

В. В. Попович, канд. сільгосп. наук
(Львівський державний університет безпеки життєдіяльності),
В. М. Гвоздь (начальник Управління ДСНС в Черкаській області)

ПРОДУКТИ ГОРІННЯ СМІТТЯ ІЗ ПІДВИЩЕНИМ ВМІСТОМ ПОЛІМЕРНИХ МАТЕРІАЛІВ

Досліджено продукти горіння сміття із підвищеним вмістом полімерних матеріалів. Встановлено, що сміття із морфологічним складом: пластик (20%) + гума (19%) + текстиль (19%) + деревина (сосна звичайна) (19%) + стружка заліза (19%) + стружка алюмінію (1%) при горінні виділяє токсичні речовини, які становлять загрозу життю людини. Розраховано об'єм легких частинок, які виділяються під час горіння сміття та теплотворну спроможність кожного компоненту відходу в зразку. Обґрунтовано висновок про необхідність покращення системи сортування твердих побутових відходів.

Ключові слова: сміття, відходи, полімерні матеріали, продукти горіння.

Постановка проблеми. У 2011 році в Україні накопичилося 1434500 тонн твердих побутових відходів (сміття), з яких: 138500 тонн відправлено на полігони твердих побутових відходів, 44 тонни – у місця неорганізованого складування, 898812 тонн передано підприємствам для подальшої переробки. Всього в нашій державі у спеціально організованих місцях накопичено 19509400 тонн сміття [1].

Горіння сміттєзвалищ та полігонів твердих побутових відходів (ТПВ) спричиняє виділення у довкілля токсичних речовин [2]. Найбільше на сміттєзвалищах та полігонах ТПВ депонують харчові відходи, папір, полімери, шкірозамінники, гуму [3] (рис. 1).



Рис. 1. Морфологічний склад сміття в Україні [4]

Харчовим відходам та паперу, як джерелам органічних речовин, притаманні анаеробні процеси деструкції [5]. Полімери, шкірозамінники, гума навпаки, не піддаються процесам розкладання та є сильно горючими. У продуктах горіння полімерів містяться такі токсичні речовини як ціанідна (синильна) кислота (HCN), хлороводень (HCl), чадний газ (CO), оксиди азоту (NO, NO₂) тощо [6, 7].

Аналіз останніх досліджень та публікацій. Проблему токсичності продуктів горіння полімерних матеріалів вивчають в Інституті гігієни та медичної екології ім. О. М. Марзеєва АМНУ [8]. Дослідження здійснюються із метою визначення інтегрального показника токсичності (H_{CL50}), який дорівнює відношенню маси матеріалу до об'єму повітря, продукти горіння якого викликають 50 відсоткову смертність лабораторних тварин протягом певного часу. Проте, для населення він є антигуманним і неприйнятним.

В Українському науково-дослідному інституті медицини транспорту МОЗ України встановлено токсиколого-гігієнічну оцінку продуктів горіння полімерних матеріалів транспортного призначення. Досліджено якісний і кількісний склад продуктів горіння 24 полімер-

них матеріалів. В експерименті на тваринах встановлено, що тільки в 30% випадків причиною отруєння є карбон (II) оксид, а в 70% смертельні отруєння викликані комбінованою дією CO та інших компонентів, а також їх сукупною дією з іншими факторами пожежі (димом, підвищеною температурою, зниженим вмістом кисню). Досліджено провідні механізми розвитку патологічних ефектів в гострому, підгострому і субхронічному експериментах, серед яких провідна роль належить гіпоксії та оксидативному стресові. Обґрунтовано ефективність профілактичного застосування комплексу дикарбонових кислот і ряду вітамінів і мікроелементів при субхронічному отруєнні токсичними продуктами горіння [9].

Оскільки, на сміттєзвалищах та полігонах ТПВ міститься значна маса полімерних матеріалів, дослідження сукупної дії продуктів горіння їх та інших відходів різної маси, є актуальні.

Постановка завдання. Метою цієї роботи є встановити якісний та кількісний склад продуктів горіння сміття із різним вмістом у ньому полімерних матеріалів для оцінки небезпеки пожеж на сміттєзвалищах для людського організму та довкілля, а також необхідність контролю за системою роздільного збирання твердих побутових відходів.

