

Научная статья
УДК 678

**ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ СОДЕРЖАНИЯ АЦЕТОБУТИРАТА
ЦЕЛЛЮЛОЗЫ, ЭТИЛЦЕЛЛЮЛОЗЫ И КРАХМАЛА
НА СВОЙСТВА КОМПОЗИТОВ С ПОЛИМЕРНОЙ ФАЗОЙ
АЦЕТАТА ЦЕЛЛЮЛОЗЫ**

**Кристина Алексеевна Усова¹, Павел Сергеевич Захаров², Алексей
Евгеньевич Шкуро³**

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

¹ usovaka@m.usfeu.ru

² zaharovps@m.usfeu.ru

³ shkuroae@m.usfeu.ru

Аннотация. В данной работе получены композиционные материалы с полимерной фазой триацетата целлюлозы с наполнителем (сено трав) и различным содержанием ацетобутирата целлюлозы, этилцеллюлозы и крахмала. Исследовано влияние трех добавок на физико-механические свойства композитов.

Ключевые слова: триацетат целлюлозы, ацетобутират целлюлозы, этил целлюлоза, крахмал, сено луговых трав, композит

Original article

**EFFECT OF CELLULOSE ACETOBUTYRATE, ETHYL CELLULOSE
AND STARCH CONTENT ON THE PROPERTIES OF COMPOSITES
WITH THE POLYMER PHASE OF CELLULOSE TRIACETATE**

Kristina A. Usova¹, Pavel S. Zaharov², Alexey E. Shkuro³

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

¹ usovaka@m.usfeu.ru

² zaharovps@m.usfeu.ru

³ shkuroae@m.usfeu.ru

Abstract. In this paper composite materials with a polymer phase of cellulose triacetate with a filler (grass hay) and a different content of cellulose acetobutyrate, ethyl cellulose and starch were obtained. The effect of three additives on the physico-mechanical properties of composites is investigated.

Keywords: cellulose triacetate, cellulose acetobutyrate, ethyl cellulose, starch, grass hay, composite

В связи с мировым ростом производства полимерных изделий и вниманием к охране окружающей среды актуальными являются проблемы их утилизации через разработку биоразлагаемых композиционных материалов и пластиков. Синтетические полимеры обладают высокими механическими и термическими характеристиками. Вследствие особенностей химического строения, синтетические полимеры практически не разлагаются в естественных условиях, что негативно влияет на экологическую среду. Перспективным путем для решения задач является создание биоразлагаемых материалов на основе природных компонентов, не наносящих вреда окружающей среде и здоровью человека. В настоящее время в больших объемах производят различную продукцию с использованием термопластичных производных целлюлозы, в том числе ацетатов целлюлозы (АЦ). АЦ применяют как основные компоненты материалов для изготовления фильтров, мембран, пленок, текстиля, пластиков [1–4].

Из смешанных эфиров целлюлозы значительный промышленный потенциал имеет ацетобутират целлюлозы (АБЦ). Растворимость АБЦ определяется содержанием ацетатных и бутиратных групп. АБЦ очень пластичен, совмещается с различными смолами. Он светостоек и хорошо окрашивается. АБЦ применяется для изготовления пленок и этролов.

Этилцеллюлоза (ЭЦ) – термопластичный полимер, совместимый с различными смолами и пластификаторами. Изделия из ЭЦ обладают высокой прочностью, а также термо- и морозостойкостью.

Выбор крахмала в качестве компонента для композиционных полимерных материалов обусловлен рядом причин:

- доступностью и практически неисчерпаемой сырьевой базой;
- наличием таких полезных свойств, которые отсутствуют у синтетических полимеров (повышенная гидрофильность, устойчивость к действию органических растворителей, легкость биохимического разложения, большая поглощающая способность по отношению к некоторым реагентам);
- возможностью синтеза производных крахмала [5–7].

Целями данной работы являются получение композитов на основе ацетобутирата целлюлозы, этилцеллюлозы и крахмала с полимерной фазой пластифицированного ацетата целлюлозы и исследование влияния содержания компонентов на свойства материала.

В качестве полимерной матрицы для получения композитов использовался триацетат целлюлозы (ОАО «Ацетат Химволокно», ТУ 6-05-943–75). В качестве пластификаторов использовались трибутилфосфат (ТУ 18-09-8783–87) и триацетин (ТУ 2435-070-00203521–2001). В качестве наполнителя использовалось сено трав естественных сенокосов (ООО «Идеал», ОСТ 10243–2000). Для создания композиций были использованы полимеры:

ацетобутират целлюлозы (ООО «СТИМУЛ», ТУ 2231-388-05761783–93), этилцеллюлоза (ООО «Фирма Поликон», ТУ 6-55-52–91) и крахмал (ООО «РАСПАК», ГОСТ 32159–2013).

