



УДК 504.064.45,579.2:67.08:347.218.1

**ECOLOGICAL AND HYGIENIC CHARACTERISTICS OF MAIN METHODS OF PROCESSING OF POLYMERIC DOMESTIC WASTE**  
**ЕКОЛОГО-ГІГІЄНІЧНА ХАРАКТЕРИСТИКА ОСНОВНИХ МЕТОДІВ ПЕРЕРОБКИ ПОЛІМЕРНИХ ПОБУТОВИХ ВІДХОДІВ**

Malyshevska O. S. / Малишевська О. С.

c.t.s., as.prof. / к.т.н., доц.

ORCID: 0000-0003-0180-2112

Ivano-Frankivsk National Medical University,

Ivano-Frankivsk, Halitska 2, 76001

Івано-Франківський національний медичний університет,

Івано-Франківськ, Галицька 2, 76001

**Анотація.** Проведено аналіз з гігієнічної та екологічної точок зору методів та технологічних рішень, щодо поводження з полімерними побутовими відходами. У результаті якого встановлено, що найбільш поширеним способом поводження з полімерними побутовими відходами було і залишається їх захоронення на звалищах. Найбільш небезпечним шляхом утилізації полімерних відходів є їх спалювання у зв'язку із виділенням у повітря канцерогенних, мутагенних та загально подразнюючих речовин, таких, як діоксини і фурани. Встановлено, що найбільш гігієнічним шляхом поводження з полімерними відходами є їх переробка шляхом механічного рециклінгу, що виключає утворення небезпечних речовин.

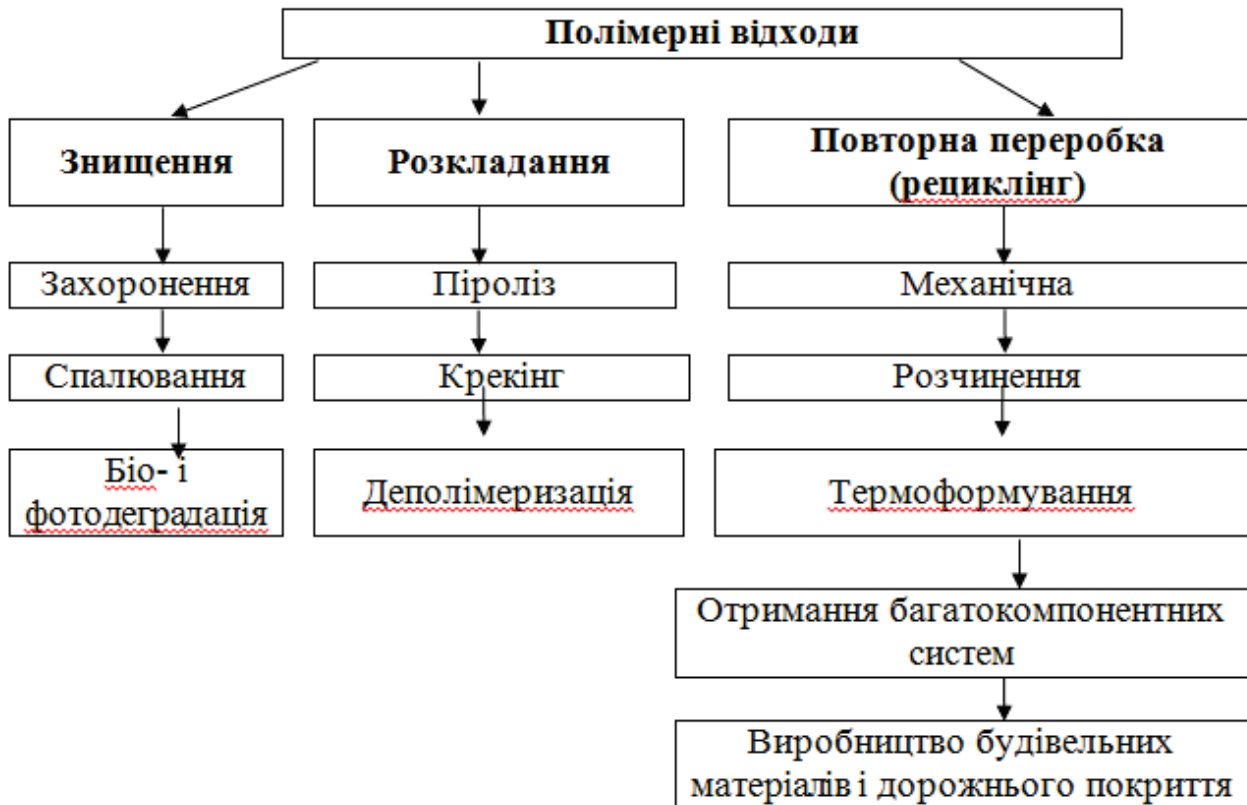
**Ключові слова:** гігієнічна оцінка, полімерні відходи, механічний рециклінг полімерів, переробка полімерів, утилізація екологічний ризик

### Вступ.

Найбільш ефективною концепцією поводження з відходами є відповідальність за їх переробку виробника продукції. Дана концепція основана на дороговартісній, комплексній промисловій технології переробки відходів, але суспільство ще не усвідомило її без альтернативності. Тому близько 80 % усього сміття, що утворюється в світі, утилізується шляхом його поховання з використанням полігонів, звалищ та їх стихійного вивезення і складування.

