

Научная статья
УДК 691.175.2

ВЛИЯНИЕ СОДЕРЖАНИЯ КАРБОКСИМЕТИЛЦЕЛЛЮЛОЗЫ И ЭТИЛЦЕЛЛЮЛОЗЫ НА СВОЙСТВА КОМПОЗИЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ

Шаноза Раджамадовна Мамадгулова¹, Алексей Евгеньевич Шкуро²,
Павел Сергеевич Захаров³, Виктор Владимирович Глухих⁴

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

¹ mamadgulovas@mail.ru

² shkuroae@m.usfeu.ru

³ zaharovps@m.usfeu.ru

⁴ gluhihvv@m.usfeu.ru

Аннотация. Приведены результаты исследования по оценке влияния содержания карбоксиметилцеллюлозы и этилцеллюлозы на свойства композиционных материалов на основе карбоксиметилцеллюлозы, этилцеллюлозы и древесной муки.

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

Scientific article

INFLUENCE OF THE CONTENT OF CARBOXYMETHYLCELLULOSE AND ETHYLCELLULOSE ON THE PROPERTIES OF COMPOSITE MATERIALS

Shanoza R. Mamadgulova¹, Aleksey Ye. Shkuro², Pavel S. Zakharov³,
Viktor V. Glukhikh⁴

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

¹ mamadgulovas@mail.ru

² shkuroae@m.usfeu.ru

³ zaharovps@m.usfeu.ru

⁴ gluhihvv@m.usfeu.ru

Abstract. In this work studies were carried out to assess the effect of the content of carboxymethylcellulose and ethylcellulose on the properties of composite materials based on carboxymethyl cellulose, ethyl cellulose and wood flour.

Keywords: carboxymethylcellulose, ethylcellulose, wood flour, polymer composite materials, properties

В последние годы полимеры и вспомогательные вещества из возобновляемых ресурсов получают все большее значение во многих сферах использования. Преимущества сбережения нефтехимических ресурсов и уменьшения количества отходов все более явно связываются с созданием биоразлагаемых полимерных композиционных материалов (ПКМ) и улучшением качества получаемых материалов [1].

Целлюлоза – самое распространенное органическое вещество на земной поверхности. Для придания целлюлозе способности перерабатываться в изделие ее модифицируют, получая различные производные [2]. Простые эфиры целлюлозы в настоящее время приобрели большое практическое значение.

Карбоксиметилцеллюлоза (КМЦ) $[C_6H_7O_2(OH)_{3-x}(OCH_2COOH)_x]_n$ представляет собой простой эфир целлюлозы и гликолевой кислоты $CH_2OHCOOH$. КМЦ получают при обработке щелочной целлюлозы монохлоруксусной кислотой [3]. Она имеет разнообразное применение, что обусловлено ее гидрофильностью, высокой вязкостью разбавленных растворов, хорошими пленкообразующими свойствами, нетоксичностью и клейкостью. Одним из перспективных направлений использования КМЦ является получение ПКМ. Работа посвящена получению и исследованию свойств композитов на основе карбоксиметилцеллюлозы и древесной муки [4].

Этилцеллюлозу (ЭЦ) получают алкилированием щелочной целлюлозы хлористым этилом при 110–140 °С. Она хорошо растворима в смесях бензола и метанола, толуола и этанола, в пиридине, хорошо совмещается с различными пластификаторами. ЭЦ с $\gamma = 230–260$ используют в производстве пластмасс, упаковочной пленки, искусственной кожи, лаков, клеев и т. п. [5].

Целью данной исследовательской работы являлось получение и исследование свойств композиционных материалов с полимерными фазами карбоксиметилцеллюлозы и этилцеллюлозы, лигноцеллюлозным наполнителем – древесной мукой. 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».

Приготовление образцов смесей осуществлялось путем смешения карбоксиметилцеллюлозы, этилцеллюлозы, древесной муки и перемешивания в мельнице Stegler LM-500. Стандартные образцы для испытаний физико-механических свойств 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

Для полученных композитов были определены показатели следующих свойств: твердость по Бринеллю, модуль упругости при сжатии и водопоглощение за 24 часа.

