

ИССЛЕДОВАНИЕ ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИХ СВОЙСТВ КОМПОЗИТОВ С ПОЛИМЕРНОЙ ФАЗОЙ АЦЕТАТА ЦЕЛЛЮЛОЗЫ И NPK-УДОБРЕНИЯМИ

Аннотация. В работе исследована возможность использования азот, фосфор, калийного удобрения в качестве наполнителя для полимерных композиций с ацетилцеллюлозной матрицей.

PHYSICAL AND MECHANICAL PROPERTIES OF COMPOSITES BASED ON CELLULOSE ACETATE AND NPK FERTILIZERS

Abstract. The work investigated the possibility of using nitrogen, phosphorus, and potassium fertilizers as a filler for polymer compositions with a cellulose acetate matrix.

Удобрения являются одним из важных условий, обеспечивающих высокую продуктивность сельскохозяйственного производства. В связи с этим непрерывно ведутся исследования, направленные на повышение эффективности использования удобрений, а также минимизации их воздействий на окружающую среду.

Поставленных целей можно добиться путем разработки удобрений с медленным или контролируемым высвобождением действующего вещества. К этому классу удобрений относятся матричные составы, малорастворимые органические соединения азота и удобрения с покрытием. Первый тип имеет структуру композита: удобрение используется в качестве наполнителя, а матрица композита играет роль барьера, контролирующего диффузию и высвобождение водорастворимой дисперсной фазы (удобрения) [1]. Для получения композитных удобрений в качестве полимерной матрицы рекомендуется использовать материалы с относительно низкой гидрофильностью, высокой гидролитической стабильностью и хорошими механическими свойствами, которые были бы способны противостоять быстрому высвобождению водорастворимых удобрений [2]. В тоже время в качестве матрицы нельзя использовать крупнотоннажные синтетические термопласты, так как они практически не подвержены биodeградации и будут оказывать

долгосрочное негативное воздействие на окружающую среду. Кроме того, стоимость и экологичность применяемых материалов также являются важными факторами, которые учитываются исследователями. Недавние исследования показывают возможность использования пластифицированного ацетата целлюлозы в качестве полимерной матрицы для получения композитов с лигноцеллюлозными наполнителями [3-4]. Изменяя степень ацетилирования ацетата целлюлозы, содержание и тип наполнителей и пластификаторов можно в широких пределах варьировать не только физико-механические свойства материала, но и его способность к разложению в грунте. Целью настоящей работы являлось исследование физико-механических свойств композитов, наполненных NPK-удобрением и полиакрилатом натрия.

Для получения композитных удобрений в качестве полимерной матрицы применялся ацетат целлюлозы, пластифицированный триацетином и трибутилфосфатом. Массовое соотношение между полимером и пластификаторами для всех образцов составляло соответственно 667: 266: 67 мас. ч. В качестве функциональных добавок использовали NPK-удобрение, содержащее 15 мас. % азота, 15 мас. % оксида фосфора и 15 мас. % оксида калия (производства ООО «Фосагро»), полиакрилат натрия (ТУ 2219-501-00208947-2008) и древесную муку марки 180 производства ООО «Юнайт».

Смешение компонентов композиционных материалов производили на вальцах марки ПД-320-160/160 при 160-170 °С. Стандартные образцы изготовили методом горячего прессования. Рецептуры композитов приведены в таблице 1. Для каждой рецептуры определяли твердость по Бринеллю по ГОСТ 4670-2015, прочность при изгибе по ГОСТ 4648-2014 и ударная вязкость по Шарпи ГОСТ 4647-2015.

Результаты испытаний физико-механических свойств композитов приведены в таблице 2. Экспериментально-статистические зависимости свойств композитов от содержания в них NPK-удобрения, полиакрилата натрия и древесной муки представлены в таблице 3, а их графические интерпретации на рис. 1-3.

Увеличение содержания NPK-удобрения в полимерной матрице в целом негативно сказывается на твердости (рис. 1) и жесткости материала, что связано с плохой совместимостью фаз ацетата целлюлозы с полярными молекулами, входящими в состав NPK. Зависимость твердости материала от содержания полиакрилата натрия имеет экстремальный характер. Минимальных значений показатель достигает при содержании полиакрилата порядка 10-12 мас. %.

При увеличении содержания удобрения в композите наблюдалось падение прочности при изгибе (рис. 2). Влияние содержания полиакрилата на прочность при изгибе имеет экстремальную характер и так же экстремум функции (минимум) наблюдается в области 10-12 мас. %.

