

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ХЕРСОНСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ**

Медичний факультет
Кафедра хімії та фармації

ЕКОЛОГІЧНІ ПРОБЛЕМИ ПЕРЕРОБКИ ПОЛІМЕРІВ

Кваліфікаційна робота (проєкт)
на здобуття ступеня вищої освіти «бакалавр»

Виконав: студент IV курсу
Спеціальності 102 Хімія
Освітньо-професійної програми
«Хімія»

Агеєнко Михайло Васильович

Керівник: к.х.н., доцент Речицький О.Н.

Рецензент: інженер-лаборант Камінський В. В.

Херсон – 2021

ЗМІСТ

ВСТУП	3
РОЗДІЛ 1 ЗАГАЛЬНІ ПОНЯТТЯ ПРО ПОЛІМЕРИ	5
1.1 Хімічна будова та класифікація полімерів.....	5
1.2 Пластмасові вироби та їх значення у житті людини.....	9
РОЗДІЛ 2. ЕКОЛОГІЧНІ ПРОБЛЕМИ ВИКОРИСТАННЯ ТА ПЕРЕРОБКИ ПОЛІМЕРІВ	14
2.1 Екологічні аспекти поводження з полімерними відходами	14
2.2 Сучасні методи переробки полімерів	17
ВИСНОВКИ	26
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	27
ДОДАТКИ	30
Додаток А. Класифікація полімерів за їх складом	30

ВСТУП

Актуальність: Прогрес сучасної техніки базується на широкому застосуванні пластичних мас і синтетичних смол. Без їх використання неможливий розвиток автоматики, атомної і ракетної техніки, радіоелектронних та інших нових і новітніх галузей, а також виробництво товарів культурно-побутового значення. Саме через це в останні десятиліття хіміки провели велику роботу по підвищенню якості пластичних мас і синтетичних смол, створенню їх широкого асортименту, а також розробці високоефективних технологічних процесів промислового виробництва нових матеріалів. Їх використовують для зберігання продуктів, у виробництві канцелярських товарів та багатьох побутових речей.

Останнім часом серед найбільш гострих проблем твердих відходів є утилізація полімерів. Кількість відходів, що в своєму складі містять полімерні матеріали настільки велика, що деякі країни заборонили застосування поліетиленових виробів узагалі. Полімери є дуже стійким сполуками, які завдяки своїй хімічній будові дуже повільно розкладаються, що спричиняє величезні їх об'єми у твердих побутових відходах та значне забруднення навколишнього середовища. Тому розробка в наш час є дуже актуальним питання знаходження екологічних шляхів переробки полімерів.

Мета роботи: Аналіз методів переробки полімерів, які завдаватимуть мінімум шкоди навколишньому середовищу.

Відповідно до мети були поставлені наступні **завдання:**

1. Провести аналіз наукової літератури стосовно класифікації полімерів, їх складу та будови.
2. Розглянути значення пластмасових виробів у житті людини.

3. Розглянути вплив полімерів на навколишнє середовище та здоров'я людини.

4. Дати характеристику сучасним методам переробки полімерів.

Об'єкт роботи: високомолекулярні сполуки.

Предмет роботи: полімери, які використовуються в промисловості та побуті.

Для реалізації поставленої мети та завдань використовувались наступні наукові **методи дослідження:**

- аналіз – для структурованого подання інформації про полімери, їх склад, будову та класифікацію;
- науковий опис – для подання теоретичних відомостей стосовно пластмасових виробів, та їх значення у житті людини;
- порівняння – для порівняння різних методів переробки полімерів, знаходження їх переваг та недоліків;
- науковий синтез – для опрацювання теоретичної інформації та формування висновків.

Структура роботи. Робота складається зі вступу, двох розділів, висновків та списку використаних джерел. Перший розділ присвячено хімічній будові та класифікації полімерів, а також значенню пластикових виробів у житті людини.

В другому розділі розглядають екологічні аспекти поводження з полімерами та сучасні методи переробки полімерних відходів.

РОЗДІЛ 1

ЗАГАЛЬНІ ПОНЯТТЯ ПРО ПОЛІМЕРИ

1.1 Хімічна будова та класифікація полімерів

Хімія високомолекулярних сполук – один з розділів органічної хімії, де вивчається особлива група речовин, яка має дуже цінні і своєрідні властивості, обумовлені наявністю молекул-гігантів ланцюгової будови, що одержали назву макромолекули.

Речовини, макромолекули яких складаються з багатьох однакових або різних за природою структурних ланок, називаються високомолекулярними сполуками. Полімерами називають хімічні високомолекулярні сполуки, в яких атоми, сполучені хімічними зв'язками, утворюють лінійні або розгалужені ланцюги, а також просторові тривимірні структури [1, с. 756].

Полімери складають особливу групу речовин. Для них відсутній газовий стан, вони мають дуже цінні і в деяких випадках протиріччі властивості: високу еластичність в поєднанні з міцністю, подібною до металів при низьких значеннях густини і питомого об'єму. Полімери з усіма своїми властивостями існують в природних умовах, а термін їх життя вимірюється роками і десятиліттями.

Всі ці особливості полімерів є підставою для виділення особливого стану речовини (полімерного стану) як однієї з форм існування матерії.

Полімерами називають речовини, що мають велику молярну масу та асиметрію молекул. Величина молярної маси умовно визначена від 5000 г/моль і вище.

Існує дві теорії будови полімерів, перша теорія – колоїдна, міцелярна, за якою розчини високомолекулярних сполук віднесені до

колоїдних, тобто термодинамічно нестійких. Прибічники цієї теорії вважають, що дисперсна фаза розчинів складається з міцел-агрегатів макромолекул [2, с. 344].

Друга теорія – макромолекулярна, згідно з якою розчини полімерів є молекулярно-дисперсними системами і відповідають основним критеріям істинних розчинів.

Сучасна теорія будови полімерів – макромолекулярна, згідно з якою основною структурною одиницею високомолекулярних сполук є макромолекула. Макромолекула це найменша частинка високомолекулярної сполуки, здатна до самостійного існування, що має всі її основні хімічні властивості і складається з великої кількості атомів, з'єднаних в одне ціле хімічними зв'язками.

До складу простих молекул входить від може входити різноманітна кількість атомів. Макромолекули складаються з тисяч атомів і найчастіше побудовані з однакових, багатократно повторюваних груп атомів – структурних ланок. Високомолекулярні сполуки, макромолекули яких мають ланцюгову будову, називають високополімерними сполуками або полімерами [2, с. 400].

Класифікація полімерів побудована за наступними ознаками [3, с. 212]:

- природа атомів головного ланцюга та полімерів в цілому;
- кількість і розподілення структурних ланок;
- будова головного ланцюга та конфігурація повторюваної ділянки ланцюга.

