

*М. М. Орфанова, Т. М. Яцишин,
Т. А. Бондарчук*

*Івано-Франківський національний
технічний університет нафти і газу*

АНАЛІЗ НАПРЯМКІВ УТИЛІЗАЦІЇ ГУМОВИХ ВІДХОДІВ

Продукція виробництва гумотехнічних виробів широко використовується в усіх галузях народного господарства. У процесі виробництва утворюються невулканізовані та вулканізовані гумові відходи, частина з яких повертається назад у виробничий процес для виробництва товарів широкого вжитку. Також у процесі експлуатації гумові вироби втрачають свої споживчі властивості і переходять у розряд відходів. Для виробництва гумотехнічних виробів використовується природний та синтетичний каучук та різноманітні добавки, що вимагає оптимізації методів подальшої утилізації гумових відходів. Аналіз напрямків утилізації гумових відходів показав, що при обґрунтуванні напрямку їх утилізації необхідно враховувати вміст каучуку та присутність різних добавок. Встановлено, що саме шини є найбільш масовим відходом, утилізація яких найбільш практично поширена в Україні. В той же час обсяги їх утилізації залишаються низькими. Проблема утилізації непромислових гумових відходів ускладнюється відсутністю дієвої системи роздільного збору відходів, яка пов'язано з відсутністю відповідної нормативно-законодавчої та правової бази, а також практичних механізмів реалізації роздільного збору відходів у різних типах населених пунктів.

Проведено аналіз методів утилізації гумових відходів, визначені їх переваги та недоліки. Проаналізовано стан утилізації гумових відходів в Україні та визначенні ключові проблеми.

Результати досліджень свідчать про проблему збору гумових виробів, які втратили свою споживчу властивість. Така ситуація пов'язана з відсутністю дієвих механізмів у роздільному зборі відходів. Пропонується організація стаціонарних пунктів збору відходів у населених пунктах міського типу та пересувних пунктів у великих містах та сільських населених пунктах.

Ключові слова: гумові відходи; методи утилізації; каучук; регенерат; шини; управління відходами.

Постановка проблеми. Гумові відходи являють собою досить широкий спектр відходів від виробництва гумотехнічних виробів до гумових виробів, у т.ч. предметів побутового користування, які втратили свої споживчі властивості.

Виробництво гумотехнічних виробів представлено гумоазбестовою та шинною промисловістю, асортимент продукції яких перевищує 50 тисяч різноманітних виробів. Основні підприємства з виробництва гумотехнічних виробів знаходяться у Львові ТзОВ «Завод гумових виробів», Луцьку (ВАТ «Завод «ПОЛІМЕР»»), Білій Церкві (ПрАТ «Росава», ТОВ «Інтер-ГТВ», ТОВ ВФ «РУБІКОН», ПрАТ «Білоцерківський завод гумотехнічних виробів»), Києві (ТОВ «КІЇВГУМА», ТзОВ «Резинпромсервіс», Запоріжжі (ТзОВ «Запорізький завод гумотехнічних виробів»), Дніпрі (ТзОВ НВП «ТЕХСЕРВІС») та Бердянську (Бердянський завод гумотехнічних виробів ПрАТ «БЕРТІ»). Також в Україні діють 6 шиноремонтних заводів: Запорізький ШРЗ, Івано-Франківський ШРЗ, Миколаївський ШРЗ, Броворський ШРЗ (Київська область), Гніванський ШРЗ (Вінницька область), ТОВ «ПРОФІЛЬПЛАСТ» (Львівська область).

Основною сировиною для виробництва продукції є природний та синтетичний каучук, вміст якого у гумовій суміші може досягати 98%. Саме каучук впливає на якість гумових виробів та їх фізико-механічні властивості. Також для покращення властивостей гуми, стійкості до впливу природних факторів, збільшення терміну використання гумовотехнічних виробів та зниження їх собівартості використовують різноманітні добавки: пом'якшувачі, пластифікатори, активатори, наповнювачі, антиоксиданти, барвники та інші речовини. До основних добавок належать сірка, оксиди цинку, кадмію, магнію та свинцю каніфоль, дибутилфталат, оцтова, бензойна, бурштинова, саліцилова, молочна, та щавлева кислоти, карбонат амонію, гідрокарбонат натрію [1].