На даному етапі розвитку суспільства, відомі технології утилізації твердих побутових відходів шляхами їх: поховання на полігонах; спалювання; компостування; сортування; повторного використання; піролізу, гідролізу та інші (рис. 1), які мають свої переваги та ряд значних недоліків і обмежень одним із основних є економічний аспект.

Полімерні матеріали є цінним компонентом твердих побутових відходів, які можуть бути перероблені. На основі аналізу літературних джерел нами складено блок-схему найбільш розповсюджених методів переробки полімерних побутових відходів (рис. 1.). Із результатів аналізу впливу багаторазової переробки на властивості полімерних матеріалів встановлено, що повторна переробка, яким би методом вона не проводилася, погіршує технологічні та експлуатаційні властивості полімерів. Цей висновок знаходить підтвердження і в роботах інших науковців [1, 2].



**Рисунок 1 - Методи переробки полімерних відходів**

### **Основний текст. Аналіз літературних даних та постановка проблеми.**

У даній науково-дослідній роботі наведено аналіз «слабких і сильних сторін» найбільш поширених та ефективних методів переробки полімерних побутових відходів, які втілені у життя на виробництві чи на рівні пілотних проектів.

Найбільшого поширення набув метод поховання відходів на організованих і неорганізованих (звалищах) полігонах.

Полігон - найбільш простий і дешевий метод поховання відходів його влаштовують там, де в основі залягають глинисті і важко суглинисті породи, що є природною гідроізоляцією. Там, де таких порід немає, доводиться влаштовувати спеціальне водонепроникне перекриття, що призводить до суттєвих додаткових витрат, але кардинально не вирішує проблему міграції шкідливих речовин, у зв'язку із протіканням та перетіканням фільтрату, з часом, через споруджений гідравлічний бар'єр [3, 4].

Потрапляючи на полігон тверді побутові відходи (ТПВ) та полімерні побутові відходи (ППВ), трансформуються, як у просторі, так і в часі. У наслідок цього відбуваються фізико-хімічні та біологічні процеси, в результаті яких утворюються рідка та газоподібна фази, що містять високі концентрації забруднюючих речовин, які потрапляють у компоненти довкілля і викликає гігієнічні та екологічні кризові явища.

Території захоронення ТПВ, згідно санітарно-гігієнічної оцінки, відносяться до об'єктів підвищеної санітарної небезпеки з потенційно можливим впливом на довкілля і населення. Полігон ТПВ акумулює велику



кількість відходів, що містять крім сполук інертних, у біологічному відношенні, санітарно - і токсично-небезпечні речовини, котрі виступають у ролі каталізаторів або інгібіторів біохімічних процесів деструкції відходів.

Незважаючи на простоту організації процесу депонування ТПВ, цій технології притаманний ряд специфічних недоліків, так як полігони є джерелом:

- 1) забруднення атмосферного повітря;
- 2) забруднення ґрунту та ґрунтових вод;
- 3) епідеміологічної небезпеки, тому що на полігонних мешкають гризуни, птахи і комахи, які є переносниками різних захворювань.

Забруднення приземного шару атмосфери відбувається за рахунок виділення з тіла полігону шкідливих газових викидів, основну об'ємну масу, котрих складає метан і оксид вуглецю, що утворюються під час перегнивання відходів, самозаймання та тління [5]. Склад газів, що утворюється на полігонах (на прикладі полігону ТПВ м. Івано-Франківськ), наведено в таблиці 1.

**Таблиця 1**

**Склад забруднюючих у приземному шарі атмосфери над полігоном захоронення твердих побутових відходів ТПВ (за власними дослідженнями)**

Назва	ГДК мр, мг/м <sup>3</sup>	ГДК сд, мг/м <sup>3</sup>	Клас небезпеки	Викид, т/рік
<b>Газоподібні речовини</b>				
Діоксин азоту	0,085	0,04	2	3,548642
Аміак	0,2	0,04	4	1,955400
Сірчаний ангідрид	0,5	0,05	3	0,253000
Фтористий водень				0,001839
Метан	100	25,0	4	578,4725
Сірководень	0,008	-	2	0,3259
Тетрахлоретан	410	0,7	2	0,00489
Вуглеводні	1,0	-	4	0,511000
Оксид вуглецю	3,0	3,0	4	6,004268
Хлор (загальний)	0,1	0,03	2	0,052144
<b>Завислі речовини</b>				
Оксид заліза	0,4	0,04	3	0,021754
Оксид мангану	0,01	0,001	2	0,00159
Сажа	0,15	0,05	3	0,506312
Фториди погано розчинні	0,2	0,03	2	0,00146

Біогаз, що утворюється в тілі полігону відносять до числа газів, що створюють «парниковий ефект» [5].



Поряд із виділенням шкідливих речовин в атмосферу, відбувається також активне забруднення фільтратом ґрунтів і ґрунтових вод поблизу полігонів. Рівень забруднюючих речовин у фільтраті від 10 до 20 разів перевищує показники побутових стічних вод [6].

