

РАЗРАБОТКА ПОЛИМЕРНЫХ МАТЕРИАЛОВ С ПРИМЕНЕНИЕМ ВТОРИЧНОГО СЫРЬЯ, КАК ИНСТРУМЕНТ РАЦИОНАЛЬНОГО ПРИРОДОПОЛЬЗОВАНИЯ

Суханов И. А.¹

Научный руководитель – канд. хим. наук, доцент Подзорова М. В.¹

¹Российский экономический университет имени Г. В. Плеханова

ignat.sukhanov2006@mail.ru

Работа выполнена при финансовой поддержке РЭУ им. Г.В. Плеханова.

Введение

Стремительный рост производства и потребления пластиковых изделий привёл к формированию масштабной экологической проблемы, связанной с накоплением трудноразлагаемых отходов. До 50 % мировых пластиковых отходов приходится на одноразовую упаковку [1, 2]. Производство и переработка пластмасс сопровождается значительными выбросами парниковых газов: углеродный след добычи и переработки нефти оценивается в десятки миллионов тонн CO₂-эквивалента ежегодно [3]. Дополнительную опасность представляет образование микропластика, способного аккумулировать токсичные вещества и переносить их по пищевым цепям [4-7]. Также особенно остро стоит вопрос рециклинга отходов. Полимерные отходы часто представляют собой композитные материалы, которые после переработки теряют часть исходных свойств, что осложняет их дальнейшее использование. В этих условиях актуальной задачей является разработка материалов, сочетающих эксплуатационные свойства с контролируемой биодegradацией и возможностью вовлечения вторичного сырья в хозяйственный оборот.

Основная часть

Перспективным направлением является создание биоразлагаемых композитов, сочетающих механическую прочность и способность к контролируемой деградации. Целью работы являлось получение и исследование полимерных композиций на основе биоразлагаемых полиэфиров — полибутиленадипаттерефталата (ПБАТ) и поликапролактона (ПКЛ) — с добавлением вторичного полиэтилена низкой плотности (ПЭНПвт).

Композиции ПБАТ/ПКЛ/ПЭНПвт различного состава получали в лабораторных условиях при температуре 150 ± 5 °С. Пленочные образцы формировали методом термопрессования. Почвенные испытания проводили в соответствии с при температуре 22 ± 2 °С и влажности 65–75 % в течение 90 суток. Также, для комплексного анализа влияния агрессивных факторов окружающей среды было изучено воздействие ультрафиолетового излучения и влаги.

Изменения структуры и свойств оценивали методами дифференциальной сканирующей калориметрии (ДСК), ИК-спектроскопии (ИК), термогравиметрическим анализом (ТГА) и оптической микроскопии. Установлено, что введение ПКЛ в матрицу ПБАТ способствует интенсификации процессов биодеструкции. Добавка вторичного ПЭНП оказывает умеренный ингибирующий эффект, однако содержание 10 мас. % не препятствует биообрастанию и структурным изменениям материала в почвенной среде. Биодеструкция материалов подтверждается методами ДСК, ИК и ТГА. Влияние водной среды является неотъемлемой частью почвенной среды. Гидролитическое разрушение полиэфиров обычно проявляется механизмом объёмной эрозии. Скорость гидролиза значительно зависит от условий окружающей среды и свойств полимеров.

Фотодеградация пленок протекает также по механизму объемной эрозии, эффекты проявляются глубже в аморфных фазах. При воздействии ультрафиолетового излучения с длиной волны 254 и 365 нм инициируется разрушение материала, что ведет за собой изменение температуры плавления и степени кристалличности компонентов смеси. ПБАТ подвергается фотодеструкции. У данного полимера разрывается преимущественно связи С–О и С–Н, но экранирующие свойства бензольного кольца замедляют фотодеструкцию. Такой эффект возможен в ароматических кольцах, потому что все электроны в них делокализованы и имеют «запас энергии», который они могут рассеять, не перенося заряд и не разрывая связи. Наличие вторичного полиэтилена ускоряет фотоокислительные процессы.

Таким образом, фотодеградация, биологическое разрушение и гидролиз биоразлагаемых полиэфиров происходит быстрее в аморфной области, чем в кристаллической, из-за высокой восприимчивости аморфной фазы. Разработанные композиции демонстрируют способность к деградации при воздействии агрессивных факторов окружающей среды при сохранении эксплуатационных свойств, что соответствует принципам экономики замкнутого цикла.

Выводы

Накопление пластиковых отходов требует внедрения решений, соответствующих принципам устойчивого развития. В работе разработаны композиционные материалы на основе ПБАТ и ПКЛ с добавлением вторичного ПЭНП. Установлено, что ПКЛ ускоряет процессы биодеструкции в почве, тогда как добавка ПЭНП в количестве 10 мас. % лишь незначительно их ингибирует. Полученные результаты подтверждают возможность вовлечения вторичного полимерного сырья в создание новых материалов с прогнозируемой деградацией, что соответствует принципам рационального природопользования и экономики замкнутого цикла.

Литература

1. Кириллов С. Н., Холоденко А. В. Природные и антропогенные экотонные системы регионального уровня // Проблемы региональной экологии. 2014. № 5. С. 95–99.
2. Damayanti D., Marpaung D. S. S., Kodarif A. R. et al. Biocatalytic Recycling of Polyethylene Terephthalate: From Conventional to Innovative Routes for Transforming Plastic and Textile Waste into Renewable Resources // Resources. 2025. Vol. 14. P. 176.
3. Oberoi G., Garg A. Single-use plastics: A roadmap for sustainability? // Supremo Amic. 2021. Vol. 24. P. 585.
4. Masnadi M. S., El-Houjeiri H. M., Schunack D. et al. Global carbon intensity of crude oil production // Science. 2018. Vol. 361. P. 851–853.
5. Andrady A. L. Microplastics in the marine environment // Marine Pollution Bulletin. 2011. Vol. 62. P. 1596–1605.
6. Haider T. P., Völker C., Kramm J., Landfester K., Wurm F. R. Plastics of the Future? The Impact of Biodegradable Polymers on the Environment and on Society // Angewandte Chemie International Edition. 2019. Vol. 58. P. 50–62.
7. Narancic T., O'Connor K. E. Plastic waste as a global challenge: are biodegradable plastics the answer to the plastic waste problem? // Microbiology. 2019. Vol. 165. P. 129–137.