Приготовление пластифицированного ацетата целлюлозы осуществлялось путем смешения порошкообразного триацетата целлюлозы (ТАЦ) с пластификаторами – триацетином и трибутилфосфатом (ТБФ). После этого в композицию добавлялись измельченное сено луговых трав (ИСЛТ), ацетобутират целлюлозы (АБЦ), этилцеллюлоза (ЭЦ) и крахмал. Смешение компонентов осуществлялось методом вальцевания. Рецептуры полученных композитов представлены в табл. 1.

Таблица 1

Рецептуры исследованных композитов

№	Содержание компонента, мас. ч.				
	Пластифицированный ТАЦ*	ИСЛТ	АБЦ	ЭЦ	Крахмал
1	100	80	25,0	0,0	25,0
2			0,0	25,0	0,0
3			0,0	0,0	0,0
4			0,0	0,0	25,0
5			0,0	25,0	25,0
6			25,0	0,0	0,0
7			25,0	25,0	0,0
8			25,0	25,0	25,0
*Пластифицированный ТАЦ = 66,7 % ТАЦ + 26,7 % триацетин + 6,6 % ТБФ					

Смешение компонентов композитов производилось на валковой машине марки ПД-320-160/160 при температуре 150–160 °С. Стандартные образцы для испытаний физико-механических свойств были изготовлены методом горячего прессования в форме дисков. Для полученных композитов определяли модуль упругости при сжатии, пластичность по ГОСТ 4670–67 и прочность при изгибе по ГОСТ 17036–71.

По данным регрессионного анализа для максимального значения доверительной вероятности ($P \geq 0,9$) были установлены следующие адекватные экспериментально-статистические зависимости свойств полученных композитов (Y_i) от содержания в них (по отношению к содержанию триацетата целлюлозы) ацетобутирата целлюлозы (Z_1 , мас. ч.), этилцеллюлозы (Z_2 , мас. ч.) и крахмала (Z_3 , мас. ч.) со значениями коэффициента детерминации R^2 :

- число упругости, % (Y_1): $Y_1 = 88,052 - 0,271 \cdot Z_2 + 0,242 \cdot Z_3$ ($R^2 = 0,69$);
- модуль упругости при сжатии, МПа (Y_2): $Y_2 = 1483,653 - 6,838 \cdot Z_2 + 13,536 \cdot Z_3$ ($R^2 = 0,77$);
- прочность при изгибе, МПа (Y_3): $Y_3 = 70,904 - 1,007 \cdot Z_1 - 1,681 \cdot Z_2 + 0,049 \cdot Z_1 \cdot Z_2$ ($R^2 = 0,97$).

Результаты испытаний физико-механических свойств композитов с полимерной фазой ТАЦ представлены в табл. 2.

Таблица 2

Результаты испытаний физико-механических свойств образцов композитов

№	Число упругости, %	Модуль упругости при сжатии, МПа	Прочность при изгибе, МПа
1	91,3	1985	49,2
2	80,1	1279	30,4
3	92,6	1496	72,8
4	95,5	1682	69,0
5	89,6	1681	27,4
6	85,0	1448	42,3
7	81,0	1370	33,3
8	86,5	1598	36,0

С увеличением содержания ЭЦ число упругости и модуль упругости при сжатии композитов снижаются, а с увеличением содержания крахмала данные показатели возрастают (рис. 1, 2).