Іншим способом переробки відходів є їх комплексне сортування [7]. Сортувати відходи можна, як перед застосуванням будь-якого способу їх знешкодження. Найчастіше сортують всю масу комунального сміття, змішаного в сміттєпроводі або в загальних контейнерах, централізовано на спеціальних підприємствах за допомогою різних механізованих ліній і пристроїв. Іншим способом є сортування відходів у місцях їх накопичення, тобто в кожній квартирі, коли компоненти ТПВ складають у різні контейнери. Найбільшого поширення даний спосіб поводження з відходами знайшов у Німеччині, Австрії, Японії, скандинавських країнах [8].

Основна мета сортування - вилучити з усієї маси ТПВ товарні фракції (компоненти) - чорні і кольорові метали, папір, картон, пластмаси, скло, текстиль. Після вилучення отриману продукцію можна використовувати у якості вторинної сировини у відповідних галузях народного господарства.

Експлуатація механізованих ліній сортування показала, що вилучити з маси харчових відходів дрібну фракцію пластмаси, бите скло, будівельне сміття практично неможливо бо вони знаходяться в загальній вологій масі бруду і сміття. Виділені компоненти являють собою брудне і замаслене ганчір'я, папір, метал, напівзакриті, забиті гнилими харчовими відходами та брудом консервні банки, які, перед здачею їх відповідним підприємствам, необхідно довести до необхідної чистоти. Висока вологість побутових відходів приводить до «забивання» обертових і рухомих механізмів сортувальної лінії, що потребує постійного перебування в цеху персоналу з обслуговування та ремонту. Однак в такому цеху, через вкрай несприятливі і шкідливі для здоров'я людини антисанітарні умови, перебувати працівникам тривалий час, навіть у засобах індивідуального захисту, небезпечно. Тому механізовано сортувати побутові відходи, з дотриманням діючих санітарних норм і правил, та досягнути основну мету - знешкодити побутове сміття та ліквідувати міські звалища, здійснити, на даному етапі, практично неможливо. Таким чином, повне комплексне сортування ТПВ та ППВ, як в місці їх накопичення, так і централізовано на спеціальних підприємствах з виділенням усіх компонентів технічно і практично неможливе [9].

Спалювання ППВ дозволяє приблизно в 30 разів зменшити вагу відходів та усуває їх деякі неприємні властивості: запах, виділення токсичних рідин, бактерій, привабливість для птахів і гризунів, а також отримати додаткову енергію, котру можна використати для отримання електроенергії чи опалення [10].

Однак спалювання ППВ також є одним з найбільш складних і небезпечних (з точки зору ризику забруднення атмосфери такими речовинами, як поліхлоровані біфеніли (ПХБ), поліхлоровані і полібромовані діоксини та дібензофурані (ПХДД, ПБДР, ПХДФ, ПБДФ) і важкими металами. Навіть отримання за рахунок спалювання додаткової електроенергії не робить дані



технології достатньо привабливим економічному відношенні [11].

UNEP (United Nations Environmental Project) виділяє небезпечні хлорорганічні сполуки, які утворюються в результаті спалювання ТПВ та ППВ, що згруповано в 12 груп: поліхлоровані біфеніли (ПХБ), поліхлоровані дібензо-*p*-діоксин (ПХДД), поліхлоровані дібензофурані (ПХДФ), алдрин, діелдрін, дихлор-дифеніл-трихлоретан (ДДТ), ендрін, хлордан, гексахлорбензол (ГХБ), мірекс, токсафен і гептахлор. Цей список був складений у результаті великої кількості міжнародних консультацій та форумів. Головним підсумком цієї роботи стало прийняття і підписання 23 травня 2002 року в Стокгольмі Глобальної міжнародної конвенції про заборону стійких органічних забруднювачів (СОЗ), до якої приєдналася і Україна [12] – [15].

Всі діоксини мають кристалічну будову з температурами плавлення близько 200-400 °С [16]. Вони добре розчиняються в органічних розчинниках, жирах, а також в недистильованій воді. Тому діоксини, легко переходять у воду і ґрунт, утворюють комплекси з органічними речовинами і дуже добре мігрують у довкіллі. Вони стабільні по відношенню до лужного і сильно кислого середовища, що призводить до їх накопичення в природі. У ґрунті, наприклад, їх період розкладання становить від 10 до 20 років, а у воді - до 2 років. Діоксини, володіють високими адгезійними властивостями тому легко прилипають до частинок пилу, до ґрунту, мулу у водоймах, завдяки чому швидко переносяться повітрям, водою і ґрунтом. Діоксини володіють високою термостійкістю [17]. Ефективне розкладання цих речовин відбувається за температур вище 1250 °С за умови витримки в таких умовах більше 2 секунд. Доведено, що їх термічне розкладання за менших температур є оборотним процесом і в інтервалі температур від 200 °С до 450 °С діоксини синтезуються знову. Такий процес має місце в традиційній технології сміттєспалювання, де утворення діоксинів спостерігається на виході охолодженого газу з котла-утилізатора. Причому, в «новому» синтезі їх кількість не залежить від вмісту галогенів (хлору чи броду). Утворення діоксинів в цьому температурному інтервалі відбувається за рахунок реакцій хлору (органічних сполук, HCl, Cl<sub>2</sub> і ін.) і органічного вуглецю в присутності каталізаторів (наприклад, міді) [15].

