 \geq 0,99$ . Регрессионная статистика разработанной экспериментально-статистической модели представлена в табл. 3.

Таблица 3

Регрессионная статистика разработанной экспериментально-статистической модели

№	Компонент	Коэффициент в уравнении регрессии $b$	Стандартная ошибка	P-значение
1	ПЭ-воск	0,84	0,08	0,01
2	Стеарин	0,63	0,06	0,01
3	Парафин	0,66	0,05	0,01
4	Желатин	2,51	0,22	0,01
5	Канифоль	1,44	0,21	0,02
6	Мездровый клей	2,07	0,25	0,01

Установлено, что все исследуемые компоненты гидрофобизирующих покрытий для полимерных композиционных материалов увеличивают температуру плавления композиции. По величине коэффициентов  $b$  в итоговом уравнении регрессии можно сделать вывод о том, что наименьший вклад в величину температуры плавления гидрофобизатора вносят полиэтиленовый воск ( $b = 0,84$ ), стеариновая кислота ( $b = 0,63$ ) и парафин ( $b = 0,66$ ); наибольший – желатин ( $b = 2,51$ ), канифоль ( $b = 1,44$ ) и мездровый клей ( $b = 2,07$ ).

Установленные в результате исследования закономерности влияния состава композиций гидрофобизатора в дальнейшем планируется использовать для получения водостойких покрытий для полимерных композиционных материалов с полимерной фазой простых эфиров целлюлозы.

### Список источников

1. Влияние содержания карбоксиметилцеллюлозы и этилцеллюлозы на свойства композиционных материалов / Ш. Р. Мамадгулова, А. Е. Шкуро, П. С. Захаров, В. В. Глухих // Эффективный ответ на современные вызовы с учетом взаимодействия человека и природы, человека и технологий: социально-экономические и экологические проблемы лесного комплекса. Екатеринбург : УГЛТУ, 2023. С. 492–497.

2. Preparation of cost-effective and hydrophobic freshness indicating labels based on passion fruit peel powder and stearic acid / Y. Dawei, L. Chenchen, W. Zeyu [et al] // Food Bioscience : 2023. Vol. 53. P. 102758. URL: <https://doi.org/10.1016/j.fbio.2023.102758>.

3. Encapsulation of paraffin-magnetite, paraffin, and polyethylene glycol in concretes as thermal energy storage / A. P. Tetuko, A. M. S. Sebayang, A. Fachredzy [et al] // Journal of Energy Storage : 2023. Vol. 68. P. 107684. URL: <https://doi.org/10.1016/j.est.2023.107684>.

4. Gelatin as a bioactive nanodelivery system for functional food applications / Y. Tan, Y. Zi, J. Peng [et al.] // *Food Chemistry : electronic journal* : 2023. Vol. 53. P. 136265. URL: <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2023.136265>.

5. Alternative liquid fuel from pyrolysis of polyethylene wax / C. Chaiyan, P. Nattamon, B. Butsayaporn, C. Benjapon // *Energy Reports* : 2020. Vol. 6. P. 1262–1267. URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2352484720314700>.

## References

1. Influence of the content of carboxymethyl cellulose and ethyl cellulose on the properties of composite materials / Sh. R. Mamadgulova, A. E. Shkuro, P. S. Zakharov, V. V. Glukhikh // *Effective response to modern challenges, taking into account the interaction of man and nature , human and technology: socio-economic and environmental problems of the forest complex*. Yekaterinburg : USFEU, 2023. P. 492–497. (in Russ.)

2. Preparation of cost-effective and hydrophobic freshness indicating labels based on passion fruit peel powder and stearic acid / Y. Dawei, L. Chenchen, W. Zeyu [et al.] // *Food Bioscience: electronic journal*. URL: <https://doi.org/10.1016/j.fbio.2023.102758>. 2023. T. 53. S. 102758.

3. Encapsulation of paraffin-magnetite, paraffin, and polyethylene gly-col in concretes as thermal energy storage / A. P. Tetuko, A. M. S. Seba-yang, A. Fachredzy [et al.] // *Journal of Energy Storage: electronic journal*. URL: <https://doi.org/10.1016/j.est.2023.107684>. 2023. T. 68. P. 107684.

4. Gelatin as a bioactive nanodelivery system for functional food applications / Y. Tan, Y. Zi, J. Peng [et al.] // *Food Chemistry : electronic journal*. URL: <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2023.136265>. 2023. T. 423. C. 136265.

5. Alternative liquid fuel from pyrolysis of polyethylene wax / C. Chaiyan, P. Nattamon, B. Butsayaporn, C. Benjapon // *Energy Reports : electronic journal*. URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2352484720314700>. 2020. T. 6. P. 1262–1267.