

**В.В. Ващук; О.А. Нагурський, к. т. н., доц.**

## **УТИЛІЗАЦІЯ ВІДХОДІВ СПОЖИВАННЯ ВИРОБІВ З ПОЛІСТИРОЛУ У ВИРОБНИЦТВІ КАПСУЛЬОВАНИХ МІНЕРАЛЬНИХ ДОБРІВ**

*Доповідь присвячена дослідженню процесу біологічної деструкції полімерів, зокрема полістиролу під дією мікроорганізмів ґрунту та в залежності від вмісту наповнювачів. Представлений найбільш безпечний метод утилізації відходів з полістиролу – використання в якості функціональної оболонки повільно діючих мінеральних добрив. Побудовано кінетику процесу біодеструкції суміші полістиролу і крохмалю у ґрунтовому середовищі.*

Галузь полімерної тари й упаковки агресивно відвойовує ринок у інших пакувальних матеріалів. Полімери привертають увагу виробників дешевизною, невеликою вагою і широтою спектра властивостей різних матеріалів, які можна підбирати під конкретний продукт, а також регулярній появі нових матеріалів. Завойовує прихильність виробників тара зі спіненого полістиролу. Як відомо, пластикова упаковка має малий період споживання, проте великий період розкладу. Так як відходи полімерних упаковок накопичуються у великій кількості на сміттєзвалищах, то постає проблема їх переробки та усунення. Тому однією з глобальних проблем сьогодення є забруднення навколишнього середовища пластиковими відходами, зокрема відходами упаковки, для виготовлення якої використовується полістирол.

До основних проблем вторинного використання пластмасових відходів треба віднести наступне: розширення ринку збуту кінцевих продуктів, одержання сумішей потрібних пропорцій, розробка методів механічної переробки сумішей відходів. В якості альтернативи утилізації пропонуються наступні методи: виробництво полімерів, які піддаються фотодеструкції, біодеструкції, хімічному перетворенню; спалювання. Здатність пластиків розкладатися досягається за рахунок ультрафіолетових рецепторів, які в процесі виробництва включають в структуру полімеру або вводять в якості добавки. Галузі використання цих полімерів обмежені, так як по-перше, вони дуже дорогі, а по-друге, вони не розкладаються в критичних звалищах сміття, але сприяють деструкції продуктів, виготовлених із полімерів на основі утилізованих відходів. Вивчення можливості біодеструкції полімерів під дією мікробів виявило два підходи: добавка в полімер сполук металів для розщеплення, в якості оксиданта крохмалю або целюлози. Полімери, які піддаються біодеструкції знайдуть використання тільки в специфічних галузях, тому, що, як показують досвіди, строки розкладання паперу і навіть харчових відходів на звалищах в анаеробних умовах значно перевищують передбачувані, ця закономірність поширюється і на полімери. Спалювання є ефективним альтернативним методом видалення пластмасових відходів [1]. Так, при спалюванні 1 кг поліетилену виділяється близько 46 тис. кДж, вугілля - 26 тис. кДж, газетного паперу - 18 тис. кДж, твердих побутових відходів 11 тис. кДж. Частина енергії регенерується в електричну. Сучасні сміттєспалювальні установки забезпечують видалення або розкладання викидів частинок золи, хлористого водню та ін. шкідливих викидів. Найбільш економічне спалювання поліолефінових, вінілових, стирилових відходів після вилучення всіх продуктів, які піддаються рентабельній утилізації.

Найдавнішим способом знищення сміття є його поховання на звалищах або полігонах. Експлуатація необлаштованих звалищ, що не мають елементарних природоохоронних споруд – гідрозахисних екранів, систем збору і контролю фільтру і т.д., з соціальної точки зору – протипоказана, з природоохоронної – небезпечна. Полігонний метод знешкодження ТПВ технологічно не складний, проте вимагає довготривалого відчуження великих земельних площ, значних капіталовкладень, експлуатаційних і транспортних витрат. До технологічних методів усунення відходів пластикової упаковки відноситься їхнє знищення і утилізація (вживання з користю). Високі вимоги екологічної безпеки, що ставляться до пакувальних матеріалів, створили новий метод знищення полімерних відходів шляхом їх компостування, тобто контрольований саморозклад під дією чинників навколишнього середовища (мікроорганізмів, УФ-випромінювання, води і ін.). Інтенсивні роботи в області створення екофільних матеріалів ведуться з початку 70-х років. На думку американських і японських фахівців, технологія виробництва і вживання полімерних пакувальних матеріалів (СПУМ), що саморозкладаються, стане однією з пріоритетних технологій XXI століття.