Багато представників з групи діоксинів є високотоксичними сполуками. ПХДД за своєю токсичністю перевершує такі відомі отрути, як стрихнін, кураре, синильну кислоту, поступаючись лише бутуліновому та правцевому токсинам. У роботі [18] розглянуті наслідки впливу діоксинів і діоксіноподобних з'єднань на тварин і людину; деякі з них: злякисні новоутворення, вплив на плід (вроджені дефекти), шкірні захворювання, метаболічні і гормональні зрушення, ушкодження центральної нервової системи (підвищена дратівливість, нервозність), ушкодження печінки, зрушення в системі органів дихання, незворотні зміни у роботі імунної та ендокринної систем.

Поліхлоровані біфеніли (ПХБ) за наслідками свого впливу дещо поступаються ПХДД. Із ПХБ виготовляють ізолюючі матеріали, що широко застосовують в електротехнічній промисловості. Дані речовини мають сильно виражені токсичні властивості і здатність накопичуватися в різних органах



(нирках, селезінці, печінці) та материнському молоці. Нерідко цей забруднювач призводить до шкірних захворювань, які одержали назву хлоракне. Ця хвороба супроводжується тривалими гнійними процесами, ураженням печінки, нирок, підшлункової залози, нервової системи [19].

Ситуацію не змінилась із появою на початку 80-х років ХХ століття сміттєспалювальних заводів (ССЗ) «нового покоління», оснащених високо-технологічним устаткуванням очищення викидів. У країнах з розвиненим екологічним законодавством близько половини капітальних витрат на будівництво ССЗ йде на улаштування повітроочисних систем. До 1/3 експлуатаційних витрат ССЗ йде на плату за поховання золи, що утворюється під час спалювання сміття, котра є більш екологічно небезпечним, ніж ППВ [20].

Європейська директива 2008/1/ЕС, що ратифікована і в Україні для ССЗ, регламентує технологічні параметри спалювання ППВ, згідно неї: у гарячій зоні газу повинні знаходитися при температурі не нижче 850 °С протягом не менше 2 секунд (правило 2 секунд) і вміст кисню не нижче 6 % мас. Вміст діоксинів у відхідних газах ССЗ в одиницях I-TEQ не повинен перевищувати 0,1 нг / м<sup>3</sup>. Тому вартість спалювання відходів навіть у розвинених країнах перевищує в 2, а іноді і в 3 рази поховання на спеціальних полігонах [21].

Склад димових газів сміттєспалювальних установок визначається хімічним складом полімерних відходів, які спалюються. Наявність у побутових відходах пластмас є причиною утворення хлористого водню HCl, фтористого водню, діоксинів і фуранів. Димові газу сміттєспалювальних установок характеризуються також високим рівнем запиленості та вмістом водяної пари.

Коливаннями складу полімерних відходів обумовлені безперервні зміни параметрів процесу горіння і концентрацій токсичних компонентів, які утворюються. Орієнтовно склад димових газів, що утворюються у процесі спалюванні суміші полімерів забруднених органічною складовою ТПВ, без використання систем очищення наведено в таблиці 2 [22].

У таблиці 3 наведені європейські норми гранично-допустимої концентрації шкідливих речовин у димових газах сміттєспалювальних установок [24]. Слід зазначити, що в світі спостерігається стала тенденція до посилення норм, що висувають до викидів сміттєспалювальних установок (в останнє дані норми були переглянуті в 2015 році).

Зіставлення даних, наведених в таблицях 2 і 3, свідчить про істотне перевищення концентрацій забруднюючих речовин в димових газах, які не пройшли систему очищення, в порівнянні з нормативними значеннями. Так, реальна концентрація NO<sub>x</sub> у 3 рази більша за нормативну, СО – у 10 разів, SO<sub>2</sub> – у 50 разів, твердих частинок – у 1000 разів, діоксинів і фуранів – у 60 разів, важких металів – у 2400 разів і т. д. При цьому найбільш істотний внесок у показник токсичності продуктів згорання ТПВ вносять NO<sub>x</sub> та важкі метали, їх концентрація в димових газах у тисячі разів більша гранично допустимої концентрації.



Таблиця 2

**Орієнтовний склад димових газів, що утворюються при спалюванні суміші полімерних відходів [23]**

Речовина	Концентрація в димових газах, мг/м <sup>3</sup>
Вода	10 - 20 % об.
Диоксид вуглецю (CO <sub>2</sub> )	6 - 12 % об.
Кисень (O <sub>2</sub> )	10 - 14 % об.
Тверді частинки	2000 - 10000 мг/м <sup>3</sup>
Важкі метали	< 120 мг/м <sup>3</sup>
Хлористий водень (HCl)	250 - 2000 мг/м <sup>3</sup>
Фтористий водень (HF)	0,5 - 9 мг/м <sup>3</sup>
Оксид сірки (SO <sub>2</sub> )	200 - 1000 мг/м <sup>3</sup>
Оксиди азоту (NO <sub>x</sub> )	400 - 600 мг/м <sup>3</sup>
Оксид вуглецю (II) (CO)	50 - 500 мг/м <sup>3</sup>
Дибензодіоксини и дибензофурани	< 6 нг/м <sup>3</sup>