За даними Міністерства захисту довкілля та природних ресурсів України щорічно утворюється до 3 тис.т гумових відходів [2]. Це незначний відсоток відходів у загальному обсязі відходів, але більшість цих відходів не утилізується.

Тому актуальним є оптимізація напрямків поводження з гумовими відходами.

Мета досліджень. Метою роботи є аналіз сучасних напрямків утилізації гумових відходів та рівня їх впровадження на підприємствах України, визначення основних проблем, пов'язаних із

утилізацією гумових відходів в Україні, та обґрунтування оптимальних напрямків поводження з гумовими відходами.

Аналіз досліджень та публікацій. Для утилізації відходів гуми важливим є процес вулканізації, тому гумові відходи класифікуються на два види – гумові невулканізовані відходи і гумові вулканізовані відходи (гумотканні та гумометалеві відходи, шини) [3, 4]. Оскільки основним компонентом гуми є каучук, то його вміст у гумових невулканізованих відходах може досягати 90%, а у гумових вулканізованих відходах – 50%. Тому невулканізовані гумові відходи можуть бути поверненні назад у виробничий процес без значної їх обробки. Як правило, до 60% таких відходів використовують у виробництві товарів широкого вжитку. Що стосується вулканізованих гумових відходів, то їх використовують не більше 30%.

Оскільки відходи мають різний каучук та різні наповнювачі, що впливає на подальшу їх утилізацію, і тому необхідно розділяти відходи за їх видами. В той же час залишається низький рівень утилізації відходів [2, 5, 6]. Саме з цими відходами щорічно втрачаються мільйони тон каучуку.

Найбільш поширеним видом гумових відходів є шини, які утилізують на шиноремонтних заводах. Проте значний обсяг даних відходів від звичайних мешканців так і залишається неутілізованими [7]. Термін розкладання шин понад 120 років, а хімічні їх компоненти є небезпечними для природних об'єктів.

Виклад основного матеріалу. Основною фізичною властивістю вулканізованих гумових відходів є їх еластичність, що ускладнює процес їх подрібнення. Тому для утилізації гумових відходів використовують фізичні та фізико-хімічні методи [3]. До фізичних методів відноситься різні способи подрібнення, спалювання та піроліз. До фізико-хімічних методів – регенерація, озонне руйнування. Саме на цих методах розробляються різні способи утилізації відходів, кожний з яких має свої переваги та недоліки.

Фізичні методи утилізації гумових відходів. До фізико-механічних методів належить різні методи подрібнення гуми: кріогенне та механічне подрібнення, бародеструкція, а до термічних методів належать – спалювання та піроліз.

Подрібнення – основний напрямок утилізації гумових відходів, який дозволяє зберегти фізико-технічні властивості гуми і не приводить до забруднення атмосферного повітря. Проте механічне подрібнення та бародеструкція приводить до інтенсивного зносу механічних деталей подрібнювачів, а кріогенне подрібнення вимагає використання холодагенту (як правило, це рідкий азот), що збільшує собівартість продукту [3, 4, 8, 9]. Також метод кріогенного подрібнення дозволяє відокремлювати металевий корд в одну стадію. Продуктом подрібнення є гумова крихта різного розміру та гумовий порошок.

Теплотворна здатність гуми становить 32-34 ГДж/кг, що дозволяє спалювати гумові відходи з метою отримання енергії [4]. Проте під час спалювання утворюються небезпечні канцерогенні органічні речовини, що вимагає додаткового очищення викидів.

Процес піролізу може проводитись у трьох температурних режимах: 400-500°C, 600-800°C і 900-1200°C. На кожному з цих етапів можна одержати готову продукцію або сировину для інших галузей промисловості (відповідно) [4, 9]: гумове масло, яке можна використовувати як пом'якшувач та як добавка до гумових сумішей; паливо (рідкі вуглеводні) і твердий осад (вуглецевий залишок), який можна використовувати в якості сажі в гумовотехнічному виробництві; сажа, шинний кокс з високою адсорбційною здатністю і горючий газ.

Як і всі методи, кожний з фізичних методів має свої як переваги, так і недоліки (табл.).

Фізико-хімічні методи утилізації гумових відходів. Фізико-хімічні методи можуть бути застосовані як для отримання регенерату, так і для подрібнення гумових відходів.

