

Научная статья
УДК 691.175.2

ОЦЕНКА ЭМИССИИ NPK-УДОБРЕНИЯ ИЗ КОМПОЗИТОВ С ПОЛИМЕРНОЙ ФАЗОЙ АЦЕТАТА ЦЕЛЛЮЛОЗЫ

Павел Сергеевич Захаров¹, Алексей Евгеньевич Шкуро²,
Виктор Владимирович Глухих³

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

¹ zaharovps@m.usfeu.ru

² shkuroae@m.usfeu.ru

³ glukhikhvv@m.usfeu.ru

Аннотация. В работе проведена оценка эмиссии NPK-удобрения композитами с полимерной фазой пластифицированного ацетата целлюлозы кондуктометрическим методом.

Ключевые слова: NPK-удобрение, композит, эмиссия, ацетат целлюлозы, кондуктометрия

Original article

ASSESSMENT OF EMISSIONS OF NPK-FERTILIZER FROM ACETYL CELLULOSE COMPOSITES USING THE CONDUCTOMETRIC METHOD

Pavel S. Zakharov¹, Alexey E. Shkuro², Viktor V. Glukhikh³

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

¹ zaharovps@m.usfeu.ru

² shkuroae@m.usfeu.ru

³ glukhikhvv@m.usfeu.ru

Abstract. The work assessed the emission of NPK-fertilizer by composites with the polymer phase of plasticized cellulose acetate using the conductometric method.

Keywords: NPK-fertilizers, composite, cellulose acetate, conductometry

На данный момент в сельскохозяйственной промышленности активно применяются комплексные удобрения. Одним из самых крупнотоннажных удобрений являются NPK-удобрения благодаря своей простоте производства и универсальности.

Однако существует проблема быстрого выщелачивания данного удобрения. Выщелачивание питательных веществ является одной из основных проблем, снижающих эффективность удобрений в сельскохозяйственных процессах. Около 80 % азота (N) и фосфора (P), возможно, теряется в результате выщелачивания на некоторых сельскохозяйственных полях [1].

Чтобы уменьшить потери питательных веществ во время выщелачивания на сельскохозяйственных полях, в качестве решения было предложено применение удобрений медленного или контролируемого высвобождения, представляющих собой покрытые оболочкой гранулы удобрения [2].

Также возможно применение удобрения в смеси с водоудерживающей добавкой в качестве наполнителя для биоразлагаемых композитов [3]. Но для подтверждения эффективности данного решения необходимо удостовериться что составные элементы комплексного удобрения диффундируют в окружающую среду (воду) и диссоциируют на ионы, находясь в составе композита. Ниже представлена схема диссоциации комплексного NPK-удобрения:

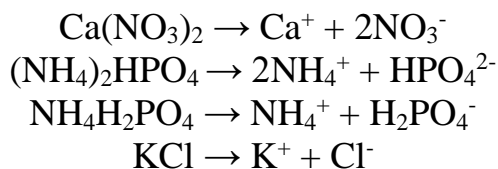
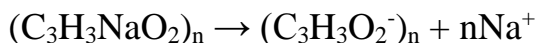


Схема диссоциации водоудерживающего агента – полиакрилата натрия:



Для данных соединений характерны высокие степени диссоциации, следовательно, процесс эмиссии удобрения в дистиллированную воду в процессе экспонирования в ней образца композита можно контролировать по изменению проводимости среды, т. е. кондуктометрическим методом.

Целью данного исследования являлась оценка эмиссии NPK-удобрений из композитов с полимерной фазой пластифицированного ацетата целлюлозы кондуктометрическим методом. В задачи работы входило установление закономерностей между величиной эмиссии и компонентным составом композиционного материала.

В качестве матрицы для композитов, содержащих NPK-удобрения, использовался пластифицированный триацетат целлюлозы (АЦ), так как известно, что он обладает высокими физико-механическими и барьерными свойствами [4, 5].