Таблиця 3

**Європейські норми щодо вмісту шкідливих речовин в димових газах сміттєспалювальних установок [24]**

Речовина	Концентрація в димових газах, мг/м <sup>3</sup>
NO <sub>x</sub>	200 мг/м <sup>3</sup>
CO	50 мг/м <sup>3</sup>
SO <sub>2</sub>	50 мг/м <sup>3</sup>
HCl	10 мг/м <sup>3</sup>
HF	1 мг/м <sup>3</sup>
Тверді частинки	10 мг/м <sup>3</sup>
Важкі метали:	
Hg	0,05 мг/м <sup>3</sup>
Cd-Tl	0,05 мг/м <sup>3</sup>
As+Pb+Cr+Co+Cu+Mn+Ni+V+Sn	0,5 мг/м <sup>3</sup>
Zn	0,5 мг/м <sup>3</sup>
Діоксини і фурани (нг/м <sup>3</sup> )	0,1 нг/м <sup>3</sup>

Виходячи з вищесказаного впливає, що обов'язковою умовою у процесі проектування і будівництва сучасних сміттєспалювальних установок є наявність багатоступінчастої системи очищення газових викидів. Лише за таких умов буде забезпечено зниження вмісту шкідливих речовин у димових газах до



необхідних норм. Тому утилізація полімерних побутових відходів шляхом спалювання є високо затратною, як на стадії будівництва, так і під час її експлуатації, а значить економічно не вигідною та конкурентно неспроможною.

Розкладання полімерних відходів та їх деполімеризація під дією хімічних та температурних чинників теж обмежена в можливостях застосування. По-перше дана технологія потребує попередньої підготовки сировини: очищення, розділення полімерів за їх видом, а це доволі проблемно, у зв'язку із невеликою різницею густин різних видів полімерів. По-друге кожен вид полімерних відходів потребує своїх температурних і каталітичних умов та хімічних агентів, а це дорого. Крім цього, після переробки полімерів, методом їх розкладання, утворюються високотоксичні відходи (переважно I та II класу небезпеки) представлені продуктами неповної деполімеризації та хімічними речовинами, що брали участь у даному процесі, як каталізатори, деструктори чи інгібітори [25] – [27].

**Результати досліджень та їх обговорення.** Тобто проблема переробки побутових полімерів, у тих об'ємах у яких вони утворюються на даному етапі, не може бути вирішена за допомогою технологій, що основані на методах знищення (захоронення, спалювання, фото-, біодеструкції) або розкладання (піроліз, гідроліз, газифікація, крекінг, деполімеризація). Основними стримуючими чинниками виступають: їх дорожнеча, як на стадії втілення проектів у життя, так і на стадії експлуатації; матеріало- та ресурсоемкість; дотримання чітких температурних меж проведення технологічного процесу; наявність високотоксичних відходів, які потребують подальшої переробки, знищення чи захоронення.

Принципово іншим шляхом переробки є методи рециклінгу. Рециклінг полімерних відходів, шляхом їх розчинення чи термоформування, не можна віднести до екологічно чистих та гігієнічно безпечних. У процесі реалізації даних методів переробки полімерів у повітря надходять хімічні речовини, що виділяються у зв'язку з деструкцією полімерів під час їх нагрівання у процесі термоформування чи розчинення у хімічних агентах.

Проаналізувавши технології розроблені на основі механічного рециклінгу полімерних відходів, вітчизняні та зарубіжні вчені вважають, що механічна переробка виключає деструктивні зміни у полімерах, у зв'язку з цим є неможливим утворення подразнювальних, високотоксичних, канцерогенних та мутагенних речовин, яке спостерігається у процесі використання інших методів переробки полімерів. У процесі механічної переробки полімерів у повітрі робочої зони спостерігається виділення незначної кількості, в рази менші за ГДК, полімерного пилу та мономерів [28] – [31].

**Заключення і висновки та перспективи подальших досліджень.** Із проведеного нами аналізу наукових розробок слідує, що технології механічного рециклінгу в якості кінцевого продукту пропонують полімерний гранулят або флекси (подрібнені шматки полімеру, як правило ПЕТФ), що є лише проміжним продуктом непридатним до самостійного використання у жодній сфері народного господарства. Гранулят і флекси додають у невеликій кількості у первинні полімери, бо збільшення їх відсотку в суміші призводить до





нестабільності отриманого продукту та значного погіршення його фізико-механічних і хімічних властивостей [29]. Причому продукція виготовлена з таких сумішей не може застосовуватись у контакті з харчовими продуктами чи водою, у зв'язку з небезпекою міграції значної кількості мономерів, барвників, стабілізаторів у продукти і воду [31].

Отже, жодна технологія на основі механічного рециклінгу в Україні не дає кінцевого продукту, придатного до самостійного застосування у народному господарстві. Тому перспективність проведення досліджень із метою застосування методу механічної переробки полімерних побутових відходів для одержання кінцевого продукту придатного для використання у народному господарстві не викликає сумніву [92] – [187].

