

# УТИЛІЗАЦІЯ ПОЛІЕТИЛЕНУ ЗА ДОПОМОГОЮ ГРИБІВ

Головач В.В.

КПІ ім. Ігоря Сікорського, [golovach.vladislav@iik.kpi.ua](mailto:golovach.vladislav@iik.kpi.ua)

***Abstract:** An analysis of literature data on the use of fungi as an effective means of bioremediation was conducted. The research results indicate that fungi show promise in decomposing plastic and polyethylene. Experimental data demonstrate a significant reduction in substrate mass and the fungi's ability to biodegrade plastic, opening new prospects for the ecological disposal of waste.*

***Keywords:** fungus, waste disposal, solid wastes*

**Вступ.** У сучасному світі проблема забруднення поліетиленом стає все більш актуальною через його надмірне накопичення та вплив на навколишнє середовище. Пластик вважається одним із найнебезпечніших елементів через його повільну деградацію, яка займає кілька десятиліть, тому він вважається матеріалом, який не розкладається. Цей нерозкладний пластик накопичується на поверхні землі і вважається твердими відходами, які наземні тварини, такі, наприклад, як корови та буйволи, вживають в їжу, і його споживання призводить до загибелі тварин [1]. Пластик утворює тверді частинки під дією ультрафіолетового випромінювання, та під впливом вивітрювання розноситься на інші території, збільшуючи площу забруднення, включаються в харчові ланцюги, викликаючи серйозні наслідки для всіх живих організмів [2]. Традиційні методи утилізації пластику часто виявляються неефективними. Збільшення кількості звалищ вже є дуже великою проблемою через величезні площі, які вони займають, та ті території, які стають непридатними для життя та використання людиною. Тому проблема розробки нових, вдосконалення вже існуючих та впровадження більш ефективних методів і технологій утилізації таких відходів дуже актуальна.

Існує декілька варіантів розкладання, такі як фотодеградація, термоокислювальна деградація, гідролітична деградація та біодеградація. Фотодеградація передбачає безперервний вплив ультрафіолетового випромінювання від сонця або штучного джерела на пластиковий матеріал, внаслідок дії якого зрештою відбувається включення молекули кисню у структуру, що призводить до розщеплення складних полімерів на прості. Термоокислювальна деградація передбачає вплив тепла на пластикові полімери [3], що призводить до утворення токсичних газів у навколишнє середовище та становить небезпеку для здоров'я, викликаючи захворювання легенів і рак після вдихання [4]. Тому метод біодеградації є кращим через безпечність механізму та процесу.

Мета роботи – аналіз літературних даних щодо ефективності використання грибів для утилізації поліетилену у складі сміття.

**Матеріали та методи.** Проведено огляд літературних джерел, використовуючи методи інформаційного пошуку та аналіз відібраних наукових даних, з метою дослідження методів утилізації поліетилену за допомогою грибів.

**Результати та обговорення.** Виявлено, що найбільш перспективними для розкладу сміття, зокрема пластику та поліетилену, є гриби. А саме гриби родів *Pleurotus*, *Aspergillus*, *Penicillium*, *Eurotium*. Їх використання для розкладання пластику є досить ефективним та дешевим.

Результати досліджень [5] показують високу перспективність методу розкладання поліетилену, поліпропілену і суперабсорбуючого полімеру та целюлози за допомогою *Pleurotus ostreatus*. Експериментальні дані показали, що цей гриб здатен зростати на субстраті, основним джерелом вуглецю у якому є поліетилен. Експериментальні дані виявили значне зниження маси для всіх використаних субстратів. Субстрат, що складався з подрібненої пелюшки без пластику з додаванням виноградного шлаку, показав зменшення ваги на 85%; подрібнена пелюшка без пластику продемонструвала зменшення ваги на 88%; поживне середовище, що містило пластик, втратило 70% своєї маси. Аналіз інших наукових джерел підтвердив можливість росту *Pleurotus* саме на поліетилені [6]. У цьому лабораторному дослідженні з *Pleurotus abalones* та *Pleurotus ostreatus* було виявлено, що ріст на поживному середовищі, в якому єдиним джерелом пластику був поліетилен – можливий. Також було проведено експеримент, який імітував польові умови, *Pleurotus ostreatus* ріс протягом 30, 60 і 90 днів за 25 °С на пластику, під прямим сонячним промінням, у результаті чого спостерігалася деградація пластику, як з попередньою обробкою, так і без неї.

У дослідженнях [6, 7] росту на поліетилені високої щільності види грибів *Pleurotus ostreatus*, *Pleurotus ostreatus* var. *columbinus*, *Lentinula edodes*, *Ganoderma lucidum*, *Trametes versicolor*, показали високу ефективність. Поживне середовище перелічених дослідних зразків культур зазнало втрати маси та деградації, крім *Ganoderma lucidum*. У дослідженні росту на поліетилені низької щільності було виявлено зменшення маси та деградація поживного середовища всіма видами вище вказаних грибів, крім *Trametes versicolor*.