В качестве наполнителя композитов применяли древесную муку марки 180 (ДМ-180), NPK-удобрение (с соотношением N:P:K 15:15:15), полиакрилат натрия производства ООО «Миксем». В качестве пластификаторов для триацетата целлюлозы использовался триацетин и трибутилфосфат, рецептуры композитов представлены в табл. 1.

Таблица 1

Состав образцов композитов с NPK-удобрением

Номер образца	Содержание компонента, масс. %				Сопротивления раствора после 7 суток выдержки образца
	ДМ-180	NPK	ДМ-180	Пластифицированный АЦ	
1	36,0	4,5	14,4	45,1	1995
2	35,1	17,5	3,5	43,9	1795
3	12,0	23,8	4,8	59,5	1520
4	40,8	10,2	8,2	40,8	1876
5	10,5	20,8	16,6	52,1	1568
6	25,6	12,8	10,3	51,3	1810
7	23,3	11,6	18,6	46,5	1661
8	29,4	0,0	11,8	58,8	3000
9	22,7	22,7	9,1	45,5	1535
10	25,6	12,8	10,3	51,3	1955
11	31,7	15,9	12,7	39,7	1555
12	25,6	12,8	10,3	51,3	1800
13	40,3	5,1	4,1	50,5	3000
14	12,4	6,2	19,7	61,7	2002
15	28,6	14,3	0,0	57,1	3000
16	14,6	7,3	5,8	72,3	3000
17	0,0	17,2	13,8	69,0	1560

Смешение компонентов композита проводилось на валковом смесителе при температуре 150 °С. Образцы для испытаний были получены методом горячего прессования.

Оценка эмиссии NPK-удобрения осуществлялась следующим образом:

– образцы композитов размерами 50×50×5 мм погружались в полиэтиленовые контейнеры, наполненные дистиллированной водой, размерами 150×100×50 мм;

– после 7 суток выдержки образцов в закрытых контейнерах измерялись значения сопротивления растворов, электроды омметра располагались на противоположенных стенках контейнера.

Результаты измерений сопротивления полученных растворов и экспериментально-статистическая зависимость сопротивления растворов в зависимости от состава композитов представлены в табл. 1 и табл. 2.

Таблица 2

Экспериментально-статистическая зависимость сопротивления растворов от содержания в композите древесной муки (Z_1), NPK-удобрения (Z_2) и полиакрилата натрия (Z_3)

Показатели свойств	Регрессионная зависимость Y_i	Статистические параметры регрессионной зависимости Y_i для доверительной вероятности 0,95		
		Значение F	Коэффициент детерминации R^2	Стандартная ошибка
Сопротивление, Ом (Y)	$Y = 5641,3 - 231,8 \cdot Z_2 - 250,4 \cdot Z_3 - 0,5 \cdot Z_1^2 + 2,9 \cdot Z_2^2 + 4,9 \cdot Z_3^2 + 0,8 \cdot (Z_1 \cdot Z_2) + 6,3 \cdot (Z_2 \cdot Z_3)$	$3 \cdot 10^{-7}$	0,98	99,7

С ростом содержания NPK-удобрения значения сопротивления падают, что объясняется высокой эмиссией фосфат ионов и ионов калия, повышающих электропроводность растворов. Содержание полиакрилата натрия также повышает электропроводность раствора, однако при увеличении его содержания совместно с NPK-удобрением выше 13 % проводимость растворов падает, что вероятно связано с образованием гель фазы, удерживающей фосфат ионы и ионы калия (рис. ниже).

