

Научная статья
УДК 691.175.2

**ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ СОДЕРЖАНИЯ
КАРБОКСИМЕТИЛЦЕЛЛЮЛОЗЫ И ЭТИЛЦЕЛЛЮЛОЗЫ
НА СКОРОСТЬ БИОРАЗЛОЖЕНИЯ
КОМПОЗИЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ**

**Шаноза Раджамадовна Мамадгулова¹, Павел Сергеевич
Захаров², Алексей Евгеньевич Шкуро³, Виктор Владимирович Глухих⁴**

^{1, 2, 3, 4} Уральский государственный лесотехнический университет,

Екатеринбург, Россия

¹ mamadgulovas@mail.ru

² zaharovps@m.usfeu.ru

³ shkuroae@m.usfeu.ru

⁴ gluhihvv@m.usfeu.ru

Аннотация. Приведены результаты исследований по оценке влияния содержания карбоксиметилцеллюлозы и этилцеллюлозы на скорость биоразложения композиционных материалов на основе карбоксиметилцеллюлозы, этилцеллюлозы и древесной муки.

Ключевые слова: карбоксиметилцеллюлоза, этилцеллюлоза, древесная мука, полимерные композиционные материалы, биоразложение

Scientific article

**STUDY OF THE EFFECT OF THE CONTENT OF
CARBOXYMETHYLCELLULOSE AND ETHYLCELLULOSE ON THE
RATE OF BIODEGRADATION OF COMPOSITE MATERIALS**

**Shanoza R. Mamadgulova¹, Pavel S. Zakharov², Aleksey Ye. Shkuro³,
Viktor V. Glukhikh⁴**

^{1, 2, 3, 4} Ural State Forest Engineering University, Yekaterinburg, Russia

¹ mamadgulovas@mail.ru

² zaharovps@m.usfeu.ru

³ shkuroae@m.usfeu.ru

⁴ gluhihvv@m.usfeu.ru

Annotation. In this work, studies were carried out to assess the effect of the content of carboxymethyl cellulose and ethyl cellulose on the rate of biodegradation of composite materials based on carboxymethyl cellulose, ethyl cellulose, and wood flour.

Keywords: carboxymethylcellulose, ethylcellulose, wood flour, polymeric composite materials, biodegradation

Развитие химических технологий в XX веке, широкое использование полимерной тары и упаковки, которые очень долго разлагаются в природных условиях, привели к быстрому и существенному ухудшению природной среды [1].

Инновационным решением проблемы «полимерного мусора» на данный момент является создание полимерных композиционных материалов (ПКМ), способных при соответствующих условиях биodeградировать, разлагаясь на безвредные для живой и неживой природы компоненты [2].

Одним из важнейших природных полисахаридов, используемых для получения биоразлагаемых композиционных материалов, является целлюлоза [3]. Неоспоримое преимущество целлюлозы – в наличии богатых источников возобновляемого сырья. Большое значение имеет получение на основе целлюлозы ценных продуктов.

Карбоксиметилцеллюлоза (КМЦ) $[C_6H_7O_2(OH)_{3-x}(OCH_2COOH)_x]_n$ является простым эфиром целлюлозы и гликолевой кислоты. КМЦ образуется при взаимодействии щелочной целлюлозы с монохлоруксусной кислотой [4]. Карбоксиметилцеллюлоза имеет самое разнообразное применение, что обусловлено ее ценными свойствами. Одним из перспективных направлений использования КМЦ является получение ПКМ.

Этилцеллюлозу (ЭЦ) $[C_6H_7O_2(OH)_{3-x}(OC_2H_5)_x]_n$ получают взаимодействием щелочной целлюлозы с этилхлоридом. Этилцеллюлоза – это термопластичный полимер, хорошо совмещающийся с различными смолами и пластификаторами. ЭЦ со степенью замещения 230–260 используют в производстве пластмасс [5].

Целью данной работы являлось получение композиционных материалов и оценка влияния содержания карбоксиметилцеллюлозы и этилцеллюлозы на скорость биоразложения композита.

В качестве полимерной фазы при получении ПКМ использовали карбоксиметилцеллюлозу производства ООО «ТД Промсинтез», этилцеллюлозу марки К-100 (предоставлена ООО «Фирма Поликон»), содержащую 45,0–47,0 мас. % этоксильных групп. В качестве лигноцеллюлозного наполнителя использовали древесную муку марки 180 (ДМ-180) производства ООО «Юнайт».

Смешение компонентов ПКМ проводилось в лабораторной мельнице Stegler LM-500. Стандартные образцы для испытаний были изготовлены методом горячего прессования при температуре 120 °С и давлении 10 МПа. Рецептуры полученных ПКМ приведены в табл. 1.

Таблица 1

Рецептуры образцов ПКМ

Номер образца	Содержание компонента в образцах ПКМ, мас. %		
	Древесная мука	Карбоксиметилцеллюлоза (Z ₁)	Этилцеллюлоза (Z ₂)
1	45,5	27,3	27,3
2	36,1	31,9	31,9
3	45,5	14,4	40,2
4	61,3	19,4	19,4
5	38,5	23,1	38,5
6	38,5	38,5	23,1
7	45,5	27,3	27,3
8	45,5	40,2	14,4
9	55,6	11,1	33,3
10	55,6	33,3	11,1

Результаты испытаний на водопоглощение за 24 часа образцов ПКМ, полученных на основе КМЦ и ЭЦ, представлены в табл. 2. Образцы композитов демонстрируют высокое водопоглощение за 24 часа выдержки.