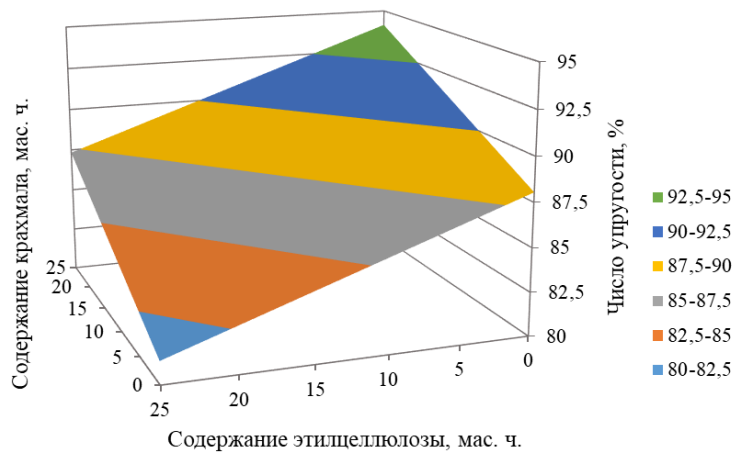


Рис. 1. Зависимость числа упругости от содержания крахмала и ЭЦ

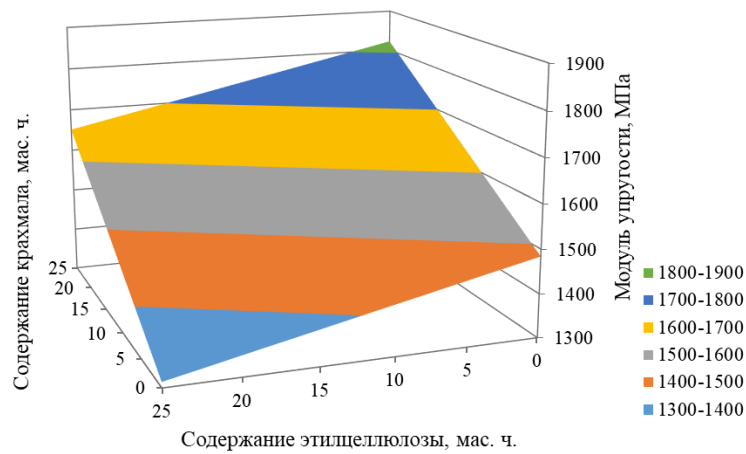


Рис. 2. Зависимость модуля упругости при сжатии от содержания крахмала и ЭЦ

Прочность при изгибе снижается с увеличением содержания АБЦ и ЭЦ в составе композитов (рис. 3).

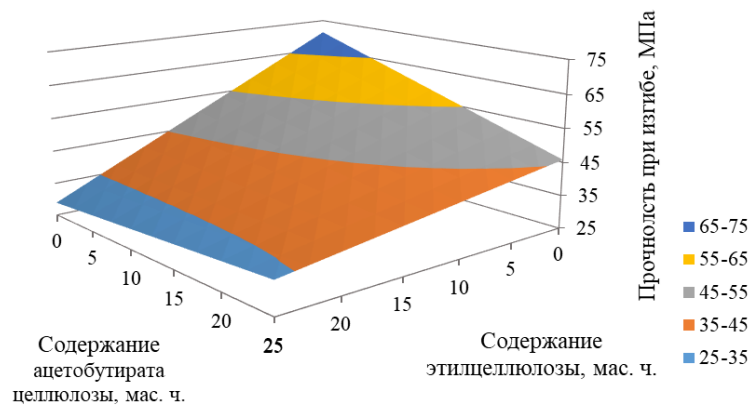


Рис. 3. Зависимость прочности при изгибе от содержания АБЦ и ЭЦ

Введение в состав композиционного материала на основе пластифицированного триацетата целлюлозы и измельченного сена луговых трав, крахмала, ацетобутирата целлюлозы и этилцеллюлозы в целом негативно сказывается на показателях твердости, жесткости и прочности материала. Для полной комплексной оценки эффективности применения рассматриваемых добавок необходимо изучение их влияния на показатели способности материала к биоразложению в грунте.

Список источников

1. Исследование физико-механических свойств композиционных материалов с полимерной фазой диацетата целлюлозы и древесной мукой / П. С. Захаров, К. А. Усова, А. Е. Шкуро, В. В. Илюшин // Деревообрабатывающая промышленность. 2023. № 1. С. 99–105.

2. Колпакова В. В., Усачева И. С., Соломин Д. А. Биоразлагаемые полимеры: составные биокомпоненты и технологические решения производства // Пищевая промышленность. 2019. № 12. С. 51–57.

3. Получение биокомпозитов с полимерной фазой пластифицированных ацетатов целлюлозы с различной степенью ацетилирования / А. Е. Шкуро [и др.] // Известия высших учебных заведений. Лесной журнал. 2023. № 4. С. 155–168.

4. Кудрявцев А. Д., Шкуро А. Е., Кривоногов П. С. Исследование физико-механических свойств ацетилцеллюлозных этролов // Вестник технологического университета. 2019. Т. 22, № 12. С. 28–31.

5. Брацыхин А. Е. Технология пластических масс. Л. : Химия, 1974. 352 с.

6. Азаров В. И., Буров А. В., Оболенская А. В. Химия древесины и синтетических полимеров. Санкт-Петербург : СПбЛТА, 1999. 628 с.

7. Крутько Э. Т., Прокопчук Н. Р., Глоба А. И. Технология биоразлагаемых полимерных материалов : учебно-методическое пособие. Минск : БГТУ, 2014. 105 с.