Прилади і методи. Зразки відбиралися на відкритій ділянці 18.11.2012 року. Метеорологічні показники в цей день були такими: температура повітря становила +8°C, вологість – 58,5%, швидкість вітру – 0,6 м/с, атмосферний тиск – 98,13 кПа, без опадів.

Температуру повітря, швидкість вітру, атмосферний тиск заміряні за допомогою портативної метеостанції «Kestrel-4000». Склад продуктів горіння визначено за допомогою багатоканального газоаналізатора «Protege» (сертифікований незалежною організацією на відповідність вимогам Директиви EMC (2004/108/EC)). Температура полум'я виміряна пірометром GM1150A (безконтактний метод). Маса твердих побутових відходів зважена за допомогою електронних ваг «Didigital scale» із точністю 0,01 г. Джерелом горіння слугував сухий спирт масою 7,5 г.

Програмою дослідження передбачалося відібрати суміші сміття із масовою часткою полімерів 20, 25, 50, 56% та спалюючи їх визначити продукти горіння. Маса сумішей розраховані відповідно до власного аналізу твердих побутових відходів, які утворюються у житловому секторі м. Львова. Вимірювання вмісту продуктів горіння та температури полум'я проводились при появі полуменевого горіння.

Виклад основного матеріалу. Загалом, морфологічний склад твердих побутових відходів визначають за методикою [10], а дослідження їх властивостей – за [11]. Гігієнічну оцінку показників токсичності продуктів горіння полімерних матеріалів встановлюють за допомогою [12].

Суміші сміття для встановлення якісного та кількісного складу продуктів горіння наведено у табл. 1. Зразки №1-4 передбачали суміші неорганічних відходів, а зразок №5 – органічних.

Таблиця 1

Опис зразків

Зразок	Масова частка твердих побутових відходів у досліді	Характер горіння	Колір полум'я	Колір диму
1	Полімери(50%) + папір (з густиною 80 г/см ²) (50%)	Полуменеве горіння → жевріння	Блакитний	Чорний
2	Полімери (25%) + текстиль (25%) + картон (25%) + сухі рослинні рештки (25%)	Полуменеве горіння → жевріння	Яскраво-червоний	Чорний
3	Полімери (56%) + шкірозамінник (28%) + папір (з густиною 80 г/см ²) (11%) + стружка алюмінію (5%)	Полуменеве горіння → жевріння	Яскраво-червоний	Чорний
4	Полімери (20%) + гума (19%) + текстиль (19%) + деревина (сосна звичайна) (19%) + стружка заліза (19%) + стружка алюмінію (1%)	Полуменеве горіння → тління	Оранжевий	Чорний
5	Кістки (40%) + газета (20%) + сухі рослинні рештки (20%) + деревина (сосна звичайна) (20%)	Полуменеве горіння → тління	Оранжевий	Сірий

У результаті проведення дослідів встановлено, що найнебезпечнішим для організму людини є горіння сміття із наступним морфологічним складом: полімери (20%) + гума (19%) + текстиль (19%) + деревина (сосна звичайна) (19%) + стружка заліза (19%) + стружка алюмінію (1%) (зразок №4). При горінні цього сміття виділяється сірководень – 2 ppm або 0,0002 % (при гранично допустимій концентрації (ГДК) 1000 ppm [13]), вибухонебезпечні газів – 11% (при (ГДК) 4,4% [14]), концентрація чадного газу становить > 1000 ppm (при ГДК 25 ppm [14]), кисню – 18,3% (мінімальна концентрація для життєдіяльності людського організму становить 20,9 %). Якісний та кількісний склад продуктів горіння (усереднені показники) наведено на рис. 2.

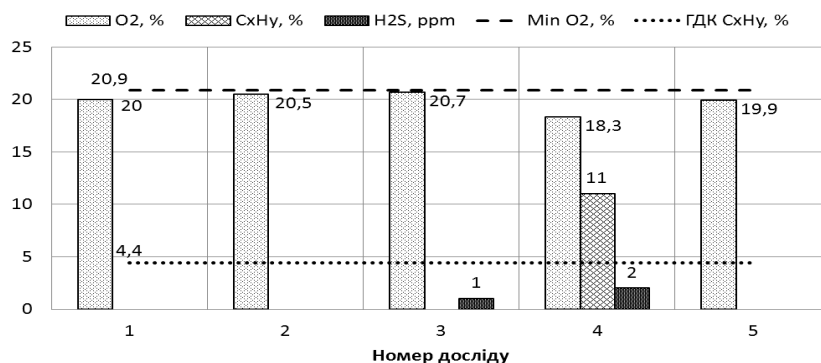


Рис. 2. Вміст кисню, сірководню та вибухонебезпечних газів (C_xH_y) у продуктах горіння сміття

Максимальна температура полум'я встановлена для зразка №3 (434,8°C), хоча показники середньої температури найбільші для зразка №4 (387,8°C). Значення температур для всіх зразків наведено на рис. 3.

