

ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ОБОБЩЕННОЙ ТЕХНОЛОГИИ ПИРОЛИЗА ОДНОРАЗОВЫХ СИСТЕМ ДЛЯ БИОТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ: ПРЕДВАРИТЕЛЬНАЯ ОЦЕНКА ЖИЗНЕННОГО ЦИКЛА

Мустаева А.М. (ИТМО)

Научный руководитель – доцент, кандидат химических наук Юльметова Р.Ф. (ИТМО)

Введение. По оценкам, ежегодно во всем мире образуется $353 \cdot 10^6$ тонн пластиковых отходов, и $5,9 \cdot 10^6$ тонн из них вырабатывается медицинской и фармацевтической промышленностью [1]. Одноразовые системы, используемые в производстве биотехнологических препаратов, в основной своей массе состоят из пластика, однако часто имеют в своей структуре элементы из силикона, кремния, целлюлозы и других материалов. Одноразовые системы в основном используются для стерильных лабораторных клеточных работ и представляют собой пластиковые биоконтейнеры, емкости, фильтры, шланги и другие предметы. Переработка таких комплексных отходов, которые к тому же нередко остаются загрязненными клеточным материалом, составляет серьезную проблему для биотехнологических компаний, стремящихся снизить нагрузку на окружающую среду. Пиролиз является перспективной технологией для переработки трудноперерабатываемых отходов и создания вторичных продуктов с добавочной стоимостью. Пиролизное масло, образуемое в процессе пиролиза пластика, является наиболее ценным продуктом, так как имеет свойства ископаемого топлива и имеет коммерческую ценность. В свою очередь уголь, образуемый в процессе пиролиза, обладает свойствами секвестрации (улавливания) углерода [2]. Пиролизное масло может быть переработано путем ратификации с образованием различных видов топлива (бензин, керосин). Это способствует развитию циркулярной экономики за счет превращения отходов пластмасс в ценные ресурсы и снижения зависимости от первичных материалов в виде ископаемого топлива [3]. Пиролиз достаточно хорошо изучен для утилизации медицинских отходов, в том числе отхода брака лекарств, просроченных препаратов и их упаковки. Также доказано, что пиролиз уничтожает патогенные биологические контаминанты, поэтому с помощью этого метода можно успешно утилизировать контаминированные одноразовые отходы биотехнологических производств, имеющие на себе остаточные массы клеток-продуцентов. Жидкость из органических отходов испаряется в процессе пиролиза, а сама органическая масса превращается в золу [4, 5]. Оценка жизненного цикла (ОЖЦ) – это стандартизированная методология (ГОСТ Р ИСО 14040-2022), которая на основе входных и выходных потоков позволяет оценить возможное потенциальное воздействие на окружающую среду продукта или услуги. Результаты экологической оценки позволяют провести оценку жизненного цикла пиролиза отходов одноразовых систем в сравнении с базовым сценарием утилизации в виде захоронения.

Основная часть. Исследование проводилось на базе данных об отходах, взятых из отчета об устойчивом развитии биотехнологической компании «Биокад», и литературных данных, взятых из исследований, посвященных экологической оценке пиролиза пластика. Анализируемая производственная система включает в себя процессы от стадии образования отходов одноразовых систем до получения конечного продукта переработки. Функциональной единицей является 1 тонна отходов одноразовых систем для биотехнологических процессов. Расчет оценки жизненного цикла проводился с использованием программного продукта SimaPro. Методом оценки экологического воздействия был выбран ReCiPe с временным промежутком в 100 лет, учитывались такие категории воздействия, как потенциал глобального потепления, потенциал разрушения озонового слоя, потенциал закисления, потенциал эвтрофикация, дефицит ископаемых ресурсов и другие.

Выводы. Результаты ОЖЦ позволяют выбрать наиболее экологичный сценарий утилизации отходов по сравнению с традиционными для снижения экологического воздействия предприятия на окружающую среду. В ходе исследования была проведена оценка

жизненного цикла обобщенной технологии по пиролизу одноразовых систем для биотехнологических процессов.

Список использованных источников:

1. Single-Use Technology in the Biopharmaceutical Industry and Sustainability: A Contradiction? / M. Ottinger, I. Wenk, J. Carvalho Pereira [et al.]. – Text : electronic // *Chemie Ingenieur Technik*. – 2022. – Vol. 94. – Single-Use Technology in the Biopharmaceutical Industry and Sustainability. – № 12. – P. 1883-1891. – URL: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1002/cite.202200105> (date accessed: 19.11.2024).
2. Plastics to Energy. – URL: https://books.google.com/books/about/Plastics_to_Energy.html?hl=ru&id=nsIaDwAAQBAJ (дата обращения: 01.12.2024). – Текст : электронный.
3. Saxena, S. Pyrolysis and beyond: Sustainable valorization of plastic waste / S. Saxena. – Текст : электронный // *Applications in Energy and Combustion Science*. – 2025. – Т. 21. – Pyrolysis and beyond. – С. 100311. – URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2666352X24000669> (дата обращения: 01.12.2024).
4. Pyrolysis of pharmaceuticals as a novel means of disposal and material recovery from waste for a circular economy / M. Mgharbel, L. Halawy, A. Milane [и др.]. – Текст : электронный // *Journal of Analytical and Applied Pyrolysis*. – 2023. – Т. 172. – С. 106014. – URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0165237023001584> (дата обращения: 01.12.2024).
5. Pyrolysis: An effective technique for degradation of COVID-19 medical wastes / S. Dharmaraj, V. Ashokkumar, R. Pandiyan [и др.]. – Текст : электронный // *Chemosphere*. – 2021. – Т. 275. – Pyrolysis. – С. 130092. – URL: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC7901847/> (дата обращения: 01.12.2024).