За походженням полімери поділяють на природні (натуральний каучук, гутаперча, целюлоза, білкові речовини, нуклеїнові кислоти), синтетичні (їх значно більше) і штучні, за хімічним складом на органічні, елементоорганічні і неорганічні. Найбільш вивчені органічні полімери. На їх прикладі доцільно розглядати основні закономірності будови цих речовин. Органічні полімери в своєму складі містять атоми

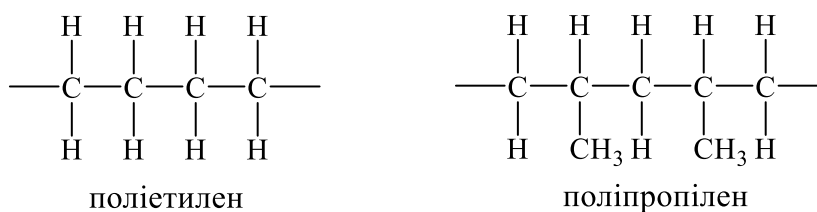
C, H, O, N, S, Hal. При цьому атоми O, N, S можуть входити до складу основного ланцюга. До складу макромолекул елементоорганічних полімерів входять як органічні, так і неорганічні групи. Тобто до цього класу високомолекулярних сполук належать:

1) сполуки, ланцюги яких побудовані з атомів C та гетероатомів (за винятком атомів N, S і O);

2) сполуки з неорганічними ланцюгами, якщо вони містять бічні групи з атомами C, безпосередньо приєднаними до ланцюга;

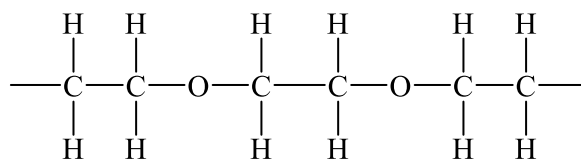
3) сполуки, головний ланцюг яких складається з атомів C, а в бічні групи входять гетероатоми (за винятком атомів N, S і Hal), безпосередньо зв'язані з атомами карбонового ланцюга.

В залежності від природи атомів головного ланцюга полімери поділяють на гомоланцюгові і гетероланцюгові. Гомоланцюжними називають полімери, головний ланцюг яких складаються з однакових атомів. Якщо макромолекула складається з атомів Карбону, такі полімери називають карболанцюжними [3, с. 213]:

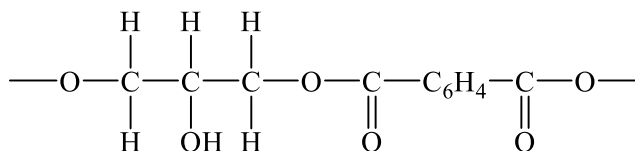


Якщо головний ланцюг молекули складається з атомів Силіцію, полімери називають кремнійланцюжними, з атомів алюмінію – алюмоланцюжними тощо.

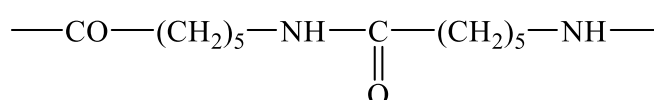
Гетероланцюжними називають такі полімери, головний ланцюг яких складається з різних атомів. До них належать поліетери та поліестреї, поліпептиди, синтетичні поліаміди, силікони:



поліестери (поліетиленгліколь)



поліестери (гліфталева смола)



синтетичні поліаміди

Класифікація карболанцюжних і гетероланцюжних полімерів за складом проводиться згідно з існуючою класифікацією органічних сполук. Серед них є полімерні насичені, ненасичені та ароматичні вуглеводні, галогеновмісні вуглеводні, полімерні спирти, поліестери та поліестери, полімерні альдегіди, кетони, кислоти та ін [4, с. 278].

По відношенню до нагрівання полімери поділяють на термопластичні і термореактивні.

При нагріванні термопластичних полімерів їхні властивості поступово змінюються і при досягненні певної температури полімери переходять у в'язкоплинний стан. Плавлення відбувається за рахунок зменшення сил міжмолекулярної взаємодії та збільшення кінетичної енергії молекул. При охолодженні рідких термопластичних полімерів спостерігаються зворотні явища, і полімер з рідкого стану переходить у твердий. Його хімічна природа при цьому не змінюється, через це процеси плавлення і отвердіння можна повторювати багато разів [5, с. 178]:

До термопластичних полімерів належать поліетилен, полікапролактама, полістирен і багато інших. При нагріванні фенолоальдегідних, сечовиноальдегідних та інших смол спостерігається інша картина: через наявність у складі цих полімерів вільних

характеристичних груп або ненасичених зв'язків між лінійними макромолекулами виникають хімічні міжмолекулярні зв'язки, а полімер набуває сітчастої структури (просторової або тривимірної). Такі полімери не відновлюють свої властивості після нагрівання та наступного охолодження і називаються термореактивними [6, с. 156]:

1.2 Пластмасові вироби та їх значення у житті людини

Пластичні матеріали, що містять у своєму складі полімери називаються пластмасами.

Полімерна речовина є найдорожчим компонентом пластмас, і є саме тим фактором, який визначає такі фізико-технічні властивості пластмас, як: теплостійкість, хімічну стійкість, міцність та деформаційні характеристики [7, с. 566]:

Окрім полімерів, пластмаси містять у своєму складі такі важливі складові, як:

1) *наповнювачі* – які використовуються для зменшення вмісту полімерної речовини, тим самим знижуючи вартість, підвищуючи теплостійкість та опір розтягуванню. В якості наповнювачів можуть бути використані порошки органічного й неорганічного походження, різноманітні волокна і тканини;

2) *пластифікатори* – здатні підвищувати еластичність полімеру тим самим зменшуючи його крихкість;

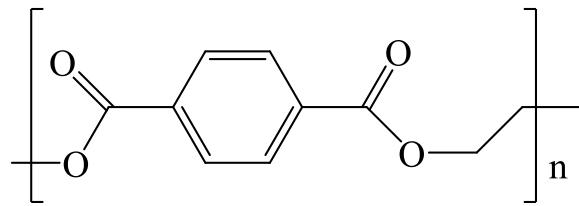
3) *стабілізатори* – запобігають «старінню» пластмас, та збереженню їх властивостей у процесі експлуатації;

4) *барвники* – зазвичай пігменти органічного і мінерального походження, які застосовують для надання композиції декоративного виду.

Пластмаси є найбільш поширеними у житті людини полімерами, оскільки вони володіють такими властивостями як: міцність, стійкість до дії зовнішніх чинників, водо- й газонепроникність, низька вартість.

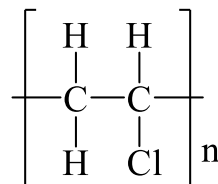
Відповідно до небезпечності пластмас, їх поділяють на шість груп, і таким чином визначають, для яких цілей можна використовувати даний пластмасовий виріб [7, с. 333]:

1) Поліетилентерефталат (PETE) (1.1) – найбезпечніший вид пластмас.



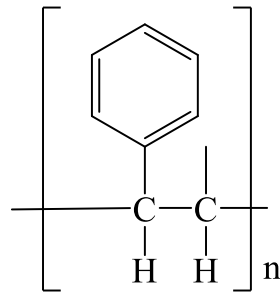
1.1

2) Поліхлорвініл (V) (1.2) – дуже отруйний та небезпечний вид пластмас. При спалюванні поліхлорвінілу утворюються високотоксичні хлорорганічні сполуки, які виявляють негативний вплив на центральну нервову систему, мозок, печінку, серце. В деяких випадках спостерігається пагубна дія на імунітет та спричинення онкологічних захворювань. Після десяти років використання виробу, виготовлені з цього матеріалу, починають самостійно виділяти в довкілля токсичні сполуки [8, с. 200].