### Література:

1. Малишевська О. С. Механічний рециклінг поліетилен-тетрефталатових (ПЕТФ) пляшок. / О. С. Малишевська, О. Д. Мельник // Науковий вісник НЛТУ України. Львів. – 2014. – № 24.1. – С. 149–155.
2. Малишевська О. С. Перспективи використання полімерних відходів як наповнювачів у бетонні суміші / О. С. Малишевська, О. Д. Мельник // Науковий вісник НЛТУ України. Львів. – 2014. – № 24.2. – С. 156–163
3. Дарулис П. В. Отходы областного города. Сбор и утилизация. Смоленск, 2000. – 520 с.
4. Гринин А. С., Новиков В. Н. Промышленные и бытовые отходы. Хранение, утилизация, переработка. М.: ФАИР-ПРЕСС, 2002. – 336 с.
5. Цинберг М. Б., Ивановская И. Б. Образование метана на свалке твердых бытовых отходов г. Оренбурга // Чистый город. 1998. № 4. С. 33 – 36.
6. Бекренев А. В., Семин Е. Г., Бекетов А. Ю. и др. Специфические особенности вод фильтратов полигонов по захоронению твердых бытовых отходов // Известия ЖКХ. 1992. № 2. С. 34 – 39
7. Гурбанов И. В. Опыт по селективному сбору отходов в г. Москва // Чистый город, 2002. №1(17). С. 5 – 9.
8. Patel M., von Thienen N., Jochem E., Worrell E. Recycling of plastics in Germany // Resour., Conserv. Recycling, 2000. V. 29. P. 65–90 ([doi:10.1016/S0921-3449\(99\)00058-0](https://doi.org/10.1016/S0921-3449(99)00058-0))
9. Горение, деструкция и стабилизация полимеров / Под ред. Г.Е. Заикова. – СПб.: Научные основы и технологии, 2008. – 422 с.
10. Мазитова А. К., Степанова Л. Б., Аминова Г. Ф., Габитов А. И., Маскова А. Р. Поливинилхлоридные композиции отделочного назначения с улучшенными показателями термостабильности и цветостабильности // Электронный научный журнал «Нефтегазовое дело». 2014. №3. – С. 457 – 475.
11. Парфенюк А. С., Антонюк С. И., Топоров А. А. Диоксины: проблема техногенной безопасности технологий термической переработки углеродистых отходов // Экология и промышленность России. 2002. №6. С.40–44.
12. Santos ASF, Teixeira BAN, Agnelli JAM, Manrich S. Characterization of effluents through a typical plastic recycling process: An evaluation of cleaning performance and environmental pollution // Conserv Recycling, 2005. V. 45. P. 159–



71.

13. Gregory M. R. Environmental implications of plastic debris in marine settings—entanglement, ingestion, smothering, hangers-on, hitch-hiking and alien invasions // *Phil. Trans. R. Soc. B*, 2009. V. 364. P. 2013–2025 ([doi:10.1098/rstb.2008.0265](https://doi.org/10.1098/rstb.2008.0265))

14. Hopewell J., Dvorak R. & Kosior, E. Plastics recycling: challenges and opportunities // *Phil. Trans. R. Soc. B*, 2009. V. 364. P. 2115–2126. ([doi:10.1098/rstb.2008.0311](https://doi.org/10.1098/rstb.2008.0311))

15. Hocking M. B. Reusable and disposable cups: an energy-based evaluation. // *Environ. Manag.*, 2006. V. 18, P. 889–899.

16. Ryan P. G., Moore C. J., van Franeker J. A., Moloney C. L. Monitoring the abundance of plastic debris in the marine environment // *Phil. Trans. R. Soc. B*, 2009. V. 364. P. 1999–2012 ([doi:10.1098/rstb.2008.0207](https://doi.org/10.1098/rstb.2008.0207))

17. Волков В. И., Гусинский А. И., Ипполитов В. А., Бернадинер И. М. Сокращение эмиссии диоксинов при термическом обезвреживании опасных отходов // *Экология и промышленность России*. 2001. №1. С.7–9.

18. Худолей В. В., Ливанов Г. А., Колбасов С. Е., Фридман К. Б. Диоксиновая опасность в городе. СПб.: НИИ Химии СПбГУ, 2000. – 173 с.

19. Крайнов И. П., Скоробогатов В. М. Диоксины: обзор // *Экотехнологии и ресурсосбережение*. 2002. № 3. С. 55–62.

20. Rutberg Ph. G., Safronov A. A., Bratsev A. N., Shiryayev V. N., Popov V. E., Popov S. D., Surov A.V. Plasma Technologies of Solid and Liquid Toxic Waste Disinfection // *Pulsed Power Plasma Science*, 2001 Las-Vegas, Nevada, USA. P. 1178–1181.

21. Rutberg Ph. G., Bratsev A. N., Safronov A. A., Surov A.V. The Technology and Execution of Plasmachemical Disinfection of Hazardous Medical Waste // *USA PLASMA SCIENCE*, 2002. V. 30. N 4. P. 1445 – 1448.

22. Oehlmann J., et al. A critical analysis of the biological impacts of plasticizers on wildlife // *Phil. Trans. R. Soc. B*, 2009. V. 364. P. 2047–2062 ([doi:10.1098/rstb.2008.0242](https://doi.org/10.1098/rstb.2008.0242))

23. Сидоров Д. Э., Сивецкий В. И., Шаблий Т. А., Власенко А. Ю. Прогнозирование качества изделия при переработке вторичного полимерного сырья // *Экотехнологии и ресурсосбережение*, 2005. №1. С. 43–47.