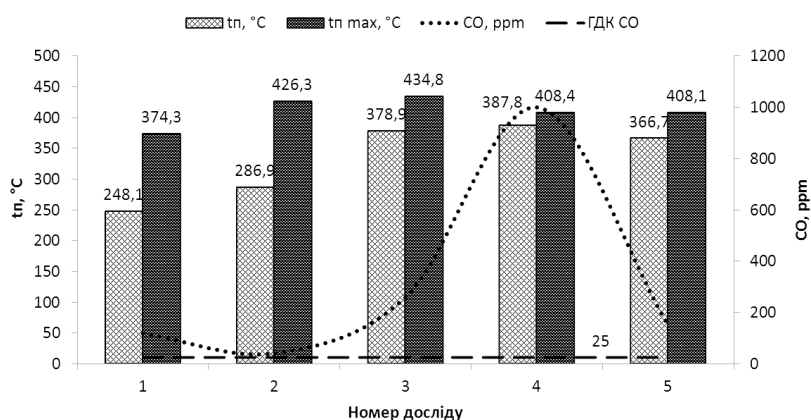


Рис. 2. Вміст чадного газу в продуктах горіння сміття та показники середніх і максимальних температур полум'я

Важливим є факт, що суміш органічних відходів у зразку №5 при горінні виділяє CO 148 ppm, а концентрація O₂ становить 19,9%. В загальному встановлено, що при горінні усіх сумішей сміття концентрація кисню знижується до показників 18,3-20,7%, а вміст CO зростає від 41 до > 1000 ppm (рис. 2, 3).

Для визначення летких речовин (%) у дослідях скористаємося формулою [10]:

$$V^p = B \frac{V^e}{100};$$

Де B – частка відходу в суміші, %;
 V^e – вихід летких компонентів, %.

Теплотворна спроможність (кДж/кг) компонентів суміші сміття визначається як [10]:

$$Q^p = \frac{BQ_n^p}{100};$$

де, Q_n^p – теплотворна спроможність певного відходу, кДж/кг.

Результати розрахунків летких речовин відходів наведені у табл. 2.

Таблиця 2

Леткі речовини відходів у зразках (%)

Зразки	$V_{\text{полім}}^p$		$V_{\text{папір}}^p$			
	1	42,17		37,97		
2	$V_{\text{полім}}^p$	$V_{\text{текстиль}}^p$	$V_{\text{картон}}^p$		$V_{\text{росл}}^p$	
	21,1	21,1	19		13,5	
3	$V_{\text{полім}}^p$	$V_{\text{шкірзам}}^p$	$V_{\text{папір}}^p$		V_{Al}^p	
	47,2	23,5	8,35		0,025	
4	$V_{\text{полім}}^p$	$V_{\text{гума}}^p$	$V_{\text{текстиль}}^p$	$V_{\text{дерев}}^p$	V_{Fe}^p	V_{Al}^p
	16,87	15,95	16,02	12,9	0,01	0,005
5	$V_{\text{кістки}}^p$	$V_{\text{газета}}^p$	$V_{\text{росл}}^p$		$V_{\text{дерев}}^p$	
	8,1	15,2	10,8		13,58	

Таким чином встановлено, що найбільше виділяється летких речовин із такого виду сміття: у зразку №1 – із полімерів (42,17%); у зразку №2 – із полімерів та текстилю (по 21,1%); у зразку №3 – із полімерів (47,2%); у зразку №4 – із полімерів (16,87%); у зразку №5 – із деревини (13,58%). Найменше: у зразку №1 – із паперу (37,97%); у зразку №2 – із картону (19%); у зразку №3 – із паперу (8,35%); у зразку №4 – із стружки заліза (0,01%); у зразку №5 – із кісток (8,1%).