Окрім того, було досліджено [8] використання грибів у польових умовах. Як субстрат для росту грибів *Aspergillus nidulans*, *Eurotium repens* і *Penicillium chrysogenum* виступав пластик та поліетилен. Найбільшу ефективність мав *A. nidulans* з показником у 2% втрати ваги субстрату, в інших зразках – по 1% втрати ваги субстрату. Поліетилен мав значний рівень розкладання ізолятами грибів, використаних у цьому дослідженні. Середнє мікробне число коливалося від  $1,37 \times 10^7$  до  $8,2 \times 10^8$  КУО/г. Зміни, що спостерігалися в спектрах FTIR (інфрачервона спектроскопія з перетворенням Фур'є), особливо у зразках поліетилену, інокульованого *A. nidulans*, підтверджують значну роль грибів у деградації поліетилену та можливість їх подальшого використання.

Також великою проблемою у розкладанні поліетилену є його гідрофобність, бо це обмежує доступ мікроорганізмів, які зазвичай розкладають органічні матеріали. Для подальшого розкладання поліетилену необхідно вирішити цю проблему. Потенційним варіантом може слугувати використання плісняви *Aspergillus tubingensis*. У ході досліджень [9] протягом 28-денного періоду інкубації *Aspergillus tubingensis* на поліетиленових плівках утворювалися життєздатні біоплівки грибів, і знижувалася гідрофобність

поліетилену. На поверхнях поліетиленових плівок за допомогою скануючої електронної мікроскопії та атомно-силової мікроскопії спостерігали очевидне пошкодження, яке включало ямки і порожнини (глибиною 0,3–0,4 мкм). Через 60 днів маса пластику зменшилася на 10%, а молекулярні маси полімерних ланцюгів знизилися на 13 %.

**Висновки.** Дослідження підтверджує високий потенціал використання грибів у процесах біоремедіації та утилізації твердих відходів. Аналіз методів і технологій утилізації сміття за допомогою різних видів грибів та плісняви, зокрема *Pleurotus ostreatus*, *Aspergillus nidulans*, *Eurotium repens*, *Penicillium chrysogenum*, *Aspergillus tubingensis*, демонструють здатність ефективно розкласти полімерні матеріали, такі як поліетилен і поліпропілен. Експериментальні дані вказують на значне зниження маси субстратів, що свідчить про активну участь грибів у деградації пластикових матеріалів.

**Подяка.** Висловлюю подяку Поліщук Валентині Юріївні за поради та підтримку в написанні тез.

#### **Список використаної літератури:**

1. Bhupendra Singh, Ramganga Colony, Dhampur, Distt. Bijnor, Harmful effect of plastic in animals, The Indian Cow: The Scientific and Economic Journal Year : 2005, Volume : 2, Issue : 6
2. S Bonhomme, A Cuet, A-M Delort, J Lemaire, M Sancelme, G Scott, Environmental biodegradation of polyethylene, Polymer Degradation and Stability Volume 81, Issue 3, 2003, Pages 441-452 URL: [https://doi.org/10.1016/S0141-3910\(03\)00129-0](https://doi.org/10.1016/S0141-3910(03)00129-0)
3. Berit Gewert, Merle M. Plassmann, Matthew MacLeod, Pathways for degradation of plastic polymers floating in the marine environment Environmental Science: Processes & Impacts Issue 9, 2015, 17, 1513-1521 URL: <https://doi.org/10.1039/C5EM00207A>
4. R. Pramila and K. Vijaya Ramesh Biodegradation of low density polyethylene (LDPE) by fungi isolated from municipal landfill area URL: <https://doi.org/doi:10.7282/T34Q7ZB9>
5. Espinosa-Valdemar Rosa María, Turpin-Marion Sylvie, Delfin-Alcalá Irma, Vázquez-Morillas Alethia, Disposable diapers biodegradation by the fungus *Pleurotus ostreatus* Waste Management Volume 31, Issue 8, August 2011, Pages 1683-1688 URL: <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2011.03.007>
6. Paula Andrea Bautista-Zamudio, María Alejandra Flórez-Restrepo, Xiomara López-Legarda, Leidy Carolina Monroy-Giraldo, Freimar Segura-Sánchez, Biodegradation of plastics by white-rot fungi: A review, Science of The Total Environment Volume 901, 25 November 2023, 165950, URL: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2023.165950>
7. Denise Ann Hassinger, Utilizing natural components to combat anthropogenic effects,
8. Temitope Oluwatosin Ayeni, Daniel Juwon Arotupin, Oisagah Ezekiel Ayo, Biodegradation of polyethylene by indigenous fungi from waste recycling site, Bulletin of the National Research Centre volume 46, Article number: 182 (2022) URL: <https://doi.org/10.1186/s42269-022-00871-4>
9. Мусієнко, В. А., Корбут, М. Б., & Шелест, З. М. (2019). Дослідження аспектів біодеструкції пластику грибом *Aspergillus tubingensis*. Технічна інженерія, (2(84)), 133–136. URL: [https://doi.org/10.26642/ten-2019-2\(84\)-133-136](https://doi.org/10.26642/ten-2019-2(84)-133-136)