

В.В. Вашук, О.А. Нагурський, О.Р. Попович, Я.М. Захарко
Національний університет “Львівська політехніка”,
кафедра екології та охорони навколишнього середовища

МЕТОДИКА ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОЦЕСУ БІОДЕСТРУКЦІЇ ПОЛІСТИРОЛУ

© Вашук В.В., Нагурський О.А., Попович О.Р., Захарко Я.М., 2007

Одним із екологічно безпечних методів утилізації відходів з полістиролу є їхнє використання, як функціональної оболонки повільно діючих мінеральних добрив. Ця оболонка в ґрунті під дією факторів навколишнього середовища піддається біологічній деструкції. У цій роботі наведено методику дослідження цього процесу дослідженням зміни молекулярної маси полістиролу під дією крохмалю та мікроорганізмів ґрунту.

One of the safety methods of polystyrol wastes utilization is using them as a functional cell of the slow-release mineral fertilizers. This cell can expose the process of biological destruction in the soil due to action of the factors of environment. In this activity the technique of research the biodestruction process is induced, specifically the research of alteration of the molecular mass of polystyrol due to action of starch and microorganisms of the soil.

Постановка проблеми. Однією з глобальних проблем сьогодення є забруднення навколишнього середовища пластиковими відходами, зокрема відходами упаковки, для виготовлення якої використовується полістирол. Як відомо, пластикова упаковка має малий період споживання, проте великий період розкладу. Оскільки відходи полімерних упаковок нагромаджуються у великій кількості на сміттєзвалищах, то постає проблема їх перероблення та усунення.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. До технологічних методів усунення відходів пластикової упаковки належить їхнє знешкодження і утилізація (вживання з користю). Найоптимальнішим варіантом утилізації пластикових відходів у наш час є їхнє спалювання. Але під час спалювання відходів полімерів в атмосферу потрапляють шкідливі газоподібні продукти – високотоксичні діоксини, хлористий водень, діоксид сірки, а зола і стоки, які утворюються при тому, містять немало інших шкідливих компонентів [1]. Тому пропонуємо найбезпечніший метод утилізації відходів полістиролу – використання як функціональної оболонки повільно діючих мінеральних добрив, яка в ґрунті піддається біодеструкції. Для покращання біодеструкції до полімерів додають полісахариди, які є ініціаторами процесу [2].

Мета роботи. Для вивчення процесу біодеструкції полістиролу необхідним є визначення зміни його молекулярної маси. Одним із поширених методів визначення цього параметра є вискозиметричний метод [3].

Для дослідження процесу біодеструкції спочатку готували взірці полістиролу з картопляним крохмалем. Необхідну кількість крохмалю в суміші з полістиролом визначали ваговим методом. Для отримання 10%-ї суміші зважували 9г полістиролу і 1г 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 (визначали за стабілізацією маси взірця). Після висушування взірці поміщали в ґрунт, де відбувався власне процес біодеструкції під дією органічних речовин ґрунту.

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 °С. Отриману ґрунтосуміш в однаковій кількості поміщали в горщики, зволожували в кількості 30 % від загального об'єму суміші. Дослідні взірці поміщали в ґрунт так, щоб вони повністю були ним покриті.

Спостерігали за процесом протягом 45 днів. Через кожні 15 днів визначали молекулярну масу взірця на віскозиметрі. З метою отримання достовірних результатів одночасно проводили три паралельних досліди. Досліджували за незмінною температурою (25°C) і вологістю ґрунтового середовища (30%).

Для визначення молекулярної маси віскозиметричним методом було використано формулу Марка-Хувінка [3]:

$$[\eta] = K \cdot M^\alpha, \quad (1)$$

де $[\eta]$ – так звана приведена в'язкість розчину полімеру; M – молекулярна маса; K – константа, характерна для цього полімергомологічного ряду; α – характеризує ступінь зігнутості макромолекули полімеру, розчиненого в цьому розчиннику і тому залежить від взаємодії полімеру з розчинником, тобто від властивостей розчинника.

Значення K та α наведені в таблиці.

Полімер	Розчинник	Темп., °C	$K \cdot 10^4$	α	$M \cdot 10^4$
полістирол	толуол	25	1,7	0,69	3,0 – 1700

Приведену в'язкість $[\eta]$ визначали графічною екстраполяцією значень $\frac{\eta_{num}}{C}$ (або $\ln \frac{\eta_{num}}{C}$), отриманих для декількох концентрацій до нульової концентрації.