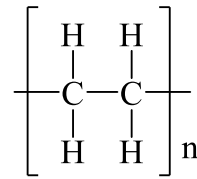
1.2

3) Полістирен (PS) (1.3) – є продуктом полімеризації стирену. Небезпечна полімерна речовина, при потраплянні якої до організму уражаються слизові оболонки, погіршуються репродуктивні функції організму. Полістирен також провокує утворення онкологічних захворювань [8, с. 201].



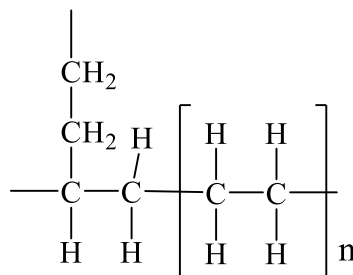
1.3

4) Поліетилен високої щільності (HDPE) (1.4) – безпечний у використанні.



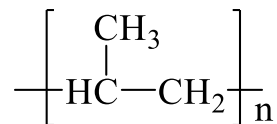
1.4

5) Поліетилен низької щільності (LDPE) (1.5) – офіційно вважається нешкідливим, але у виробництві LDPE використовують потенційно небезпечні для здоров'я людини речовини бензен та бутан.



1.5

6) Поліпропілен (PP) (1.6) – офіційно вважається нешкідливим для здоров'я;

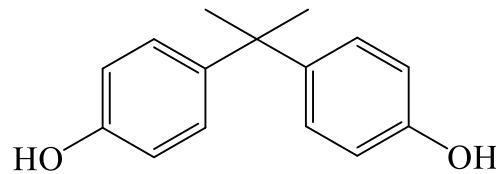


1.6

Серед найбільш токсичних полімерів можна виділити наступні: поліакрилонітрили, поліуретани, епоксиди, деякі кополімери стирену і полівінілхлориди.

Дослідження вчених показують, що 5 із 13 пластмасових виробів є токсичними. Ці вироби можуть використовуватись в дитячій промисловості, що є дуже небезпечним. Станом на 2008 рік, частка виготовлення пластмасу становила 245 тон. Самі по собі пластмаси визнані не токсичними. Небезпечними є компоненти, які залишаються після них – це можуть продукти розкладу, або різні добавки [9, с. 144].

Доведено, що частина пластмас здатна негативно впливати на здоров'я людини. Значна кількість побутових пластмасових речей (пластикові упаковки, пластикові меблі, деякий посуд) містить у своєму складі таку небезпечну речовину, як бісфенол А (4,4'-дигідрокси-2,2-дифенілпропан) (1.1). Потрапляння цієї речовини в організм викликає порушення в роботі ендокринної системи людини, має негативний вплив на роботу репродуктивної та серцево-судинної системи, сприяє розвитку онкологічних захворювань, призводить до порушення розвитку головного мозку [10, с. 45].



1.1

Офіційно вважається, що пластмасові пляшки безпечні для здоров'я. Водночас встановлено, що пляшки здатні легко пропускають кисень, карбон (IV) оксид та ультрафіолетові промені, що зумовлює скупчення в них небезпечних мікроорганізмів.

Завдяки фізико-хімічним властивостям полімерних матеріалів, вони широко застосовуються у різних галузях промисловості та народного господарства. На рис. 1.1 зображено частку використання полімерних матеріалів у різних галузях промисловості.

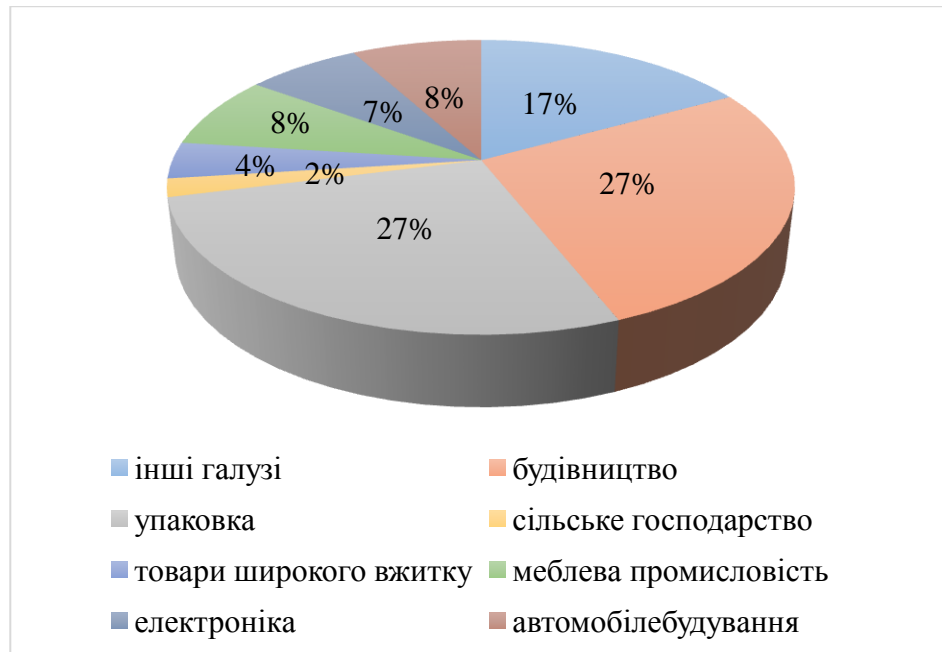


Рис.1.1 Найпоширеніші сфери застосування полімерів.

Згідно з оцінками в побутових відходах міститься така кількість пластмас:

- поліетилен складає – 47 %;
- поліпропілен – 28 %;
- полістирен/спінений полістирен і полівінілхлорид – по 9 %;
- складний поліестер – 7 %;

До пластмас, що вимагають рекуперації після закінчення терміну служби, можна віднести: корпуси комп'ютерів і клавіатури; ізоляцію кабелів; водопровідні та каналізаційні труби; пляшки; пакувальні плівки; обрізки віконних рам і будівельних елементів; ПВХ низької і високої щільності, складний поліестер, пластмасові відходи промислових підприємств [11, с. 279].

РОЗДІЛ 2.

ЕКОЛОГІЧНІ ПРОБЛЕМИ ВИКОРИСТАННЯ ТА ПЕРЕРОБКИ ПОЛІМЕРІВ

2.1 Екологічні аспекти поводження з полімерними відходами

Основна маса об'єму полімерних відходів припадає на поліетилен низького (ПЕНТ) і поліетилен високого тиску (ПЕВТ) – по 15 %, полівінілхлорид (ПВХ) – 5 %, поліпропілен – 13 %, ПЕТ (поліетилентерефталат) – 25 %, полістирол (ПС) – 6 %, і на інші полімерні матеріали – 21 %.

Проте, на сьогоднішній день лише 10 % відходів полімерних матеріалів піддаються подальшій переробці, а ті полімерні відходи, що залишаються в багатьох країнах, включаючи і Україну, компостуються на спеціальних полігонах, або накопичуються на несанкціонованих звалищах та місцевих сміттєзвалищах. Для багатьох великих міст України, таких як Київ, Харків, Донецьк, Дніпро, Одеса і Львів, це стало значною екологічною проблемою [12, с. 469].

