

## РАЗРАБОТКА ЭКОЛОГИЧЕСКИ БЕЗОПАСНЫХ КОМПОЗИЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ НА ОСНОВЕ ПОЛИПРОПИЛЕНА

*Е. Ф. КУДИНА, К. В. ЕФИМЧИК*

*Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель  
efim\_by@mail.ru*

**Актуальность.** В настоящее время в каждой стране значительное внимание уделяется решению экологических проблем, а также энерго- и ресурсосбережению. Решение данных проблем выдвигает задачу разработки новых материалов, не оказывающих негативного воздействия на окружающую среду [1].

В соответствии с отчетом государственного учреждения «Оператор вторичных материальных ресурсов» за 2023 год объем сбора вторичных материальных ресурсов (ВМР) за последние 10 лет в Республике Беларусь увеличился в 2 раза, а уровень использования коммунальных отходов возрос почти в 3 раза [2]. В связи с широким применением полимерных композиционных материалов (ПКМ), составляющих основную часть вторичного сырья, а также с учетом их специфических свойств, в частности, высокой стойкости к воздействиям окружающей среды, проблема их утилизации актуальна и носит как экономический, так и экологический характер.

**Цель работы** – разработка ПКМ на основе полипропиленовой матрицы и диспергированного шунгита, не оказывающих негативное влияние на окружающую среду в ходе их разработки и последующего рециклинга.

**Основные результаты.** В качестве полимерного связующего при разработке ПКМ использовали гранулы полипропилена марки PP 8300G (EPYS30RE), в качестве наполнителя – шунгит. Шунгит – природный материал, содержащий углерод в виде фрагментов фуллереноподобных структур.

Интерес применения шунгита вызван особенностями его химического строения и структуры, природным происхождением, экологической безопасностью, а также невысокой стоимостью.

Композиции получали путем смешивания компонентов в расплаве на лабораторном одношнековом смесителе. Температура смешивания составляла 180 °С, скорость вращения ротора 70 об/мин, время смешивания 20 мин. Массовое содержание шунгита в композициях варьировали от 0,5 до 10 мас. %. При содержании шунгита более 10 мас. % в смесителе происходит агломерация дисперсных частиц шунгита.

Испытание образцов на сжатие проводилось в соответствии с ГОСТ 4651–2014 в лаборатории «Электрические и электронные системы» учреждения образования «Белорусский государственный университет транспорта» на универсальной разрывной машине ТС244.31А.

Номинальную относительную деформацию при сжатии определяли по формуле

$$\varepsilon_c = \frac{\Delta L}{L}, \quad (1)$$

где  $\Delta L$  – уменьшение расстояния между опорными площадками;  $L$  – начальное расстояние между опорными площадками.

Напряжение при сжатии определяли по формуле:

$$\sigma = \frac{F}{A}, \quad (2)$$

где  $F$  – нагрузка при сжатии;  $A$  – первоначальная площадь поперечного сечения образца.

После проведения испытаний разрушенные образцы ПКМ подвергли вторичной переработке. Исследованные образцы загружали в одношнековый смеситель. Температура смешивания составляла 180 °С, скорость вращения ротора 70 об/мин, время смешивания 15 мин. Затем изготавливали образцы по вышеописанной методике.

Анализ проведенных исследований показал, что введение в качестве наполнителя диспергированного шунгита в количестве от 0,5 до 4 мас. % нецелесообразно, так как прочность композиции уменьшается. При введении дисперсного шунгита в количестве от 5 до 7 мас. %, прочность композиции увеличивается практически на 23 %. Введение наполнителя более 8 мас. % является нецелесообразным, так как не влияет на прочность формируемого материала.

После исследования влияния состава композиции на механические свойства, разрушенные образцы, наполненные диспергированным шунгитом в количестве от 5 до 7 мас. % были подвергнуты вторичной переработке для оценки изменения их свойств в процессе рециклинга.

Изучение изменения прочности при сжатии полученных образцов показало, что физико-механические характеристики разрабатываемого материала после повторной переработки ухудшились не более чем на 2 %.

**Выводы.** Таким образом, изготовление изделий на основе модифицированного шунгитом полипропилена позволяет получить экологически безопасный материал с повышенной прочностью, не оказывающий негативного влияния на окружающую среду в процессе жизненного цикла изделия, а также повторного использования его в качестве вторичного сырья.

### Список литературы

1 Кудина, Е. Ф. Методы утилизации и рециклинга полимерных композиционных материалов / Е. Ф. Кудина, К. В. Ефимчик // Полимерные материалы и технологии. – 2022. – Т. 8, № 4. – С. 77–86. – DOI : 10.32864/polymmattech-2022-8-4-77-86.

2 Отчет ГУ «Оператор вторичных материальных ресурсов» за 2023 год // Официальный сайт ГУ «Оператор вторичных материальных ресурсов» [Электронный

## DEVELOPMENT OF ENVIRONMENTALLY SAFE COMPOSITE MATERIALS BASED ON POLYPROPYLENE MATRIX

*E. F. KUDINA, K. V. YEFIMCHUK*

*Belarusian State University of Transport, Gomel*

УДК 628.544

## АЗОТНОКИСЛОЕ ВЫЩЕЛАЧИВАНИЕ ЖЕЛЕЗА ИЗ ОСАДКОВ СТАНЦИЙ ОБЕЗЖЕЛЕЗИВАНИЯ

*Д. М. КУЛИЧИК*

*Белорусский государственный технологический университет, г. Минск  
dima.kulichik@gmail.ru*

**Актуальность.** При очистке промывных вод на станциях обезжелезивания образуются железосодержащие осадки, которые в настоящее время не используются несмотря на то, что разработан ряд направлений их переработки [1]. Данные осадки характеризуются достаточно постоянным качественным составом с преимущественным содержанием железа, что определяет возможность их полезного использования [2–5].

**Цель работы** – изучение закономерностей процессов выщелачивания железа из осадков станций обезжелезивания азотной кислотой.

**Основные результаты.** Элементный анализ отходов станций обезжелезивания показал, что содержание железа в них находится в диапазоне 45–60 %. При изменении концентрации кислоты с 30 до 20 % наблюдается увеличение степени выщелачивания с 75,5 до 84,6 %, что может объясняться увеличением объема воды, способствующим растворению большего количества нитрата железа. При концентрации кислоты около 20 % достигается максимальное растворение. Однако дальнейшее снижение концентрации кислоты до 15 % приводит к уменьшению степени выщелачивания до 81,5 %. Это может быть связано с уменьшением реакционной способности кислоты при ее разбавлении.

Построено уравнение регрессии, позволяющее определить потерю массы железосодержащего осадка ( $\Pi$ , %) при выщелачивании в зависимости от времени выщелачивания ( $T$ , мин) и концентрации азотной кислоты. Уравнение построено для следующего интервала значений:  $T = 0 \dots 30$  мин,  $C = 15 \dots 30$  %.

$$\Pi = 97,16 - 3,24C - 2,974T + 0,07457C^2 + 0,4024CT - 0,02729T^2 - 0,0001667C^3 - 0,009371C^2T + 0,0004736CT^2,$$