Для визначення відносної в'язкості розчину полімеру вимірювали час витікання τ_0 і τ (в секундах) рівних об'ємів розчинника і розчину через капіляр віскозиметра при заданій постійній температурі. Концентрацію розчину (C) переважно виражають в грамах на 100 мл розчинника. Для вимірювання в'язкості використовують розчин з $C = (0,125 \dots 0,5) / 100$ мл.

Відносна в'язкість $\eta_{відн}$ являє собою відношення часу витікання розчину до часу витікання розчинника:

$$\eta_{відн} = \frac{\tau}{\tau_0} \quad (2)$$

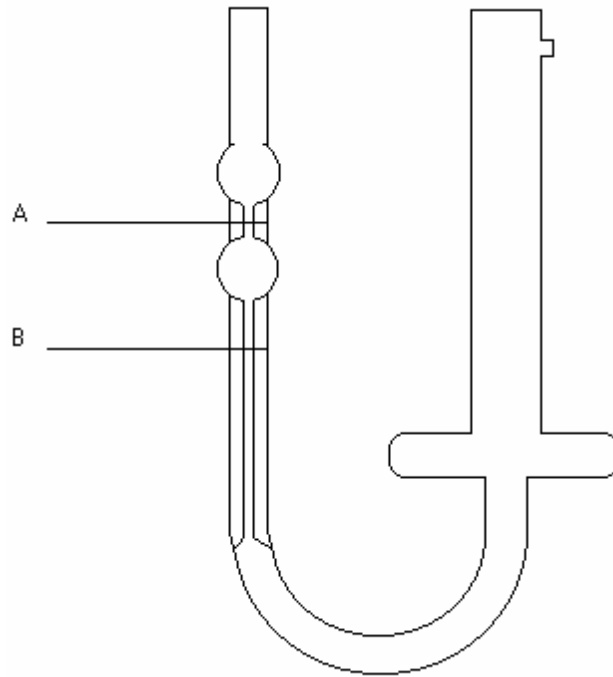
Питома в'язкість η_{num} – відношення різниці в'язкості розчину і розчинника до в'язкості розчинника:

$$\eta_{num} = \frac{\tau - \tau_0}{\tau_0} = \eta_{відн} - 1 \quad (3)$$

Для визначення часу витікання розчину полістиролу було використано віскозиметр Оствальда-Пінкевича з двома кульками (рисунок).

Віскозиметр являє собою U-подібну трубку. Одне коліно трубки має циліндричну форму з резервуаром у нижній частині. У другому коліні є два кулеподібні розширення, які закінчуються капіляром діаметром 0.56 мм. Вище та нижче нижнього кулястого розширення нанесені мітки.

Вимірювали в два етапи. На першому етапі вимірювали час витікання чистого розчинника – толуолу. Для того у резервуар віскозиметра через воронку заливали 10 мл толуолу; віскозиметр поміщали у термостат і витримували 15 хв. Через гумову трубку за допомогою груші розчинник засмоктували вище від верхньої мітки. Коли грушу від'єднували, рідина починала переливатись з верхньої кульки в нижню. Як тільки рівень рідини опускався до верхньої мітки – вмикали секундомір. У момент проходження рідиною другої мітки секундомір виключали та записували результати вимірювань. Дослід повторюють три рази і обраховували середнє значення часу витікання розчинника (τ_0).



*Віскозиметр Оствальда-Пінкевича:
A, B – відповідно верхня та нижня мітки віскозиметра*

На другому етапі визначали час витікання попередньо приготовлених декількох розчинів полімерів різної концентрації (0.125, 0.25 та 0.5). З розчинами полімерів повторювали попередню процедуру.

На основі отриманих даних будували криву залежності $\frac{\eta_{\text{вим}}}{C}$ від C , продовжуючи її до перетину з віссю ординат і за значенням $\frac{\eta_{\text{вим}}}{C}$ в точці перетину і за даними таблиці розраховували величину молекулярної маси.

Висновки. Ця методика не містить трудомістких стадій хімічного аналізу. Віскозиметричний метод визначення молекулярної маси полімерів широко використовується у полімерній промисловості як найпростіший та найоптимальніший метод та дає змогу отримувати достовірні дані під час дослідження процесу біологічного розкладу полімерів.

1. Мелешкин М.Г., Степанов В.Н. *Промышленные отходы и окружающая среда.* – К., 1990. 2. *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. 3. *Методичні вказівки до лабораторної роботи з хімії полімерів "Визначення молекулярної маси полімерів методом віскозиметрії".* Нац. ун-т "Львівська політехніка". – Львів, 2001.