Для показателей твердости по Бринеллю и модуля упругости при сжатии (жесткости) ПКМ в рассматриваемом интервале характерен рост с увеличением содержания карбоксиметилцеллюлозы. Содержание этилцеллюлозы не оказывает влияния на твердость и жесткость образцов композитов. Зависимости показателей твердости и жесткости представлены на рис. 1, 2.

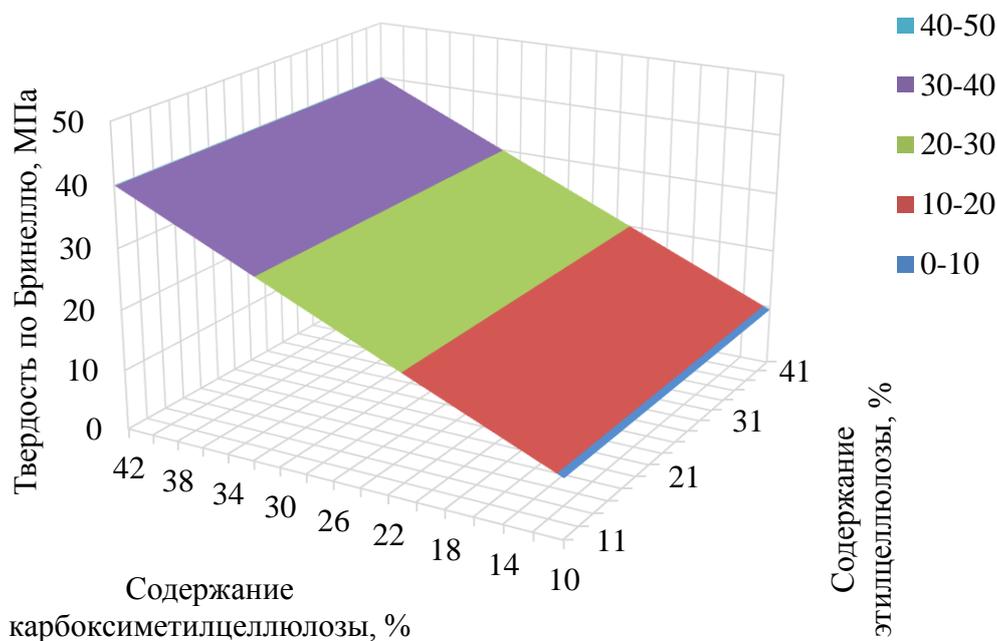


Рис. 1. Зависимость твердости ПКМ от содержания карбоксиметилцеллюлозы и этилцеллюлозы

Экспериментально-статистическую зависимость твердости ПКМ от содержания карбоксиметилцеллюлозы описывает уравнение регрессии $y = 0,95 \cdot Z_1$. Коэффициент детерминации ($R^2 = 0,91$) близок к 1, что свидетельствует об очень хорошей адекватности полученного уравнения регрессии. Максимальное значение твердости ПКМ (31,0 МПа) наблюдается у образца №1.