Результати розрахунків теплотворної спроможності по кожному виду відходів окремо наведені у табл. 3.

Таблиця 3

Теплотворна спроможність відходів у зразках (кДж/кг)

Зразки	$Q_{\text{полім}}^p$		$Q_{\text{папір}}^p$			
	1	7243,2		7096,6		
2	$Q_{\text{полім}}^p$	$Q_{\text{текстиль}}^p$	$Q_{\text{картон}}^p$		$Q_{\text{росл}}^p$	
	3621,6	3621,6	3548,3		51,3	
3	$Q_{\text{полім}}^p$	$Q_{\text{шкірзам}}^p$	$Q_{\text{папір}}^p$		Q_{Al}^p	
	8112,3	6647,0	1561,3		10,3	
4	$Q_{\text{полім}}^p$	$Q_{\text{гума}}^p$	$Q_{\text{текстиль}}^p$	$Q_{\text{дерев}}^p$	Q_{Fe}^p	Q_{Al}^p
	2897,3	4510,4	2752,4	2712,6	39,0	2,0
5	$Q_{\text{кістки}}^p$	$Q_{\text{газета}}^p$	$Q_{\text{росл}}^p$		$Q_{\text{дерев}}^p$	
	3868,6	2838,6	1934,3		2855,4	

Найбільша теплотворна спроможність належить: у зразку №1 – полімерам (7243,2 кДж/кг); у зразку №2 – полімерам та текстилю (по 3621,6 кДж/кг); у зразку №3 – полімерам (8112,3 кДж/кг); у зразку №4 – гумі (4510,4 кДж/кг); у зразку №5 – кісткам (3868,6 кДж/кг). Найменші значення теплотворної спроможності виявлені при горінні такого сміття: у зразку №1 – паперу (7096,6 кДж/кг); у зразку №2 – рослинних решток (51,3 кДж/кг); у зразку №3 – стружки алюмінію (10,3 кДж/кг); у зразку №4 – стружки алюмінію (2,0 кДж/кг); у зразку №5 – рослинних решток (1934,3 кДж/кг).

Висновки. Отже, у результаті проведення досліджень продуктів горіння сміття із підвищеним вмістом полімерних матеріалів встановлено:

- сміття із морфологічним складом: полімери (20%) + гума (19%) + текстиль (19%) + деревина (сосна звичайна) (19%) + стружка заліза (19%) + стружка алюмінію (1%) при горінні виділяє сірководень (2 ppm), вибухонебезпечні гази – 11%, при чому концентрація чадного газу становить > 1000 ppm, кисню лише 18,3%, що становить загрозу для життя людей;
- концентрація O₂ при проведенні дослідів становила 18,3-20,7% (при мінімально-допустимих нормах ≥ 20,9%);
- вміст СО становив від 41 до > 1000 ppm (при ГДК 25 ppm);
- найбільше легких речовин утворюється з полімерів (16,87-47,2%) та паперу (37,97%), а найменше – із стружки заліза (0,01%) та кісток (8,1%);
- найбільша теплотворна спроможність належить полімерам (2897,3-8112,3 кДж/кг), а найменша – стружці алюмінію (2,0-10,3 кДж/кг).

В Україні потребує покращення система роздільного збирання сміття з метою виключення потрапляння токсичних компонентів на сміттєзвалища. Проведені дослідження свідчать, що під час пожеж на сміттєзвалищах виділяються токсичні речовини, які отруюють живі організми.

Під час гасіння пожеж на сміттєзвалищах особовому складу необхідно працювати у апаратах на стисненому повітрі та хімічно-захисних костюмах. Для гасіння, окрім водяних та повітряно-пінних, використовувати стволи із розпилюючими насадками з метою осадження легких речовин.