Таблица 1 - Состав образцов полученных композитов

	Содержание компонента в образцах, мас. %			
	Древесная мука (Z ₁)	НРК-удобрение (Z ₂)	Полиакрилат натрия (Z ₃)	Пластифицированный ацетат целлюлозы
	36,0	4,5	14,4	45,1
	35,1	17,5	3,5	43,9
	12,0	23,8	4,8	59,5
	40,8	10,2	8,2	40,8
	10,5	20,8	16,6	52,1
	25,6	12,8	10,3	51,3
	23,3	11,6	18,6	46,5
	29,4	0,0	11,8	58,8
	22,7	22,7	9,1	45,5
0	25,6	12,8	10,3	51,3
1	31,7	15,9	12,7	39,7
2	25,6	12,8	10,3	51,3
3	40,3	5,1	4,1	50,5
4	12,4	6,2	19,7	61,7
5	28,6	14,3	0,0	57,1
6	14,6	7,3	5,8	72,3
7	0,0	17,2	13,8	69,0

Таблица 2- Результаты испытаний физико-механических свойств образцов композитов

Номер образца	Показатели свойств композитов		
	Твердость по Бринеллю, МПа	Прочность при изгибе, МПа	Ударная вязкость по Шарпи, кДж/м ² .
1	186	46	4,0
2	114	27	3,1

3	76	29	7,7
4	131	23	2,9
5	66	23	7,3
6	126	36	5,2
7	135	40	4,2
8	148	39	5,1
9	81	20	4,8
10	93	34	4,9
11	114	34	4,6
12	90	31	5,6
13	150	35	3,9
14	110	39	5,5
15	158	47	4,4
16	102	43	6,0
17	75	34	6,0

Показатель ударной вязкости растет при увеличении содержания НРК-удобрения и снижается при увеличении содержания полиакрилата натрия (рис. 3).

Таблица 3 - Экспериментально-статистические зависимости показателей свойств композитов от содержания древесной муки (Z_1) НРК удобрения (Z_2) и полиакрилата натрия (Z_3)

Показатели свойств	Регрессионная зависимость Y_i	Статистические параметры		
			r^2	Ст. ошибка
Твердость по Бринеллю, МПа (Y_1)	$Y_1 = 162,378 - 16,144 \cdot Z_3 - 0,064 \cdot Z_2^2 + 0,468 \cdot Z_3^2 + 0,329 \cdot Z_1 \cdot Z_3 + 0,216 \cdot Z_2 \cdot Z_3 - 0,014 \cdot Z_1 \cdot Z_2 \cdot Z_3$	$\cdot 10^{-4}$,91	12,0 МПа
Прочность при изгибе, МПа (Y_2)	$Y_2 = 78,83 - 0,99 \cdot Z_1 - 4,51 \cdot Z_3 - 0,04 \cdot Z_2^2 + 0,12 \cdot Z_3^2 + 0,07 \cdot Z_1 \cdot Z_3$	$\cdot 10^{-4}$,83	4,0 МПа
Ударная вязкость по Шарпи, кДж/м ² (Y_3)	$Y_3 = 3,44 + 0,19 \cdot Z_1 + 0,196 \cdot Z_2 - 0,004 \cdot Z_1^2 - 0,002 \cdot Z_3^2 - 0,01 \cdot Z_1 \cdot Z_2$	$\cdot 10^{-5}$,88	0,5 кДж/м ²

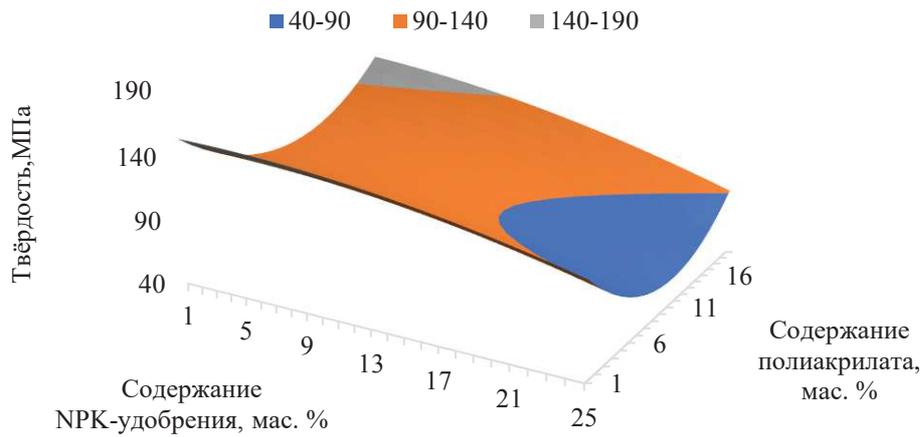


Рис.1 - Зависимость твердости по Бринеллю от содержания NPK-удобрения и полиакрилата натрия при содержании древесной муки 20 мас. %