Регенерат отримують з гумової крихти. Завдяки своїм властивостям регенерат дозволяє замінити частину каучуку в гумовій суміші, покращуючи фізико-технічні характеристики гуми. Введення регенерату в суміш дозволяє також знизити енерговитрати на виробництво гумотехнічних виробів. Отже використання регенерату зменшує собівартість готової продукції. До основних методів регенерації належать паровий, який є найменш поширеним, водонейтральний і термомеханічний, який дозволяє отримати найбільш якісний регенерат (див. табл.).

Новий метод подрібнення – озонне руйнування – розроблено у Харківському фізико-технічному інституті. Озонне руйнування використовується для подрібнення вулканізованої гуми в озоновмісному середовищі, що дозволяє отримувати високоякісну гумову крихту [11]. Даний метод також дозволяє відокремлювати металевий та тканинний корд в одну стадію.

Таблиця 1

SWOT-аналіз фізичних та фізико-хімічних методів утилізації гумових відходів

Назва методу	Переваги	Недоліки
Фізичні методи		
Подрібнення (в цілому)	Широкий спектр використання гумової крихти	Складність подрібнення вулканізованих гумових відходів
Кріогенне подрібнення	Отримання чистої крихти . Отримання гумового порошку тонкого помелу до 100–150 мкм. Зниження енерговитрат в 1,5–2 рази порівняно з механічним подрібненням.	Висока вартість холодоагенту. Складні системи охолодження. Рекуперація відпрацьованого озону. Обмеження сфери використання крихти через її гладку поверхню.
Механічне подрібнення	Зберігається активна поверхня гумового порошку. Можлива переробка шин з металевим кордом і текстильним, а також комбінованих шин. Низький рівень енерговитрат.	Абразивний знос механічних деталей подрібнювачів. Низька продуктивність. Висока собівартість гумової крихти.
Бародеструкція	Компактність обладнання. Невисока енергоємність.	Подрібнення металокорду приводить частого зношення механічних деталей подрібнювачів.
Спалювання	Низька вартість отримання енергії	Значне забруднення атмосферного повітря, що вимагає додаткової очистки
Піроліз	Одержання гумового масла, паливо та сажі	Необхідність додаткового очищення одержаних в процесі утилізації продуктів перед їх використанням
Високотемпературний піроліз	Одержання сажі, шинного коксу з високою адсорбційною здатністю, горючого газу	Температура до 1200°C
Фізико-хімічні методи		
Паровий метод регенерації гуми	Температура процесу девулканізації до 185°C	Подача пару під тиском 1 МПа. Отримання неоднорідного за пластичністю регенерату через відсутність перемішування девулканізованої маси
Термомеханічний метод регенерації гуми	Регенерат характеризується більшою однорідністю та пластичністю	Температура процесу девулканізації до 210°C.
Водонейтральний метод регенерації гуми	Температура процесу девулканізації до 185°C. Час девулканізації можна зменшити до 5 годин Безперервне перемішування сприяє кращому набряканню гуми. Використання смол хвойної деревини сприяє руйнуванню залишків текстильних волокон	Необхідність використання води у значних об'ємах, яку необхідно відокремлювати та очищати після процесу девулканізації
Озонне руйнування	Висока якість гумової крихти. Простота технічного відокремлення гуми від інших матеріалів	Зміна властивостей гумової крихти через її окиснення.

Проблема утилізації гумових відходів, які втратили свої споживчі властивості. Особливо актуальним дане питання є для гумових відходів у складі ТПВ, медичних відходів, спортивних виробів, які втратили свої властивості, гумових комплектуючих різноманітної техніки. Всі ці види відходів потрапляють на полігони побутових відходів.

Останнім часом спостерігається урізноманітнення складових ТПВ. Тому все більш актуальним стає запровадження роздільного збирання ТПВ шляхом створення стаціонарних та пересувних пунктів приймання/закупівлі відходів як вторинної сировини [12].

Не менш актуальним стає інформаційне та логістичне забезпечення сфери управління відходами.