24. Національна екологічна політика України: загальні оцінки і ключові рекомендації / Френсіс О'Доннелл та ін. – К. 2014. ВАІТЕ. – 38 с.

25. Kyrikou I., Briassoulis D. Biodegradation of agricultural plastic films: a critical review // *J. Polym. Environ.*, 2007. V. 15. P. 125–150 ([doi:10.1007/s10924-007-0053-8](https://doi.org/10.1007/s10924-007-0053-8))

26. Soetaert W., Vandamme E. The impact of industrial biotechnology // *Biotechnol. J.*, 2006. V. 1. P. 756–769 ([doi:10.1002/biot.200600066](https://doi.org/10.1002/biot.200600066))

27. Song J. H., Murphy R. J., Narayan R., Davies G. B. H. Biodegradable and compostable alternatives to conventional plastics // *Phil. Trans. R. Soc. B*, 2009. V. 364. P. 2127–2139 ([doi:10.1098/rstb.2008.0289](https://doi.org/10.1098/rstb.2008.0289))

28. Swift G., Wiles D. Degradable polymers and plastics in landfill sites // *Encyclopedia Polym. Sci. Technol.*, 2004. V. 9. P. 40–51.



29. Perugini F., Mastellone M., Arena U. A life cycle assessment of mechanical and feedstock recycling options for management of plastic packaging wastes // *Environ. Progr.*, 2005. V. 24. P. 137–154 ([doi:10.1002/ep.10078](https://doi.org/10.1002/ep.10078))

30. Aminova G. F. New composite PVC-material for finishing purposes, plasticized by butoxyalkylphenoxyalkylphthalates // *Jelektronnyi nauchnyi zhurnal "Neftegazovoe delo"*. 2013. № 5. P.353-362. URL: [http://www.ogbus.ru/eng/authors/AminovaGF/AminovaGF\\_1.pdf](http://www.ogbus.ru/eng/authors/AminovaGF/AminovaGF_1.pdf).

31. Aminova G. F. Producing of linoleum with improved physical and mechanical properties // *Jelektronnyi nauchnyi zhurnal "Neftegazovoe delo"*. 2013. № 6. P.508-537. URL: [http://www.ogbus.ru/eng/authors/AminovaGF/AminovaGF\\_2.Pdf](http://www.ogbus.ru/eng/authors/AminovaGF/AminovaGF_2.Pdf).

#### References:

1. Malyshevskaya O. S. Mechanical Recycling of Polyethylene-Tetraftalate (PETF) bottles (2014). *Scientific Bulletin of NLTU of Ukraine*. V. 24.1. – p. 149-155.

2. Malyshevskaya O. S. Prospects for the use of polymer waste as fillers in concrete mixtures (2014). *Scientific Bulletin of NLTU of Ukraine*. V. 24.2 – p. - P. 156-163

3. Darulis P.V. Wastes of the regional city (2000). *Collection and recycling*. Smolensk, P. 520.

4. Grinin A. S, Novikov V. N. (2002). *Industrial and household waste. Storage, recycling, recycling*. M.: FAIR-PRESS, P – 336.

5. Zinberg M. B., Ivanovskaya I. B. (1998). Formation of methane at the landfill of solid household waste in Orenburg. *Clean city*. V. 4. P. 33 - 36.

6. Bekrenev AV, Semin Ye.G., Beketov A. Yu., and others (1992). Specific features of water filtrate polygons for burial of solid household waste. *Izvestiya Housing and Utilities*. V. 2. – p. 34-39

7. Gurbanov IV Experience in Selective Waste Collection in Moscow (2002). *Clean City*. V. 1 (17). – p. 5-9.

8. Patel M., von Thienen N., Jochem E., Worrell E. Recycling of plastics in Germany *Resour., Conserv. Recycling*, 2000. V. 29. P. 65–90 ([doi:10.1016/S0921-3449\(99\)00058-0](https://doi.org/10.1016/S0921-3449(99)00058-0))

9. Zaikov G. E. (2008). *Burning, Destruction and Stabilization of Polymers.: Scientific Foundations and Technologies*. 422 p.

10. Mazitova AK, Stepanova L. B., Aminova G. F., Gabitov A. I., Maskova A. R. (2014). Polyvinylchloride compositions of finishing purpose with improved indicators of thermal stability and color stability. *Electronic scientific journal "Neftegazovoe delo"*. V. 3. – p. 457 - 475.

11. Parfenyuk A. S, Antonyuk S. I., Toporov A. A. (2002). Dioxins: the problem of technogenic safety of technologies of thermal processing of carbonaceous wastes. *Ecology and industry of Russia*. V. 6. – p. 40-44.

12. Santos ASF, Teixeira BAN, Agnelli JAM, Manrich S. Characterization of effluents through a typical plastic recycling process: An evaluation of cleaning performance and environmental pollution // *Conserv Recycling*, 2005. V. 45. P. 159–71.