З кожним роком виробництво пластмас лише зростає, оскільки вони є економічним, легкими та зручним у використанні. З точки зору експлуатаційних властивостей, полімери стають все більш досконалішими. Саме тому кількість відходів пластмас збільшується, і вони спричиняють забруднення навколишнього середовища.

Доведено, що процес розпаду пластмасових відходів може тривати до тисячі років. Проблема утилізації полімерних відходів з кожним роком набуває все більшої актуальності. Частка полімерних матеріалів у побутових відходах становить до 20 % за масою, що становить тисячі тон на рік [13, с. 56].

Характерною особливістю структурного складу побутових відходів є зростаюча частка в них відходів споживання пляшок із поліетилентерефталату, що широко застосовуються для пакування різноманітних продуктів [14, с. 7]. Зараз в Україні функціонує близько 160 підприємств різної форми власності, які реалізують або випускають свою продукцію у пляшках із ПЕТ, для чого виготовляють чи закупають тару.

Після того, як пластмаси виконають свої функції, забруднені контейнери та пакети викидаються. Таке сміття наносе значної шкоди навколишньому середовищу, забруднюючи землю і перешкоджаючи росту рослин через порушення обміну повітря та вологи в ґрунті. При вказаних масштабах виробництва на рік, одного тільки поліетилену достатньо для того щоб вкрити територію рівну площі України, плівкою товщиною 50 мікрметрів (0,05 міліметрів). А якщо врахувати, що відходи за 5 років, то територію рівну площі Європи.

Значної шкоди пластик завдає світовому океану, він може плавати не лише на поверхні води, а й плавати в товщі води та осідати на дно. Вчені знаходять полімерні волокна в багатій флорі та фауні підводного світу – на коралових рифах, підводних рослинах, на морському дні. Окрім того, полімери поглинаються морськими тваринами. Представники різних видів від планктону до китів ковтають пластмаси в різних видах. Організми тварин не здані перетравлювати полімерні речовини. Як наслідок, під загрозою під загрозою вимирання знаходяться цілі види деяких морських мешканців. Головною небезпекою для світового також є «сміттеві острова» з пластику. Найбільш відомі з яких знаходяться на Мальдівах та Гаваях [13, с. 58].

Враховуючи здатність полімерів виділяти токсичні речовини, проблема їхньої утилізації має значне екологічне значення. Проте в наш час питання переробки відходів полімерних матеріалів стає актуальною

не тільки з позиції охорони оточуючого середовища. При дефіциті органічної сировини полімерні відходи стають багатим матеріальним та енергетичним ресурсом, тобто важливим економічним фактором. Їх повторне використання дозволяє скоротити повторне використання натуральних ресурсів та знизити викиди в оточуюче середовище [15, с. 146].

В більшості країн головним шляхом вирішення проблеми полімерних відходів є їх захоронення – найбільш неекологічний варіант, який призводить до втрати цінних матеріалів та енергії. Хоч самі по собі полімери є достатньо інертними компонентами сміття, вони в той же час руйнуються, виділяючи небезпечні для живих організмів речовини.

Американськими вченими досліджено, що 80 % виявлених в організмі людини пластмасових речовин, потрапляють туди з будівельних матеріалів та посуду. З пластмасу, що використовується в харчовій промисловості, різні сполуки можуть переходити в харчові продукти. Це може відбуватися при їх зберіганні або нагріванні. Із пластикової пляшки, в рідину яка міститься в ній, уже через тиждень починає виділятися вінілхлорид, який є дуже шкідливою канцерогенною речовиною. Далі з напоєм речовина переходить в їжу, а разом з їжею в організм. Таким чином, вже через місяць у воді може накопичитись калька міліграм вінілхлориду. Дуже часто пластмасові пляшки підлягають повторному використанню, але повторно в них можна заливати лише воду [16, с. 15].

Важливим завданням в наші дні є створення полімерів, що розкладаються під дією сонячної енергії, бактерій, або повітря. Витрати на створення таких полімерів є значними, тому виробництво полімерів швидкого розкладу дуже обмежене.

У промислових масштабах економічно та екологічно вигідним напрямом є переробка пластмас і повторне їх використання (рециклінг), а отже, з погляду сталого розвитку суспільства, і ресурсозберігальним. З

цією метою відкрито пункти прийому пластмасу на переробку. Вони передбачають обов'язкове сортування сировини за якістю, кольором, ступенем забруднення.

2.2 Сучасні методи переробки полімерів

Одним із головних завдань уряду будь-якої країни є збереження природних ресурсів та захист навколишнього середовища. Саме тому, питання розробки політики екологічно обґрунтованого поводження з відходами залишається актуальним. Сюди можна віднести зведення до мінімуму кількості відходів, які видаляються на звалища, шляхом використання методу механічної рециркуляції. Даний метод можна використовувати для рециркуляції пластмасу у вихідну речову [17, с. 29].

У країнах з розвинутою промисловістю широкого використання набули дві технології рекуперації пластмасових відходів:

- спалювання відходів;
- механічна рециркуляція пластикових відходів.

Незважаючи на існування цих технологій, головним методом видалення пластмасових відходів, є їх вивезення на звалища. У Європейському Союзі впроваджено такий розподіл груп пластмасових відходів за напрямками їх утилізації:

- механічна рециркуляція – 6,0 %;
- вивезення відходів за межі Європи – 1,2 %;
- видалення на звалища – 76,0 %;
- рекуперація енергії – 13,4 %;
- спалювання без рекуперації енергії – 3,1 %;
- хімічна рециркуляція – 0,3 %.

До сучасних способів утилізації відходів полімерів відносяться каталітичний і термічний піроліз при температурі 500-1000 °С в безкисневому середовищі або в середовищі з нестачею кисню. Цей спосіб дозволяє одержувати вуглеводні та безсіркові види палива. В результаті термічної дії молекули полімерів розпадаються з утворенням низькомолекулярних продуктів, характеристики і практичний вихід яких залежать від умов проведення процесу, хімічного складу та природи вихідних компонентів [18, с. 5].

Існують різні способи проведення піролізу:

- піроліз в обертових печах або на рухомому конвеєрі;
- піроліз нерухомого шару періодично завантажуваних відходів;
- піроліз в псевдозрідженому шарі високодисперсного теплоносія та інші.

В більшості випадків рідкі продукти піролізу можна використовувати як паливо, оскільки вони мають малу в'язкість і високу теплоту спалення. Оптимальним є застосування рідких продуктів піролізу у вигляді добавок до твердого і рідкого палива. Вони можуть також служити додатковим джерелом хімічної сировини для виробництва ароматичних вуглеводів і етилену, соляної кислоти. В окремих випадках тверді продукти піролізу застосовуються самостійно [19, с. 10].

Необхідною частиною будь-якого виробничого процесу є повторне використання відходів полімерних матеріалів. З цією метою полімерні відходи переробляють в готові вироби, або вторинний гранульований матеріал. Також можна регенерувати вихідні продукти синтезу полімерів і повертати їх у вигляді вторинної сировини в виробництво, а також одержувати композиційні матеріали. Вторинну сировину додають до первинної сировини у кількості 5-10 % [18, с. 6].