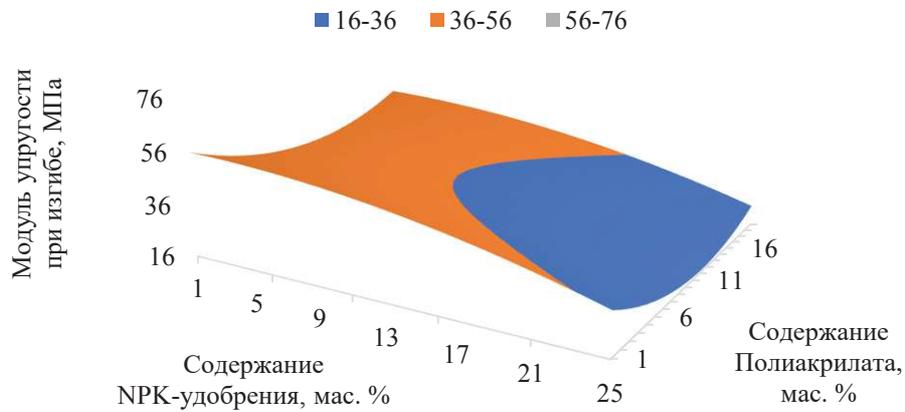


Рис.2 - Зависимость прочности при изгибе от содержания NPK-удобрения и полиакрилата натрия при содержании древесной муки 20 мас. %

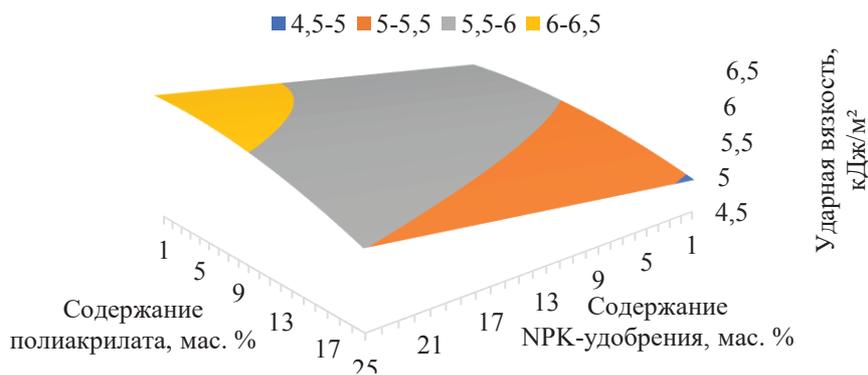


Рис.3 - Зависимость ударной вязкости от содержания в NPK-удобрения и полиакрилата натрия при содержании древесной муки 20 мас. %

В целом, использование как NPK-удобрений, как и полиакрилата натрия оказывает негативное влияние на рассмотренные физико-механические свойства материала. Однако, комбинируя содержание этих компонентов в составе композита, можно добиться минимального

падения эксплуатационных свойств изделия. По показателям прочности и жесткости такой материал будет превосходить ненаполненный полиэтилен высокой плотности в 3-4 раза, в тоже время сохраняя способность у биоразложению и оказывая эффект подкормки. Перспективным направлением дальнейших исследований представляется изучение скорости выделения из композита дисперсной удобряющей фазы, и поиск способов ее регулирования.

Список использованных источников

1. Shiping W. Surface modification of pyrophyllite for optimizing properties of castor oil-based polyurethane composite and its application in controlled-release fertilizer / W. Shiping, L. Xiang, R. Kun // Arabian Journal of Chemistry. - 2023. – V. 16, I. 2.

2. Babar A. Review on materials & methods to produce controlled release coated urea fertilizer / A. Babar, K. KuZilati, B. Zakaria // Journal of Controlled Release. – 2014. – V. 181, P. 11-21.

3. 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.

4. Получение биокompозитов с полимерной фазой пластифицированных ацетатов целлюлозы с различной степенью ацетилирования / А. Е. Шкуро, В. В. Глухих, К. А. Усова [и др.] // Известия высших учебных заведений. Лесной журнал. – 2023. – № 4. – С. 155-168. – DOI 10.37482/0536-1036-2023-4-155-168.

УДК 620.22

Н.С. Зинчик, О.В. Кадырова

Санкт-Петербургский государственный экономический университет
Санкт-Петербург, Россия

К ВОПРОСУ РАЗВИТИЯ ЦИФРОВОГО МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЯ В РОССИИ

Аннотация. В статье рассмотрено современное состояние и области применения цифрового материаловедения, сформулированы вызовы, препятствующие развитию данного направления и определены перспективы цифрового материаловедения в России.