Найбільш оптимальним варіантом утилізації пластикових відходів в наш час є їхнє спалю-

вання. Але при спалюванні відходів полімерів в атмосферу потрапляють шкідливі газоподібні продукти – високотоксичні діоксини, хлористий водень, діоксид сірки, а зола і стоки, які утворюються при цьому, містять немало інших шкідливих компонентів. Таким чином, поховання і спалювання не вирішують проблеми полімерних відходів, а лише переводять її в нове, небезпечне і важкопередбачуване русло. Тому ми пропонуємо найбільш безпечний метод утилізації відходів полістиролу – використання в якості функціональної оболонки повільно діючих мінеральних добрив, яка в ґрунті піддається біодеструкції.

Мета новітніх досліджень по створенню біорозкладних пластмас полягає в тому, щоб навчитися регулювати процеси деструкції для забезпечення швидкої і безпечної деградації упаковки після закінчення терміну її служби [2]. З метою повторного використання відходів з полістиролу пропонується їхнє використання в якості оболонки для капсулювання мінеральних добрив. Це вирішує дві проблеми: зменшується вартість капсульованих мінеральних добрив за рахунок використання відходів та одночасної їх утилізації.

Відходи полістиролу представляють собою речовини в твердому стані. Для отримання біологічно активних композицій та проведення аналітичних досліджень необхідним є переведення їх у рідкий стан. Згідно фізико-хімічної характеристики полістиролу найкраще для таких цілей застосувати толуол.

Застосування полімерних відходів на основі полістиролу для отримання екологічно безпечних капсульованих мінеральних добрив потребує вивчення кінетики процесу біодеструкції полістиролу під дією ґрунтових мікроорганізмів. Полімерна оболонка на поверхні гранул мінеральних добрив призначена для контрольованого пролонгованого вивільнення елементів живлення в ґрунтове середовище [3]. На весь період вегетації рослин капсула повинна зберігати свої певні властивості. З іншого боку вона повинна бути розкладена мікроорганізмами до безпечних сполук, запобігаючи тим самим накопиченню полімеру в ґрунті. Для отримання капсульованих мінеральних добрив з наперед визначеними властивостями необхідно отримати певні аналітичні залежності, які б дали змогу розраховувати функціональну придатність оболонки і в цілому продукту.

Найдешевшим методом отримання композицій «полімер — наповнювач» є пряме змішування компонентів. В цьому випадку наповнювач присутній в пластику у вигляді конгломератів розміром 10—100 мкм. Величина макрочастинок визначається енергією міжфазної взаємодії і напругою в процесі екструзії. Одержаний з такої суміші матеріал є частково біорозкладним, оскільки матриця синтетичного полімеру в кращому разі розпадається на шматочки. При змішуванні наповнювача з синтетичним полімером на мікрорівні (розмір частинок менше 10 мкм) компоненти суміші утворюють взаємопроникну сітчасту структуру, яка забезпечує наповненому полімеру ефект додаткової деструкції [4].

Як відомо, наповнювач може накопичуватися в менш впорядкованих областях полімеру. Крім того, густина упаковки макромолекул в граничних шарах системи «полімер-наповнювач» приблизно вдвічі менше, ніж в решті об'єму нерегульованої фази полімеру. Тому при знищенні наповнювача бактеріями полегшується доступ мікроорганізмів до менш стійкої по відношенню до біодеструкції частини полімеру.

Як вже зазначалось раніше полімерні матеріали у тому числі і полістирол важко піддаються біологічному розкладу. При створенні матеріалів, здатних до біодеструкції, до їх складу додають полісахариди. В нашій роботі використовуємо для цих цілей картопляний крохмаль, який є одним з найдешевших видів сировини для організації промислового виробництва біопластиків. Другим важливим фактором, який впливає на кінетику процесу є вміст самих біодеструкторів. Дана величина в природних умовах залежить від типу ґрунту, а саме вмісту органічних речовин. В даній роботі будемо проводити дослідження ступеню розкладу полістиролу в залежності від вмісту крохмалю в полімері та органіки в ґрунті.

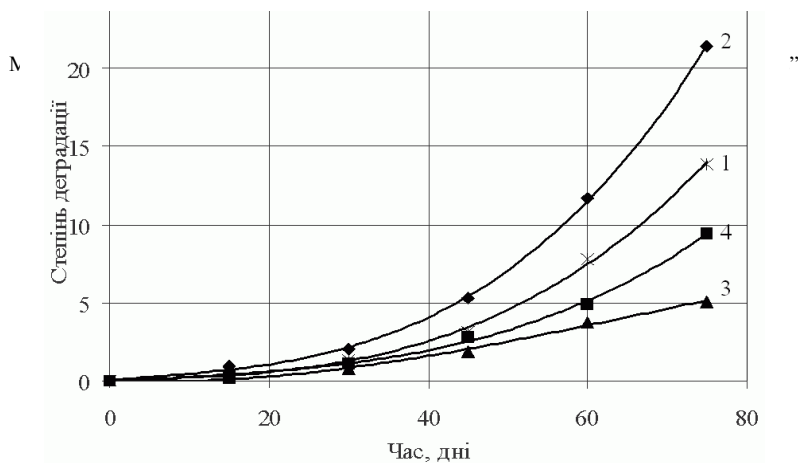


Рис.1 Кінетика біодеградації суміші полістиролу і крохмалю у ґрунтовому середовищі