Вторинні пластичні маси можуть зіставити гідну конкуренцію деяким первинним полімерам. Їх також можна використовувати в інших галузях промисловості на рівні з первинними виробами.

Як приклади можна привести ПВХ, який використовується для виготовлення електроізоляції, та регенеровані термопластичні поліестери, які використовують для одержання литтєвих композицій, які володіють такими ж самими властивостями, як поліаміди та полікарбонати.

Методом екструзії (з попереднім подрібненням) можна переробляти волокнисті, плівкові полімерні відходи поліамідів і деяких інших термопластів у виробі культурно-побутового та технічного призначення [20, с. 11].

При повторній переробці змінюються фізико-механічні і реологічні характеристики та структура більшості полімерів. Тому необхідною умовою правильного вибору технологічного режиму переробки є дослідження впливу кратності переробки на властивості пластичних мас.

Повторна переробка полімерних матеріалів потребує додаткового введення стабілізаторів, які уповільнюють або перешкоджають деструкції.

Найбільших успіхів у вторинній переробці досягнуто при переробці великотоннажних виробів з каучуку, наприклад автомобільних шин. Їх виготовляють з вулканізованих каучуків, наповнених сажею, вміст якої може сягати до 40 % за масою. Після закінчення строку експлуатації, такі шини не викидаються, а піддаються подрібненню. Дроблення за допомогою низьковартісного обладнання дозволяє отримати крупні частинки, розміри яких сягають одного міліметра і більше. Ці крупні частинки додають в матеріали для покриття доріг, що значно покращує їх механічні характеристики і довговічність. Спеціальні машини дозволяють отримувати тонкі

дисперсні частинки, розміром 0,01 мм. Ці частинки додають в каучуки при виготовленні нових шин, що допомагає значно зекономити сировину. При цьому якість отриманих шин майже не поступається вихідним. Такий підхід дозволяє одночасно помітно знизити шкоду для навколишнього середовища, і в той же час зекономити витрату каучуків, які отримують шляхом полімеризації переробки нафти, або з латексного соку дерев гевеї [23, с. 59].

Найбільш перспективним методом переробки поліуретану є метод його регенерації. Спалювання відходів поліуретану є нерентабельним, а піроліз супроводжується виділенням отруйних газів. З урахуванням структурних і фізико-механічних характеристик визначається можливість утилізації поліуретану. Вторинне застосування лінійних поліуретанів з високою температурою плавлення засноване на використанні хімічної деструкції або сильно полярних розчинників [21, с. 23].

На основі відходів виробництва полістиренових пластиків можна одержувати композиційні матеріали, які широко застосовуються в цивільному і дорожньому будівництвах.

З урахуванням усіх вимог та критеріїв сучасного стану екологічних вимог підприємство має розвиватись за такими напрямками (рис. 2.1).

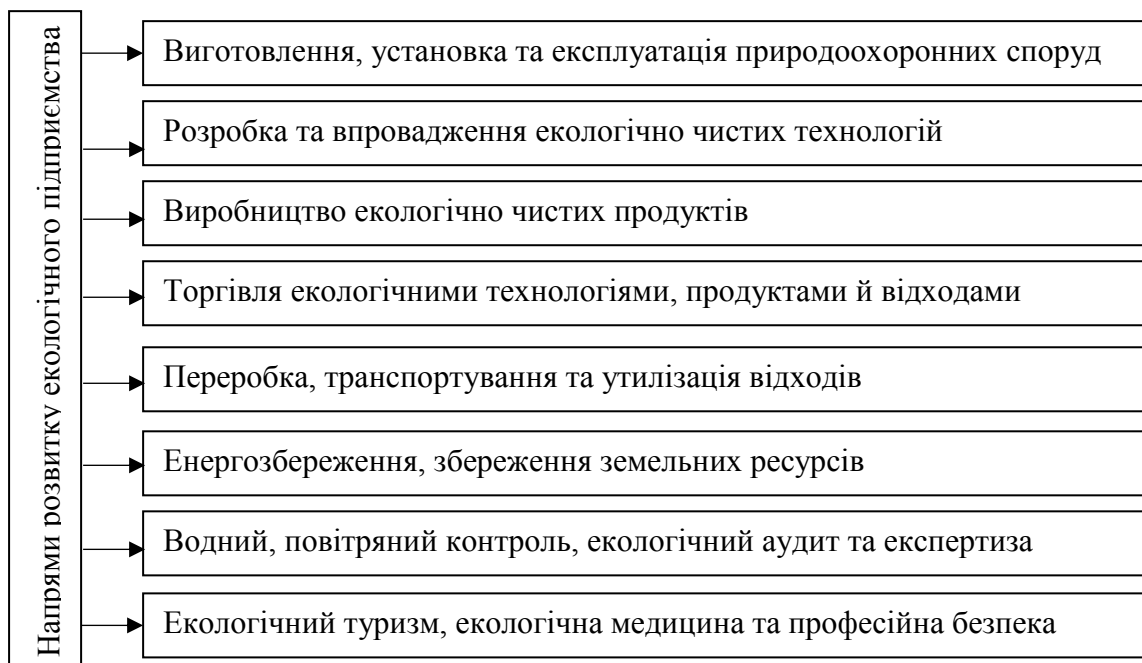


Рис. 2.1 Напрямки розвитку екологічного підприємства

Всі існуючі методи переробки зображені на рис 2.2 мають свої переваги та недоліки