Висновки. Проведений аналіз існуючих методів утилізації гумових відходів свідчить про необхідність обґрунтованого підходу до їх вибору, базуючись на еколого-економічній ефективності. Важливим є врахування не тільки виду гуми у складі гумових відходів, що буде обмежувати групу методів утилізації, а також врахування рівня негативного впливу на атмосферне повітря. Не менш важливим є економічність самого процесу утилізації відходів. Тому, до питання утилізації гумових відходів необхідно підходити окремо до кожного їх виду.

Роздільне збирання ТПВ можливо вирішити при розширенні мережі стаціонарних пунктів приймання/закупівлі відходів як вторинної сировини та організації пересувних пунктів, що дозволить значно зменшити обсяги нагромадження відходів на полігонах. Різноманітний склад побутових відходів вимагає організації інформаційного продукту про юридичні або фізичні, що займаються збиранням, транспортуванням, переробкою та утилізацією відходів. У свою чергу процес управління відходами має базуватись на принципах логістики.

Література

- 1 Речовини для виробництва гуми. URL: <https://www.systopt.com.ua/article-rechovyny-dlya-vyrobnyctva-gumy>
- 2 Національна доповідь про стан навколишнього природного середовища в Україні у 2018 році. URL: <https://mepr.gov.ua/news/35937.html>.
- 3 Классификация резиновых отходов и способов их переработки. URL: <https://msd.com.ua/pererabotka-otxodov-proizvodstva/klassifikaciya-rezinovykh-otxodov-i-sposobov-ix-pererabotki/>.
- 4 Гумово-технічні вироби. URL: <http://olnova.com.ua/gumovo-tehnichni-virobi/>.
- 5 Мельниченко Г. М., Миленка М. М., Різничук Н. І., Цап'юк Л. М. Структура утворення та стан поводження з відходами в Івано-Франківській області (інформаційно-аналітичний огляд). *Екологічні науки*. Київ, 2020. № 2(29). Т. 1. С. 170-174.
- 6 M. Karpash, A. Voronych, T. Yatsysyn, M. Orfanova. Analysis of the system of municipal solid waste management Ivano-Frankivsk region (Ukraine). *Scientific Bulletin of North University Center of Baia Mare*. 2020. Series D. Volume XXXIII No/2. P.39-48.
- 7 Сербінова Л. А. Дослідження проблем поводження з відходами зношених автомобільних шин в Україні. *Проблем охорони праці в Україні*. 2019. № 35(1). С. 15-19.
- 8 Ali Fazli, Denis Rodrigue. Waste Rubber Recycling: A Review on the Evolution and Properties of Thermoplastic Elastomers. *Materials*. 2020. 13(3)/ 782. DOI:10.3390/ma13030782. URL: <https://www.mdpi.com/1996-1944/13/3/782/html>
- 9 Долинская Р. М., Прокопчук Н. Р. Рециклинг отходов резинотехнических изделий (обзор). *Полимерные материалы и технологии*. 2020. Т.6. № 1. С. 6-24. DOI: 10.32864/poimmattech-2020-6-1-6-24.
- 10 Junqing Xu, Jiaxue Y, Jianglin X., Chenliang Suna, Wenzhi Hea, Juwen Huanga, Guangming Li. High-value utilization of waste tires: A review with focus on modified carbon black from pyrolysis. *Science of The Total Environment*. 2020. Volume. 742. URL: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.140235>.
- 11 Переробка вторинних матеріалів.
- 12 URL: http://streamozone.com.ua/media_publications_secondary_materials_ua.html.
- 13 Орфанова М. М., Яцишин Т. М. Удосконалення системи сортування ТПВ як шлях до підвищення їх ресурсного потенціалу. *Поводження з відходами в Україні: законодавство, економіка, технології* : матеріали Національного форуму, 8–10 жовтня 2020 р. Івано-Франківськ : Центр екологічної освіти та інформації, 2020. С. 99 -101.