13. Gregory M. R. Environmental implications of plastic debris in marine settings—entanglement, ingestion, smothering, hangers-on, hitch-hiking and alien invasions // *Phil. Trans. R. Soc. B*, 2009. V. 364. P. 2013–2025 ([doi:10.1098/rstb.2008.0265](https://doi.org/10.1098/rstb.2008.0265))

14. Hopewell J., Dvorak R. & Kosior, E. Plastics recycling: challenges and opportunities. *Phil. Trans. R. Soc. B*, 2009. V. 364. P. 2115–2126. ([doi:10.1098/rstb.2008.0311](https://doi.org/10.1098/rstb.2008.0311))

15. Hocking M. B. Reusable and disposable cups: an energy-based evaluation. // *Environ. Manag.*, 2006. V. 18, P. 889–899.

16. Ryan P. G., Moore C. J., van Franeker J. A., Moloney C. L. Monitoring the abundance of plastic debris in the marine environment // *Phil. Trans. R. Soc. B*, 2009. V. 364. P. 1999–2012



(doi:10.1098/rstb.2008.0207)

17. Volkov V. I., Gusinsky A. I., Ippolitov V. A., Bernadin I. M. (2001). Reduction of dioxin emission during thermal decontamination of hazardous wastes. Ecology and industry of Russia. V. 1. – p.7-9.

18. Khudoley V. V, Livanov G. A, Kolbasov S. E., Fridman K. B. (2000). Dioxin danger in the city. SPb.: Research Institute of Chemistry, St. Petersburg State University, – P. 173.

19. Krainov I.P., Skorobogatov V.M. Dioxins: an overview (2002). Ecotechnology and resource-saving. V. 3. – p 55-62.

20. Rutberg Ph. G., Safronov A. A., Bratsev A. N., Shiryaev V. N., Popov V. E., Popov S. D., Surov A.V. Plasma Technologies of Solid and Liquid Toxic Waste Disinfection // Pulsed Power Plasma Science, 2001 Las-Vegas, Nevada, USA. P. 1178–1181.

21. Rutberg Ph. G., Bratsev A. N., Safronov A. A., Surov A.V. The Technology and Execution of Plasmachemical Disinfection of Hazardous Medical Waste // USA PLASMA SCIENCE, 2002. V. 30. N 4. P. 1445 – 1448.

22. Oehlmann J., et al. A critical analysis of the biological impacts of plasticizers on wildlife // Phil. Trans. R. Soc. B, 2009. V. 364. P. 2047–2062 (doi:10.1098/rstb.2008.0242)

23. Sidorov D. E., Syvetskii V. I., Shabliy T. A., Vlasenko A. Yu. (2005). Prediction of product quality during recycling of secondary polymeric materials // Eco-technologies and resource-saving. V. 1. – p 43-47.

24. Francis O'Donnell et al. (2014). National Environmental Policy of Ukraine: General Assessments and Key Recommendations. - K.: VAITE. – 38 p.

25. Kyrikou I., Briassoulis D. Biodegradation of agricultural plastic films: a critical review // J. Polym. Environ., 2007. V. 15. P. 125–150 (doi:10.1007/s10924-007-0053-8)

26. Soetaert W., Vandamme E. The impact of industrial biotechnology // Biotechnol. J., 2006. V. 1. P. 756–769 (doi:10.1002/biot.200600066)

27. Song J. H., Murphy R. J., Narayan R., Davies G. B. H. Biodegradable and compostable alternatives to conventional plastics // Phil. Trans. R. Soc. B, 2009. V. 364. P. 2127–2139 (doi:10.1098/rstb.2008.0289)

28. Swift G., Wiles D. Degradable polymers and plastics in landfill sites // Encyclopedia Polym. Sci. Technol., 2004. V. 9. P. 40–51.

29. Perugini F., Mastellone M., Arena U. A life cycle assessment of mechanical and feedstock recycling options for management of plastic packaging wastes // Environ. Progr., 2005. V. 24. P. 137–154 (doi:10.1002/ep.10078)

30. Aminova G. F. New composite PVC-material for finishing purposes, plasticized by butoxyalkylphenoxyalkylphthalates // Jelektronnyi nauchnyi zhurnal “Neftegazovoe delo”. 2013. № 5. P.353-362. URL: [http://www.ogbus.ru/eng/authors/AminovaGF/AminovaGF\\_1.pdf](http://www.ogbus.ru/eng/authors/AminovaGF/AminovaGF_1.pdf)

31. Aminova G. F. Producing of linoleum with improved physical and mechanical properties // Jelektronnyi nauchnyi zhurnal “Neftegazovoe delo”. 2013. № 6. P.508-537. URL: [http://www.ogbus.ru/eng/authors/AminovaGF/AminovaGF\\_2.Pdf](http://www.ogbus.ru/eng/authors/AminovaGF/AminovaGF_2.Pdf)

**Abstract.** *The analysis of hygienic and environmental points of view of methods and technological decisions concerning the treatment of polymeric household waste was carried out. As a result, it was established that dumping in landfills was and remains the most widespread way of dealing with polymeric household waste. Burning is the most dangerous way of polymer waste utilisation due to the release of carcinogenic, mutagenic and commonly irritating substances such as dioxins and furans in the air. It was established that the most hygienic way of handling polymer waste is their recycling by mechanical recycling, which excludes the formation of hazardous substances.*

**Keywords:** *hygienic evaluation, polymer waste, mechanical recycling of polymers, polymer processing, utilization, ecological risk*

Стаття відправлена: 25.09.2018 р.

© Малишевська О. С.