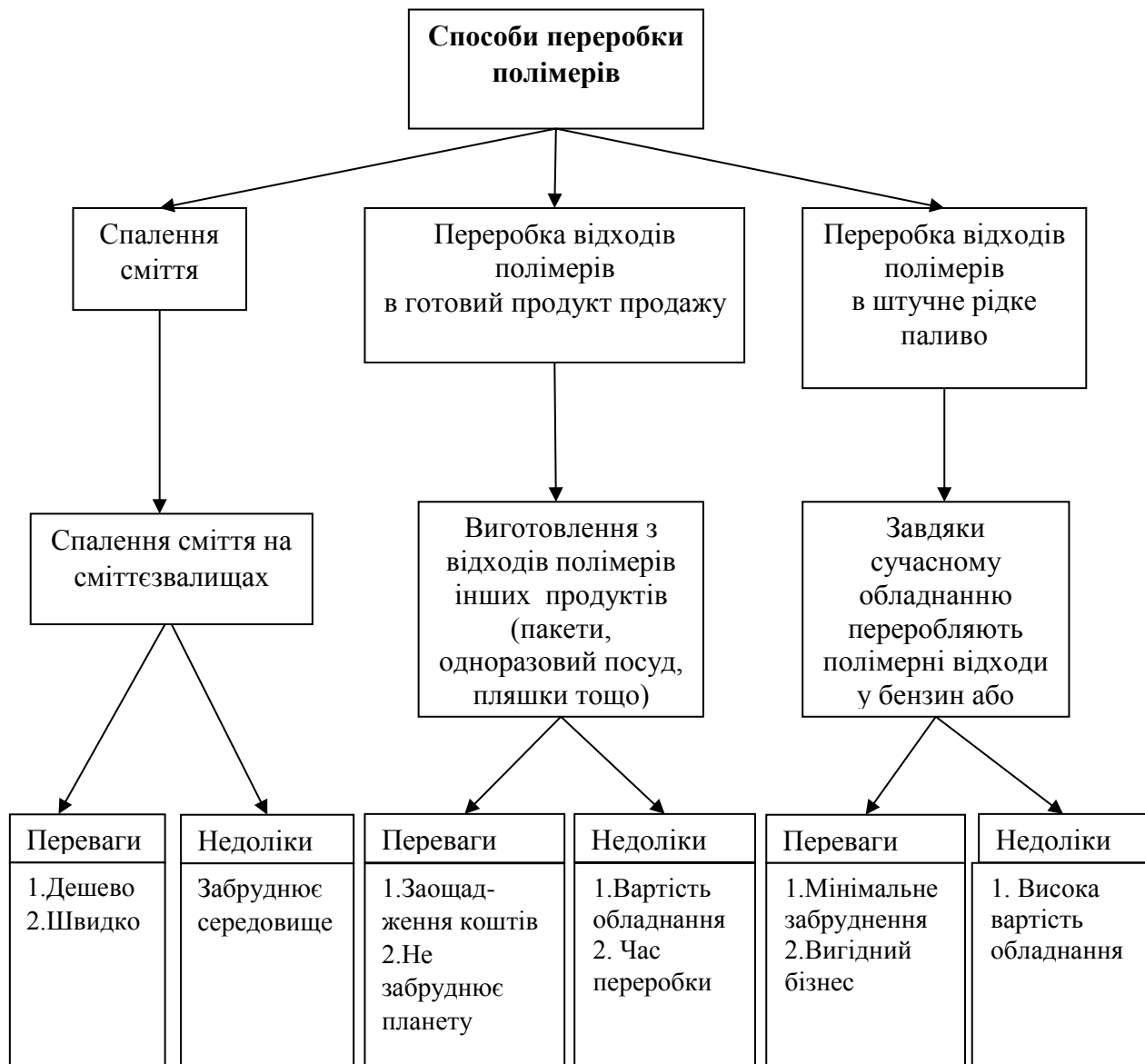


Рис. 2.2. Способи переробки полімерів

Для забезпечення спалювання відходів полімерів з мінімальним забрудненням повітря розроблені методи попередньої обробки відходів та спеціальні системи газоочищення, створені установки різних типів – ротаційні та подові печі, печі для спалювання в псевдо зрідженому стані. В більшості країн полімерні відходи спалюють разом з іншими твердими

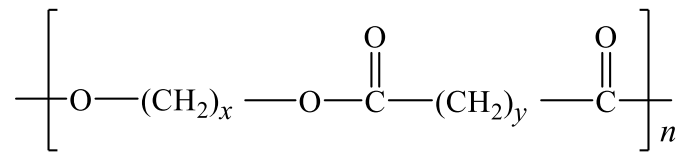
відходами, але в Японії функціонують спеціальні інсценізатори матеріалів. Попіл, що утворюється під час спалювання, використовують як добавку при виробництві дорожнього покриття та будівельних матеріалів,

Полімерні матеріали характеризуються високою теплотворною здатністю (у два-три рази вищою, ніж у текстилю і паперу). Тому теплову енергію відходів, які спалюються, можна ефективно використовувати для одержання гарячої води, пару високого тиску та додаткового палива.

Перспективним напрямком утилізації полімерних відходів є їх переробка в штучне рідке паливо. Завдяки сучасним технологіям можливо навіть одержувати дизельне паливо та високоякісний бензин. Така переробка є найбільш вигідною як в енергетичному плані, так і в плані охорони навколишнього середовища від забруднення полімерними відходами [22, с. 8].

В останні роки виникли та почали практично реалізовуватись нові ідеї синтезу «екологічно чистих полімерів» і виробів з них. Мова йде про полімери і матеріали з них, які здатні більш менш швидко розкладатись в природних умовах. Всі біологічні полімери, тобто полімери, які синтезуються рослинами та тваринними організмами, здатні розкладись під впливом ферментів. Зовсім інша справа це синтетичні полімери, оскільки у природи немає ефективних механізмів їх розкладу. Але можна розраховувати, що деякі ферменти, які відповідають за швидкий розклад природних органічних речовин, будуть робити те саме і по відношенню до синтетичним полімерів, до складу яких входять тіж самі характеристичні групи. Але, звісно ефективність дії природних каталізаторів буде значно знижена [23, с. 60].

До синтетичних полімерів які здатні розкладатись можна віднести поліестери, наступного складу:



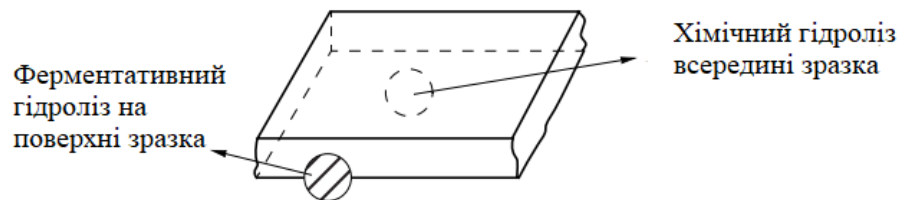
де $x = 2, y = 2$;

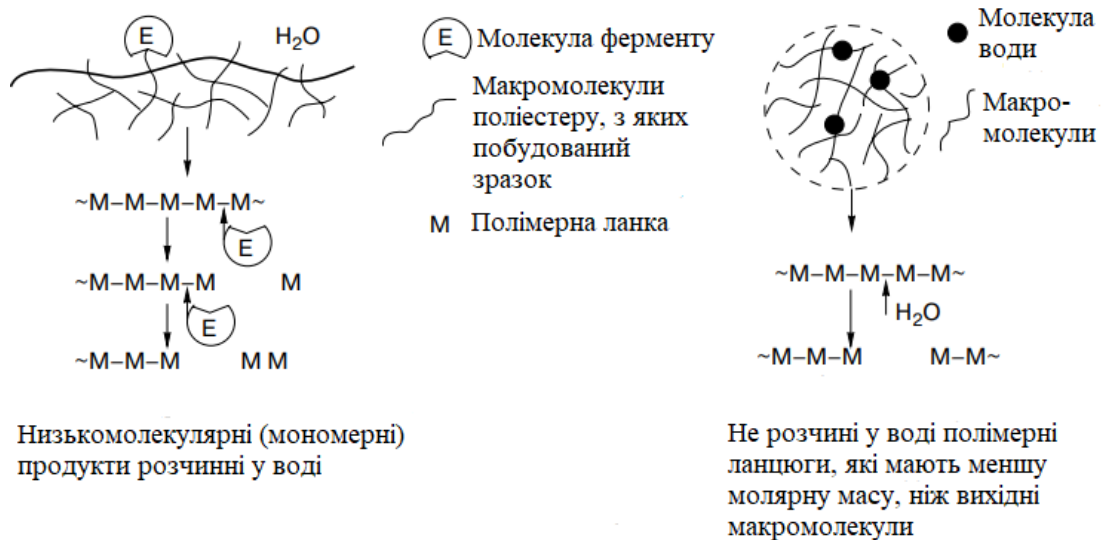
$x = 2, y = 7$;

$x = 10, y = 1$;

$x = 6, y = 8$.