Згідно літературних джерел при виробництві біодеструктуючих полімерів до них додають від 10 до 40 % крохмалю [2]. Приймаємо мінімальне значення 10% і максимальне 30%. По вмісту органічних речовин (гумусу) ґрунти поділяються на підзолисті – 2..3% і чорноземи 7..11%. Приймаємо для досліджень зміну даного параметра від 2% до 8%.

Необхідну кількість крохмалю в суміші з полістиролом визначали ваговим методом. Для отримання 10%-ї суміші зважували 90г полістиролу і 10г крохмалю. Попередньо подрібнений (розміром 2 мм) полістирол перемішували з крохмалем. Потім до отриманої суміші поступово невеликими частинами додавали толуол, до отримання однорідної маси. Далі розчин поміщали в сушильну шафу до повного випаровування розчинника, яку визначали за стабілізацією маси взірця.

Після видалення толуолу отриману речовину розділяли на рівні частини масою 5г. Аналогічним чином, з відповідними пропорціями компонентів, готували взірці з вмістом крохмалю 20 % і 30 %.

Визначення органічної частини в ґрунті проводили за наступною методикою:

- 1.Зважити на терезах тигель і перенести в нього взірець ґрунту, що аналізується.
- 2.Поставити його в сушильну шафу до повного висихання (поки вага тигля перестане зменшуватись), при температурі не більше 100<sup>o</sup>C. Дати тиглю остигнути до кімнатної температури та зважити його на терезах.
- 3.Помістити тигель з висушеним ґрунтом у муфельну піч і витримати там при температурі 700<sup>o</sup>C протягом 1 год.
- 4.Вийняти тигель з печі щипцями і, давши йому вистигнути до кімнатної температури, зважити на терезах.

Визначити відсоток органічної речовини в ґрунті за формулою:

$$N = \frac{m_1 - m_2}{m_1} 100\% ,$$

де  $m_1$  - вага тигля з ґрунтом до прожарювання, гр.;  
 $m_2$  - вага тигля з ґрунтом після прожарювання, гр.

Для отримання ґрунтової суміші із відповідною кількістю органічної речовини використовували матеріал з високим вмістом гумусу. Далі до необхідної консистенції розбавляли чистим піском, що не містив органічних речовин. Для цього пісок попередньо прокалювали в муфельній печі при температурі 700 °C. Отриману ґрунтосуміш в однаковій кількості поміщали в горщики, зволожували в кількості 30 % від загального об'єму суміші. Дослідні взірці поміщали в ґрунт таким чином, щоб вони повністю були ним покриті.

Спостерігали за процесом протягом 75 днів. Через кожні 15 днів визначали молекулярну масу взірця. З метою отримання достовірних результатів одночасно проводили три паралельних дослідів. Дослідження проводили за незмінної температури (20<sup>o</sup>C) і вологості ґрунтового середовища (30%)

В графічному вигляді експериментальні результати представлені на рис.1.

### Висновки

Проведені дослідження показали, що на основі відходів полістиролу можна отримувати полімерні композиції придатні для контрольованої біологічної деструкції із наперед розрахованою динамікою. Застосування відходів в якості вторинних матеріальних ресурсів дозволяє вирішувати

одночасно дві проблеми:

- утилізацію відходів полімерних матеріалів, які важко піддаються розкладу в природних умовах і при спалюванні яких виділяються шкідливі речовини, що потребують додаткового очищення;
- зменшення матеріальних витрат при використанні відходів в якості основи для отримання функціональної оболонки екологічно безпечних капсульованих мінеральних добрив.

#### СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Гуль В.Е., Акутин М. С. Основы переработки пластмасс. – М.: Химия, 1985. – 400с., ил.
2. Биодеструктурирующие полимерные материалы: Сб. Науч. тр. – Киев: Наук. думка, 1982. – 88с.
3. Охрана окружающей среды при производстве пластмасс и гигиена применения пластмасс//Охтинское научно-производственное объединение «Пластмассполимер» под ред. Т.Н. Зеленковой. Л.: 1978.- с.87-93.
4. Штильман М.И. Полимеры в биологически активных системах.-М.:Химия.-1998.