Таблица 2

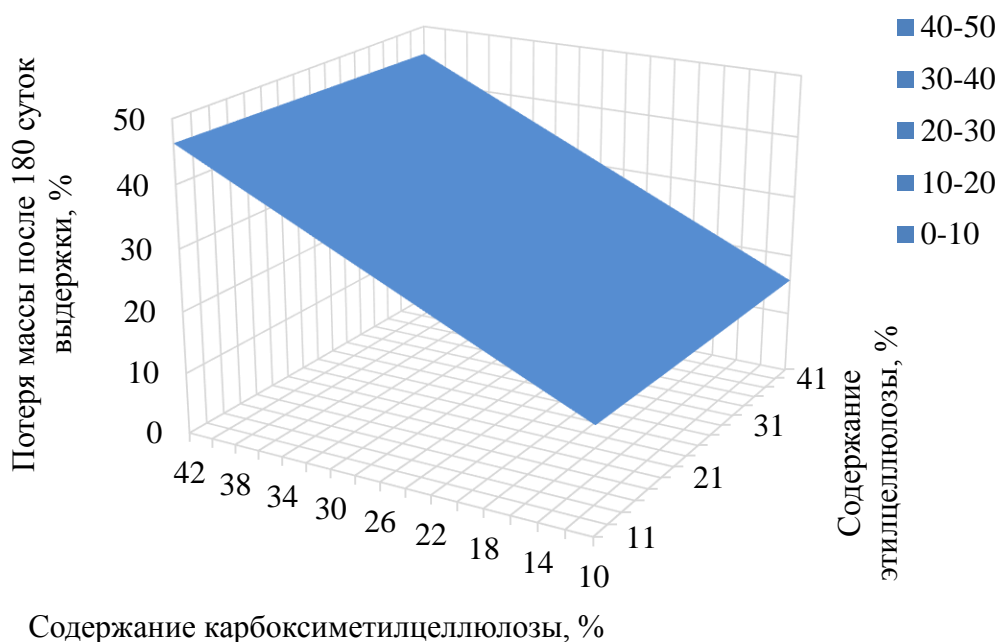
Водопоглощение образцов ПКМ за 24 часа

Номер образца	Водопоглощение за 24 часа, %
1	63,0
2	63,8
3	33,1
4	112,7
5	48,3
6	74,9
7	65,5
8	126,5
9	29,9
10	111,3

Высокое водопоглощение образцов ПКМ на основе карбоксиметилцеллюлозы и этилцеллюлозы, наполненных древесной мукой, является индикатором способности материала к биоразложению, что подтверждается графиком потери массы после выдержки в активном грунте в течение 180 суток (рисунок).

Биоразложение композитов увеличивается прямо пропорционально содержанию в них карбоксиметилцеллюлозы. При увеличении содержания этилцеллюлозы биоразложение незначительно изменяется. Это может быть связано с тем, что карбоксиметилцеллюлоза является более биodeградируемым материалом в отличие от этилцеллюлозы.

Максимальное значение биоразложения образцов ПКМ за 180 суток (45,0 %) наблюдается у образца № 1.



Зависимость потери массы образцов ПКМ после выдержки в грунте в течение 180 суток от содержания карбоксиметилцеллюлозы и этилцеллюлозы

Экспериментально-статистическую зависимость потери массы ПКМ при выдержке в активированном грунте в течение 180 суток от содержания карбоксиметилцеллюлозы и этилцеллюлозы описывает уравнение регрессии $y = 8,14 + 0,92 \cdot Z_1 - 0,036 \cdot Z_2$. Коэффициент детерминации ($R^2 = 0,78$) показывает, что полученная модель регрессии адекватна экспериментальным данным.

Полученные образцы композитов обладают необходимыми свойствами, следовательно, применение карбоксиметилцеллюлозы и этилцеллюлозы для получения композиционных материалов с высокой скоростью биоразложения является перспективным.

Список источников

1. Фрумин, Г. Т. Занимательная экология : учебное пособие / Г. Т. Фрумин. – Санкт-Петербург : РГПУ им. А. И. Герцена, 2021. – 232 с. – ISBN 978-5-8064-3066-4. – URL: <https://e.lanbook.com/book/252584> (дата обращения: 05.11.2022).

2. Дни науки факультета управления, экономики и права КНИТУ: сборник материалов научно-практической конференции студентов,

аспирантов и молодых ученых (21 апреля 2012) : материалы конференции / составитель и ответственный редактор Г. В. Семенов. – Казань : КНИТУ, 2013. – Т. 2. – 332 с. – ISBN 978-5-7882-1440-5. – URL: <https://e.lanbook.com/book/73183> (дата обращения: 10.11.2022).

3. Савицкая, Т. А. Биоразлагаемые композиты на основе природных полисахаридов : учебное пособие / Т. А. Савицкая. – Минск : БГУ, 2018. – 207 с. – ISBN 978-985-566-512-1. – URL: <https://e.lanbook.com/book/180654> (дата обращения: 18.11.2022).

4. Лабораторный практикум по технологии получения и переработки волокнистых материалов : учебное пособие / А. В. Вураско, А. Р. Минакова, И. А. Блинова, М. А. Агеев. – Екатеринбург : УГЛТУ, 2017. – 160 с. – ISBN 978-5-94984-633-9. – URL: <https://e.lanbook.com/book/142570> (дата обращения: 21.11.2022).

5. Богомолов, Б. Д. Химия древесины и основы химии высокомолекулярных соединений / Б. Д. Богомолов. – Москва : Лесная промышленность, 1973. – 400 с.