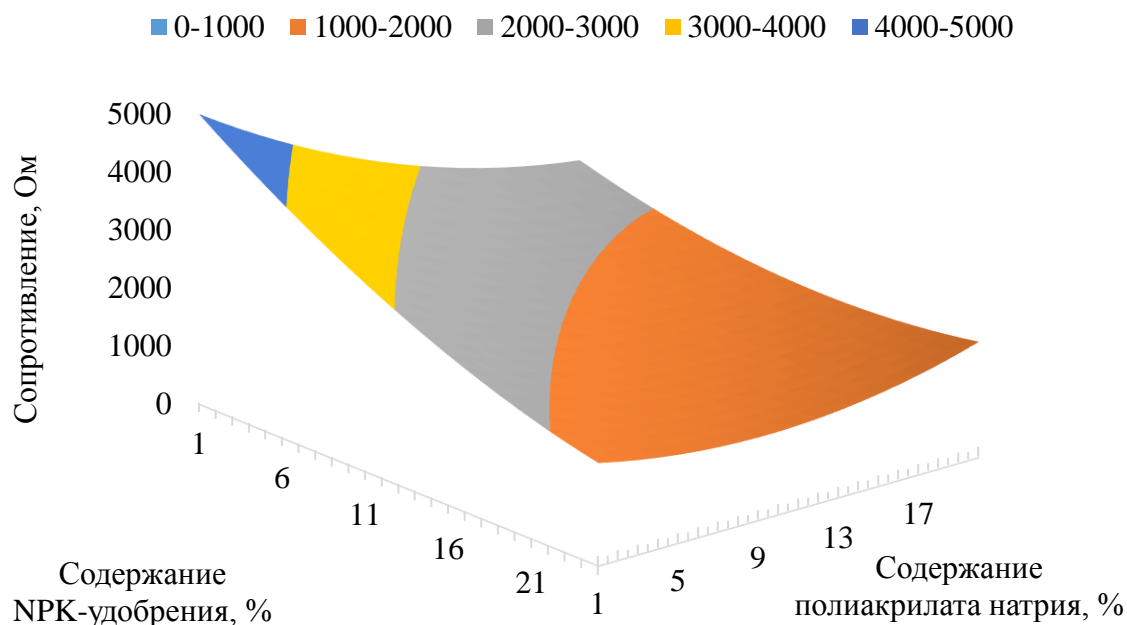


График зависимости сопротивления растворов от содержания NPK-удобрения и полиакрилата натрия в образце композита (при постоянном содержании ДМ-180 – 20 %)

Композиты, включающие в состав NPK-удобрения, показали способность эмитировать ионы в водной среде, что позволяет обеспечить растения необходимыми макроэлементами. Полученные результаты свидетельствуют о том, что использование композитов, содержащих NPK-удобрения, могут быть эффективным способом повышения урожайности сельскохозяйственных культур и стимуляцией роста декоративных растений.

Список источников

1. Nakaramontri Y., Boonluksiri Y., Sornsri P. Composites of thermo-plastic starch/natural rubber blends for fertilizer-releasing in agriculture // *Industrial Crops and Products*. 2022. Vol. 187. Part B. P. 488–500.

2. Исследования свойств композитов с полимерной фазой ацетата целлюлозы, полиакрилатом натрия и древесной мукой / П. С. Захаров, М. Я. Данчук, А. Е. Шкуро, А. В. Артёмов // *Деревообрабатывающая промышленность*. 2023. № 3. С. 97–105.

3. Данчук М. Я., Захаров П. С., Шкуро А. Е. Влияние содержания полиакрилата натрия на водопоглощение и биоразложение композитов с полимерной фазой ацетата целлюлозы // *Эффективный ответ на современные вызовы с учетом взаимодействия человека и природы, человека и технологий: социально-экономические и экологические проблемы лесного комплекса : матер. XIV Междунар. науч.-техн. конф. (Екатеринбург 08–09 февраля 2023 г.)*. Екатеринбург : УГЛТУ, 2023. С. 470–474.

4. Кудрявцев А. Д., Шкуро А. Е., Кривоногов П. С. Исследование физико-механических свойств ацетилцеллюлозных // *Вестник технологического университета*. 2019. Т. 22, № 12. С. 28–32.

5. Bonifacio A., Bonetti L., Piantanida E. Plasticizer design strategies enabling advanced applications of cellulose acetate // *European Polymer Journal*. 2023. Vol. 197. 112360.