Література:

1. **Основні показники** утворення та поводження з відходами I-III класів небезпеки. [Електронний ресурс]. – Доступний з: <http://database.ukrcensus.gov.ua>.
2. **Попович В. В.** Вплив продуктів горіння полігонів твердих побутових відходів на організм людини та біоту / В. В. Попович, В. П. Кучерявий // Пожежна безпека : зб. наук. праць. – 2012. – № 20. – С. 60-66.
3. **Кучерявий В. П.** Полігони твердих побутових відходів Західного Лісостепу України та проблеми їх фітомеліорації / В. П. Кучерявий, В. В. Попович // Науковий вісник НЛТУ України : зб. наук.-техн. праць. – Львів : РВВ НЛТУ України. – 2012. – Вип. 22.2. – С. 56-66.
4. **Боронос В. М.** Еколого-економічна ефективність утилізації відходів промислових підприємств / В. М. Боронос, І. В. Мамчук // Вісник СумДУ. Серія «Економіка». – 2007. – №2. – С. 5-17.
5. **Попович В. В.** Система роздільного збору сміття та її вплив на процеси деструкції на полігонах твердих побутових відходів / В. В. Попович // Науковий вісник НЛТУ України : зб. наук.-техн. праць. – Львів : РВВ НЛТУ України. – 2012. – Вип. 22.3. – С. 127-132.
6. **Щербина О. М.** Реакції ідентифікації деяких вогнегасних речовин (галогеновуглеводнів) / О. М. Щербина, В. В. Попович // Пожежна безпека : зб. наук. праць. – 2003. – № 3. – С. 66-68.
7. **Щербина О. М.** Виявлення токсичних продуктів горіння: ціанідної (синильної) кислоти та її солей за допомогою якісних реакцій / О. М. Щербина, В. М. Баланюк // Пожежна безпека : зб. наук. праць. – 2005. – № 6. – С. 151-153.

8. **Ляшенко В. І.** До проблеми вивчення токсичності продуктів горіння полімерних матеріалів / В. І. Ляшенко, О. І. Волощенко, О. М. Голіченков // Актуальные проблемы транспортной медицины. – 2007. – № 1 (7). – С. 53-57.

9. **Третьякова О. В.** Токсиколого-гігієнічна оцінка продуктів горіння полімерних матеріалів транспортного призначення / О. В. Третьякова // Актуальные проблемы транспортной медицины. – 2009. – № 4 (18). – С. 110-123.

10. **Наказ Міністерства з питань житлово-комунального господарства від 16.02.2010 року №39** «Про затвердження Методичних рекомендацій з визначення морфологічного складу твердих побутових відходів».

11. **Методика исследования** свойств твердых отбросов. – М. : «Акад. комун. хоз. им. К. Д. Памфилова», 1970. – 140 с.

12. **Наказ Міністерства охорони здоров'я від 07.06.2006 року №369** «Визначення та гігієнічна оцінка показників токсичності продуктів горіння полімерних матеріалів».

13. **Малин К. М.** Справочник сернокислотчика / К. М. Малин // – М.: Химия, 1971. – 741 с.

14. **Баратов А. Н.** Пожаровзрывоопасность веществ и материалов и средства их тушения: справочное издание в 2-х книгах / А. Н. Баратов // Книга 2. – М. : «Химия», 1990. – 384 с.

В. В. Попович, В. М. Гвоздь

ПРОДУКТЫ ГОРЕНИЯ МУСОРА С ПОВЫШЕННЫМ СОДЕРЖАНИЕМ ПОЛИМЕРНЫХ МАТЕРИАЛОВ

Исследованы продукты горения мусора с повышенным содержанием полимерных материалов. Установлено, что мусор из морфологическим составом: пластик (20%) + резина (19%) + текстиль (19%) + древесина (сосна обыкновенная) (19%) + стружка железа (19%) + стружка алюминия (1%) при горении выделяет токсичные вещества, которые представляют угрозу жизни человека. Рассчитано объем летучих частиц, которые выделяются при горении мусора и теплообразующую способность каждого компонента уходя в опыте. Сделан вывод о необходимости улучшения системы сортировки твердых бытовых отходов.

Ключевые слова: мусор, отходы, полимерные материалы, продукты горения

V. V. Popovych, V. N. Gvozd'

GARBAGE COMBUSTION PRODUCTS WITH INCREASED CONTENT OF POLYMER MATERIALS

Combustion products of garbage with high content of polymeric materials were examined. It was determined that garbage with morphological composition: plastic (20%) + rubber (19%) + textiles (19%) + wood (pine) (19%) + iron shavings (19%) + aluminum chips (1%) during combustion emits toxic substances that pose a threat to human life. Volume of volatile particles, which is released during the burning of debris and calorific value of each garbage component in the sample were calculated. The conclusion about the necessity of improving a solid waste sorting system is justified.

Key words: garbage, waste products, polymer materials, combustion products