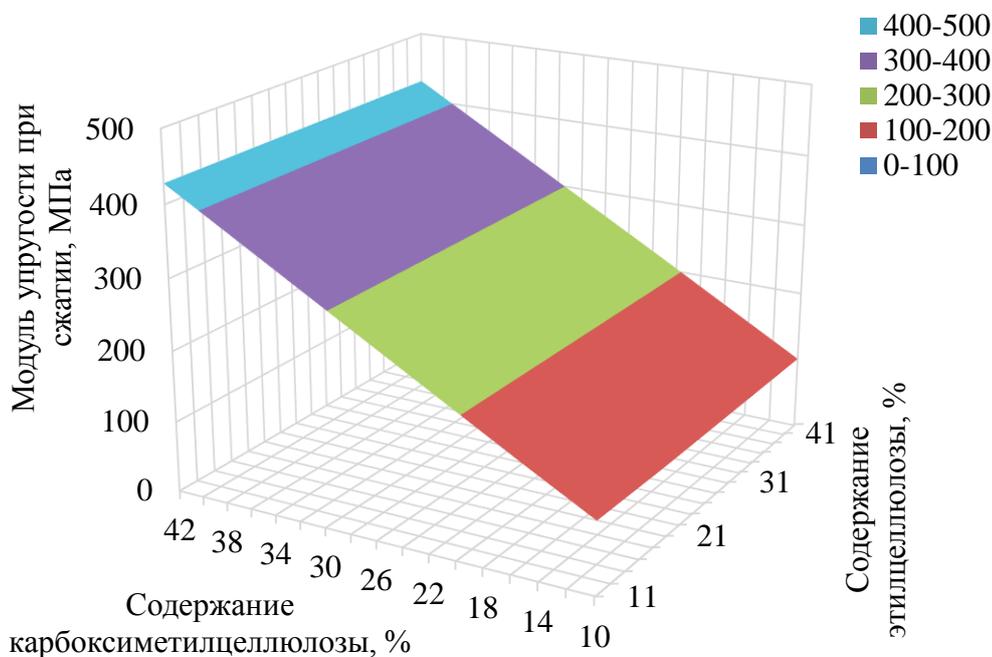


Рис. 2. Зависимость модуля упругости при сжатии ПКМ от содержания карбоксиметилцеллюлозы и этилцеллюлозы

Экспериментально-статистическую зависимость модуля упругости при сжатии ПКМ от содержания карбоксиметилцеллюлозы описывает уравнение регрессии $y = 10,19 \cdot Z_1$. Высокое значение коэффициента детерминации ($R^2 = 0,91$) подтверждает высокую значимость полученного уравнения регрессии. Максимальное значение жесткости ПКМ (339 МПа) наблюдается у образца №1.

Зависимость водопоглощения за 24 часа ПКМ от содержания карбоксиметилцеллюлозы и этилцеллюлозы представлена на рис. 3. Для показателя водопоглощения за сутки образцов ПКМ характерен незначительный рост с увеличением содержания КМЦ. С увеличением содержания ЭЦ водопоглощение уменьшается. Данное явление объясняется тем, что карбоксиметилцеллюлоза гигроскопична и растворима в воде в отличие от этилцеллюлозы, которая в воде не растворяется. Высокие значения показателей водопоглощения за 24 часа выдержки говорят о высоком потенциале ПКМ на основе карбоксиметилцеллюлозы и этилцеллюлозы, наполненных древесной мукой, к биоразложению в грунте.

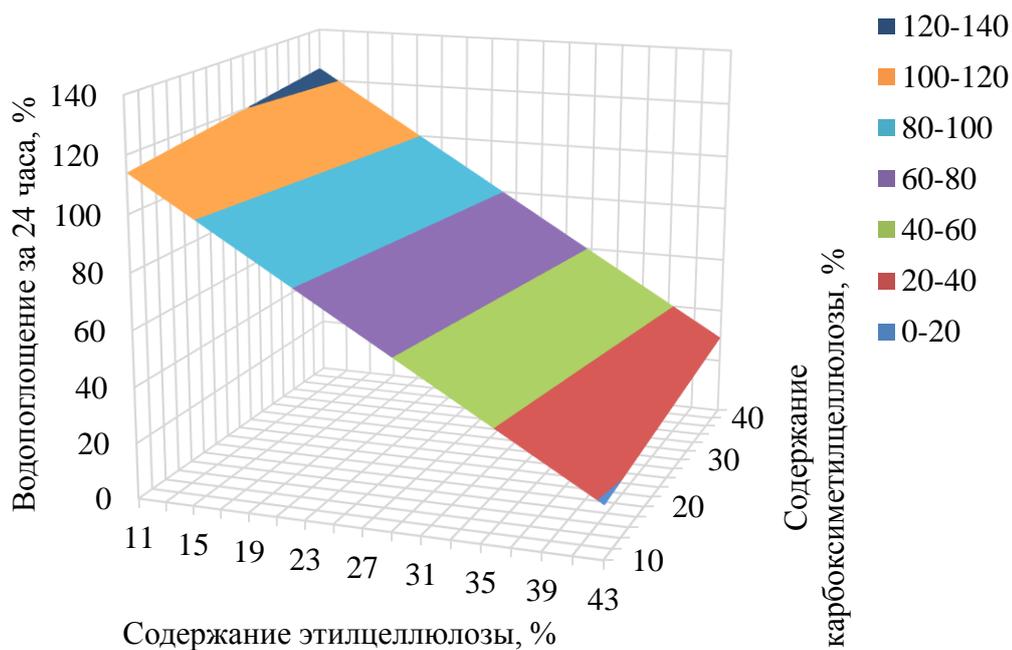


Рис. 3. Зависимость показателя водопоглощения за 24 часа ПКМ от содержания карбоксиметилцеллюлозы и этилцеллюлозы