Якщо ці полімери закопати в землю на чотири тижні, а потім відкопати та зважити, їх сама в середньому зменшиться на 20 %. Це характерно для гідролізу, який відбувається за участю ферментів, і в якості продуктів утворюються низькомолекулярні сполуки, які розчиняються у воді. Цей процес відбувається на поверхні твердого зразку, оскільки ферменти будучи білками, не здатні проникати в об'єм зразку поліестеру, який виготовляють у формі плівки (рис. 2.3) [23, с. 60].





В обох випадках розривається складноєфірний зв'язок полімерного ланцюга

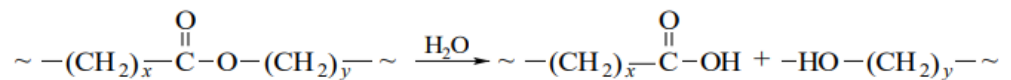


Рис.2.3. Хімічне та ферментативне розщеплення зразка полімеру.

Джерелами таких ферментів є гриби, які мешкають в ґрунті. Одночасно з цим у об'єм зразку протікає і хімічний гідроліз, тобто руйнування складноєфірних зв'язків молекулами води, які здатні проникати в середину зразка. Цей процес супроводжується розривом зв'язків в будь-якому місці молекули полімеру з однаковою вірогідністю. В результаті протікання хімічних реакцій, утворюються більш короткі ланцюги, і відбувається зменшення молекулярної маси полімеру і погіршення його механічних властивостей [23, с. 60].

Отже, існує багато шляхів переробки полімерних матеріалів і використаної тари, найбільш раціональними та безпечними з яких є вторинна переробка, регенерація та піроліз. Найбільш перспективним методом переробки поліуретану є метод його регенерації. Спалювання відходів поліуретану є нерентабельним, а піроліз супроводжується виділенням отруйних газів. Необхідною частиною будь-якого виробничого процесу є повторне використання відходів полімерних

матеріалів. Вторинні пластичні маси можуть зіставити гідну конкуренцію деяким первинним полімерам. Найбільших успіхів у вторинній переробці досягнуто при переробці великотоннажних виробів з каучуку, наприклад автомобільних шин.

ВИСНОВКИ

1. Полімерами називають речовини, що мають велику молярну масу та асиметрію молекул. Існує дві теорії будови полімерів: колоїдна, макромолекулярна. Класифікація полімерів побудована на таких ознаках, як:

- природа атомів головного ланцюга та полімерів в цілому;
- кількість і розподілення повторюваних ланок;
- будова головного ланцюга та конфігурація повторюваної ділянки ланцюга.

2. Пластичні матеріали, що містять у своєму складі полімери називаються пластмасами. Пластмаси є найбільш поширеними у житті людини полімерами, оскільки вони володіють такими властивостями як: міцність, стійкість до дії зовнішніх чинників, водо- й газонепроникність, низька вартість.

3. Основна маса об'єму полімерних відходів припадає на поліетилен низького (ПЕНТ) і поліетилен високого тиску (ПЕВТ) – по 15%, полівінілхлорид (ПВХ) – 5%, поліпропілен – 13%, ПЕТ (поліетилентерефталат) – 25%, полістирол (ПС) – 6%, і на інші полімерні матеріали – 21%.

4. Існує багато шляхів переробки полімерних матеріалів і використаної тари, найбільш раціональними та безпечними з яких є вторинна переробка, регенерація та піроліз. Необхідною частиною будь-якого виробничого процесу є повторне використання відходів полімерних матеріалів. Вторинні пластичні маси можуть зіставити гідну конкуренцію деяким первинним полімерам. Найбільших успіхів у вторинній переробці досягнуто при переробці великотоннажних виробів з каучуку, наприклад автомобільних шин.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Чирва В.Я., Ярмолюк С.М., Толкачова Н.В., Земляков О.Є. Органічна хімія. Львів: БаК, 2009. 996 с.
2. Фабуляк Ф. Г., Іванов С. В., Масленнікова Л. Д. Високомолекулярні сполуки. Київ : НАУ-друк, 2009. 400 с.
3. Речицький О.Н., Решнова С.Ф. Хімія високомолекулярних сполук в схемах: навч. Посіб. Херсон. 2018. 464 с.
4. Суберляк О. В., Скорохода В. Й., Семенюк Н. Б. Теоретичні основи хімії та технології полімерів. Львів: Видавництво Львівської політехніки, 2014. 340 с.
5. Тхір І. Г., Гуменецький Т. В. Фізико-хімія полімерів. Львів: Видавництво Львівської політехніки, 2005. 240 с.
6. Крыжановский В. К., Бурлов В. В., Паниматченко А. Д., Крыжановская Ю. В. Технические свойства полимерных материалов: Учеб.-справ. Пособие. 2-е изд., испр. и доп. СПб.: Профессия, 2005. 248 с.
7. Власов С. В., Кандырин Л. Б., Кулезнев В. Н. и др. Основы технологии переработки пластмасс.. Москва: Химия, 2004. 600 с.
8. Суберляк О. В., Баштанник П. І. Технологія переробки полімерних та композиційних матеріалів. Львів : Растр-7, 2007. 375 с.
9. Масленнікова Л. Д., Іванов С. В., Фабуляк Ф. Г. Фізико-хімія полімерів. Київ : НАУ-друк, 2009. 400 с.
10. Пономарьова В. Т., Лихачова М. М., Ткачик З. А. Використання пластмасових відходів за кордоном. *Пластичні маси*. 2008. № 5 С. 44-48

11. Joseph Sarver, Erdogan Kiran. Foaming of Polymers with Carbon Dioxide – The year-in-review – 2019. *The Journal of Supercritical Fluids*. 2021. № 18. P. 278-294
12. Ластухін Ю. О. Хімія природних органічних сполук. Львів: Інтелект-захід, 2004. 557 с.
13. Любешкін Є. Г. Вторинне використання полімерних матеріалів. М., 2005. 192 с.
14. Овчиннікова Г. П., Артеменко С. Є. Рециклінг вторинних полімерів: навч. посібн. Саратов, 2000. 21 с.
15. Пахаренко В. А., Яковлева Р. А., Пахаренко А. В. Переработка полимерных композиционных материалов. Киев : Воля, 2006. 552 с.
16. Рябцев Г. Л., Сапегін С. В., Лукач Ю. Ю., Мікульонок І. О. Ринок полімерів: чому не виправдовуються прогнози. *Упаковка*, 2007. № 1. С. 8-10.
17. Бухкало С. І. Деякі властивості полімерних відходів у якості сировини для енерго- і ресурсозберігаючих процесів. *Інтегровані технології та енергозбереження*. Х.: НТУ «ХПІ». 2014. № 4. С. 29-33.
18. Мировой и европейский рынок пластмасс. *Plastics Review (Ukraine Edition)*. 2005. С. 4-8.
19. Рынок пластмасс и изделий из пластмасс в Украине *Международные новости мира пластмасс*. 2006. № 11-12. С. 4-14.
20. Маяк Т. Н., Дембицкий Е. В. Экологическая безопасность полимерных строительных материалов. *Актуальные проблемы архитектуры, строительства и энергосбережения. Сб. науч. трудов*. Симферополь, НАПКС : 2009. Выпуск 1. С. 110–116.
21. Ольга Бут. Рынок в масштабе. *Мир Упаковки*, 2012. № 10. С. 22-25.