M. Orfanova, T. Yatsyshyn,

T. Bondarchuk

*Ivano-Frankivsk National Technical
University of Oil and Gas*

ANALYSIS OF RUBBER WASTE DISPOSAL DIRECTIONS

Rubber products are widely used in all sectors of the economy. Unvulcanized and vulcanized rubber waste is generated during production. Part of the waste is returned to the production process for the production of consumer goods. During operation, rubber products lose their consumer properties and become waste. Natural and synthetic rubber and various additives are used for the production of rubber products. This requires optimization of rubber waste disposal methods. The analysis of rubber waste disposal directions has showed that it is necessary to take into account the rubber content and the presence of various additives when justifying their disposal direction. It has been established that tires are the most popular waste. These wastes are disposed in Ukraine. At the same time, the level of their disposal remains low. The problem of disposal of non-industrial rubber waste is complicated by the lack of an effective system of separate waste collection. This is due to the lack of appropriate regulatory and legal framework, practical mechanisms for the implementation of separate waste collection in different types of settlements.

The methods of rubber waste disposal are analyzed. Their advantages and disadvantages are identified. The state of rubber waste disposal in Ukraine is analyzed and the key problems are identified.

Studies results indicate a problem of collecting rubber products that have lost their consumer properties. This is due to the lack of effective mechanisms for separate waste collection. The organization of stationary waste collection points in urban settlements and mobile points in large cities and rural settlements is proposed.

Key words: rubber waste; disposal methods; rubber; regenerate; tires; waste management.

References

- 1 Rechovyny dla vyrobnytstva humy. URL: <https://www.systopt.com.ua/article-rechovyny-dlya-vyrobnytstva-gumy>
- 2 Natsionalna dopovid pro stan navkolyshnioho pryrodnoho seredovyshcha v Ukraini u 2018 rotsi. URL: <https://mepr.gov.ua/news/35937.html>.
- 3 Klassifikatsiya rezinovyih othodov i sposobov ih pererabotki. URL: <https://msd.com.ua/pererabotka-otxodov-proizvodstva/klassifikaciya-rezinovykh-otxodov-i-sposobov-ix-pererabotki/>.
- 4 Humovo-tehnikhni vyroby. URL: <http://olnova.com.ua/gumovo-tehnikhni-virobi/>.
- 5 Melnychenko H. M., Mylenka M. M., Riznychuk N. I., Tsapiuk L. M. Struktura utvorennia ta stan povodzhennia z vidkhodamy v Ivano-Frankivskii oblasti (informatsiino-analitychnyi ohliad). *Ekolohichni nauky*. Kyiv, 2020. № 2(29). T. 1. С. 170-174.
- 6 M. Karpash, A. Voronych, T. Yatsyshyn, M. Orfanova. Analysis of the system of municipal solid waste management Ivano-Frankivsk region (Ukraine). *Scientific Bulletin of North University Center of Baia Mare*. 2020. Series D. Volume XXXIII No/2. P.39-48.
- 7 Serbinova L. A. Doslidzhennia problem povodzhennia z vidkhodamy znoshenykh avtomobilnykh shyn v Ukraini. *Problem okhorony pratsi v Ukraini*. 2019. № 35(1). С. 15-19.
- 8 Ali Fazli, Denis Rodrigue. Waste Rubber Recycling: A Review on the Evolution and Properties of Thermoplastic Elastomers. *Materials*. 2020. 13(3). 782. DOI:10.3390/ma13030782. URL: <https://www.mdpi.com/1996-1944/13/3/782/htm>
- 9 Dolinskaya R. M., Prokopchuk N. R. Retsikling othodov rezinotekhnicheskikh izdeliy (obzor). *Polimernyye materialy i tehnologii*. 2020. T.6. № 1. С. 6-24.
- 10 Junqing Xu, Jiaxue Y, Jianglin X., Chenliang Suna, Wenzhi Hea, Juwen Huang, Guangming Li. High-value utilization of waste tires: A review with focus on modified carbon black from pyrolysis. *Science of The Total Environment*. 2020. Volume. 742. URL: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.140235>.
- 11 Pererobka vtorynnykh materialiv.
- 12 URL: http://streamozone.com.ua/media_publications_secondary_materials_ua.html.

13 Orfanova M. M., Yatsyshyn T. M. Udoskonalennia systemy sortuvannia TPV yak shliakh do pidvyshchennia yikh resursnoho potentsialu. *Povodzhennia z vidkhodamy v Ukraini: zakonodavstvo, ekonomika, tekhnolohii* : materialy Natsionalnoho forumu, 8–10 zhovtnia 2020 r. Ivano-Frankivsk : Tsentr ekolohichnoi osvity ta informatsii, 2020. С. 99 -101.