Экспериментально-статистическую зависимость водопоглощения за 24 часа ПКМ от содержания карбоксиметилцеллюлозы и этилцеллюлозы описывает уравнение регрессии $y = 143,53 + 0,33 \cdot Z_1 - 2,98 \cdot Z_2$. Коэффициент детерминации ($R^2 = 0,86$) показывает, что полученная модель регрессии адекватна данным. Минимальное значение водопоглощения за 24 часа ПКМ (29,9 %) наблюдается у образца № 9.

В табл. 2 представлено сравнение свойств древесно-полимерных композитов (ДПКт) и ПКМ.

Таблица 2

Сравнение характеристик образцов ДПКт и ПКМ

Свойство	ДПКт на основе полиэтилена и древесной муки	ПКМ на основе карбоксиметилцеллюлозы, этилцеллюлозы и древесной муки
Твердость по Бринеллю, МПа	40,2	27,1
Модуль упругости при сжатии, МПа	460	285
Водопоглощение за 24 часа, %	2,2	29,9

По сравнению с эталонными образцами ДПКт на основе полиэтилена низкого давления и древесной муки образцы ПКМ на основе КМЦ, ЭЦ и древесной муки демонстрируют недостаточно высокие значения

показателей твердости и жесткости [6]. Однако высокие значения показателя водопоглощения за 24 часа ПКМ являются потенциалом более высокой биodeградируемости материала, что в свою очередь положительно сказывается на перспективах создания биоразлагаемых ПКМ на основе карбоксиметилцеллюлозы и этилцеллюлозы.

Карбоксиметилцеллюлоза влияет на твердость и жесткость образцов композитов. Этилцеллюлоза же в свою очередь эффективно играет роль гидрофобизатора, снижая водопоглощение образцов ПКМ.

По прочностным свойствам образцы ПКМ на основе КМЦ, ЭЦ и древесной муки уступают аналогам ДПКТ на основе полиэтилена низкого давления и древесной муки, однако более высокое водопоглощение образцов ПКМ по сравнению с аналогами делает композиты на основе карбоксиметилцеллюлозы, этилцеллюлозы и древесной муки перспективными для производства биоразлагаемой тары и упаковки.

Полученные образцы композитов обладают необходимыми физико-механическими свойствами, следовательно, использование карбоксиметилцеллюлозы и этилцеллюлозы для получения биоразлагаемых ПКМ является перспективным.

Список источников

1. Легонькова О. А., Сухарева Л. А. Тысяча и один полимер от биостойких до биоразлагаемых. М. : РадиоСофт, 2004. 272 с.

2. Ровкина Н. М., Ляпков А. А. Химия и технология полимеров. Получение полимеров методами поликонденсации и полимераналогичных превращений. Лабораторный практикум : учеб. пособие. СПб. : Лань, 2022. 432 с.

3. Азаров В. И., Буров А. В., Оболенская А. В. Химия древесины и синтетических полимеров : учебник для вузов. 3-е изд., стер. СПб. : Лань, 2021. 620 с. ISBN 978-5-8114-8320-4.

4. Получение и свойства композитов на основе карбоксиметилцеллюлозы и древесной муки / Ш. Р. Мамадгулова, П. С. Захаров, В. В. Глухих, А. Е. Шкуро // Научное творчество молодежи – лесному комплексу России : материалы XVIII Всероссийской (национальной) научно-технической конференции. Екатеринбург : УГЛТУ, 2022. С. 633–637.

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

6. Смертин Н. В., Шкуро А. Е., Кривоногов П. С. Древесно-полимерные композиты с шелухой кориандра // Вестник Технологического университета, 2019. Т. 22. № 9. С. 95–98.