22. Инвентаризация существующей информации о рециклинге селективных материалов отходов. *Ресурсосберегающие технологии : экспресс-информ.* М. : ВИНТИ, 2005. Выпуск 22. С. 3-40.

23. Зезин А. Б. Полимеры и окружающая среда. *Соросовский образовательный журнал.* 1996. № 2. С. 57-64

24. Chunming Liu, Susil Baral, Kai Gu. Real-Time Single-Polymer Growth towards Single-Monomer Resolution. *Trends in Chemistry.* 2021. P. 1-14

25. Suman Thakur, Carmen Martínez-Alonso, Emil Lopez-Hernandez. Melt and solution processable novel photoluminescent polymer blends for multifaceted advanced applications. *Polymer.* 2021. № 215. P. 45-52

26. Yifeng Fu, Imrana I. Kabir, Guan Heng Yeoh. A review on polymer-based materials for underwater sound absorption. *Polymer Testing.* 2021.

№ 96. P. 1-20

ДОДАТКИ

Додаток А

Класифікація полімерів за їх складом

Таблиця А.1

Класифікація полімерних сполук за їх складом

Назва	Формула
<i>Насичені вуглеводні та їх похідні:</i>	
Поліетилен	$\left[\text{CH}_2 - \text{CH}_2 \right]_n$
Полівінілбензен (полістирен)	$\left[\text{CH}_2 - \underset{\text{C}_6\text{H}_5}{\text{CH}} \right]_n$
<i>Галогенопохідні насичені вуглеводні:</i>	
Полівінілхлорид	$\left[\text{CH}_2 - \text{CHCl} \right]_n$
Полівініліденхлорид	$\left[\text{CH}_2 - \text{CCl}_2 \right]_n$
Політетрафлуороетилен	$\left[\text{CF}_2 - \text{CF}_2 \right]_n$
<i>Спирти, їх етери та естери:</i>	
Полівініловий спирт	$\left[\text{CH}_2 - \underset{\text{OH}}{\text{CH}} \right]_n$
Поліаліловий спирт	$\left[\text{CH}_2 - \underset{\text{CH}_2\text{OH}}{\text{CH}} \right]_n$
Полівінілацетат	$\left[\text{CH}_2 - \underset{\text{OCOCH}_3}{\text{CH}} \right]_n$
<i>Ацеталі:</i>	
Полівінілформаль	$\left[\text{CH}_2 - \underset{\text{O}}{\text{CH}} \begin{array}{c} \text{CH}_2 \\ \text{O} \end{array} \underset{\text{O}}{\text{CH}} \begin{array}{c} \text{CH}_2 \\ \text{O} \end{array} \right]_n$

Полівінілбутираль	$\left[\begin{array}{c} \text{CH}_2 - \text{CH} - \text{CH}_2 - \text{CH} \\ \qquad \qquad \qquad \\ \text{O} \qquad \qquad \qquad \text{O} \\ \qquad \qquad \qquad \\ \text{CH} \\ \\ \text{C}_3\text{H}_7 \end{array} \right]_n$
<i>Альдегіди і кетони:</i>	
Поліакролеїн	$\left[\begin{array}{c} \text{CH}_2 - \text{CH} \\ \\ \text{CHO} \end{array} \right]_n$
Поліметилакролеїн	$\left[\begin{array}{c} \text{CH}_2 - \text{C} \\ \qquad \\ \text{CH}_3 \qquad \text{CHO} \end{array} \right]_n$
Полівінілметилкетон	$\left[\begin{array}{c} \text{CH}_2 - \text{CH} \\ \\ \text{COCH}_3 \end{array} \right]_n$
<i>Аміни та нітросполуки:</i>	
Полівініламін	$\left[\begin{array}{c} \text{CH}_2 - \text{CH} \\ \\ \text{NH}_2 \end{array} \right]_n$
Полівінілметиламін	$\left[\begin{array}{c} \text{CH}_2 - \text{C} \\ \qquad \\ \text{CH}_3 \qquad \text{NH}_2 \end{array} \right]_n$
Полінітроетилен	$\left[\begin{array}{c} \text{CH}_2 - \text{CH} \\ \\ \text{NO}_2 \end{array} \right]_n$
<i>Кислоти та їх похідні:</i>	
Поліакрилова кислота	$\left[\begin{array}{c} \text{CH}_2 - \text{CH} \\ \\ \text{COOH} \end{array} \right]_n$
Полі- α -метакрилова кислота	$\left[\begin{array}{c} \text{CH}_2 - \text{C} \\ \qquad \\ \text{CH}_3 \qquad \text{COOH} \end{array} \right]_n$
Поліметилакрилат	$\left[\begin{array}{c} \text{CH}_2 - \text{CH} \\ \\ \text{COOCH}_3 \end{array} \right]_n$
<i>Ненасичені вуглеводні:</i>	
Полібутадієн	$\left[\text{CH}_2 - \text{CH} = \text{CH} - \text{CH}_2 \right]_n$

Поліізопрен (натуральний каучук)	$\left[\text{CH}_2 - \underset{\text{CH}_3}{\text{C}} = \text{CH} - \text{CH}_2 \right]_n$
Галогенопохідні ненасичених вуглеводнів: Поліхлоропрен	$\left[\text{CH}_2 - \underset{\text{Cl}}{\text{C}} = \text{CH} - \text{CH}_2 \right]_n$
Ароматичні вуглеводні: Поліметиленоксибенілени Полібенілени Поліметиленбенілени	$\left[\text{C}_6\text{H}_4(\text{OH}) - \text{CH}_2 \right]_n$ $\left[\text{C}_6\text{H}_4 \right]_n$ $\left[\text{C}_6\text{H}_4 - \text{CH}_2 \right]_n$
Оксигеновмісні полімери: Поліоксиетилен і його похідні Поліформалі (поліоксиметилен) Поліоксипропілен і його похідні	$\left[\text{CH}_2 - \underset{\text{R}^2}{\overset{\text{R}^1}{\text{C}}} - \text{O} \right]_n$ $\left[\text{CH}_2 - \text{O} \right]_n$ $\left[\text{H}_2\text{C} - \text{CH}_2 - \underset{\text{R}^2}{\overset{\text{R}^1}{\text{C}}} - \text{O} \right]_n$
Нітрогеновмісні полімери: Білки і пептиди Поліаміди	$\left[\text{NH} - \underset{\text{R}}{\text{CH}} - \text{CO} \right]_n$ $\text{H} \left[\text{NH} - (\text{CH}_2)_x - \text{CO} \right]_n \text{OH}, \quad x > 1$
Сульфуровмісні полімери: Поліалкілендисульфіди	$\left[(\text{CH}_2)_x - \text{S} - \text{S} \right]_n$