

ОТРИМАННЯ АРОМАТИЧНИХ ВУГЛЕВОДНІВ – КОМПОНЕНТІВ АВТОМОБІЛЬНИХ БЕНЗИНІВ – ІЗ ВІДХОДІВ ПОЛІЕТИЛЕНТЕРЕФТАЛАТУ ЯК АЛЬТЕРНАТИВИ НАФТОВІЙ ТА КОКСОХІМІЧНІЙ СИРОВИНИ

© К.В. Шевченко¹, А.Б. Григоров²

Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут», 61002, м. Харків, вул. Курличова, 2, Україна

¹ Шевченко Кирило Володимирович, Ph.D. (техн. науки), докторант кафедри технологій переробки нафти, газу та твердого палива (ТПНГ та ТП), ORCID: 0000-0002-4819-4663, Scopus ID: 57221911422, e-mail: drekstar2007@gmail.com

² Григоров Андрій Борисович, докт. техн. наук, проф., проф. кафедри ТПНГ та ТП, ORCID: 0000-0001-5370-7016, Scopus ID: 55894206900, e-mail: grigorovandrey@ukr.net

Дослідження присвячено вирішенню проблеми розширення виробництва ароматичних вуглеводнів (бензол, толуол, ксилоли тощо), котрі мають стратегічне значення для вітчизняної економіки. Це має особливе значення з огляду на часткові втрати потужностей основних українських виробників зазначених речовин – нафтохімічної та коксохімічної галузей – в наслідок збройної агресії. В статті розглянуто перспективи переробки відходів поліетилентерефталату (ПЕТ-відходів) у компоненти автомобільних бензинів – ароматичні вуглеводні. На сьогоднішній день ПЕТ-відходи відносяться до числа наймасовіших полімерних відходів. ПЕТ-відходи утворюються на всіх стадіях життєвого циклу продуктів – від їх виробництва до споживання та утилізації. Такі відходи характеризуються високою стійкістю до біорозкладання, отже здатні спричинювати значний негативний вплив на навколишнє середовище. Разом з тим, ПЕТ-відходи, вступають джерелом цінної сировини для процесів хімічного рециклінгу, що, у свою чергу, дозволяє отримувати важливі для економіки продукти та одночасно вирішувати проблему накопичення небезпечних відходів. Запропонована в статті переробка ПЕТ-відходів передбачає їх гідроліз з отриманням в якості цільового продукту переробки – терефталевої кислоти, яку в подальшому за рахунок каталітичних декарбоксілювання та гідрогенлізу доцільно переробляти або на бензол, або на толуол та ксилоли. Для практичної реалізації зазначеної технології запропоновано технологічні схеми, що поєднують в собі підготовку сировини, безпосередню її переробку, регенерацію каталізатору та розділення продуктів. Проаналізовано важелі підвищення практичного виходу цільових продуктів та ефективність їх застосування в реаліях діючих нафтопереробних заводів. Наведено ключові точки інтеграції виробництва ароматичних вуглеводнів з терефталевої кислоти до виробництва автомобільних бензинів, які, у свою чергу, дозволяють підвищити гнучкість роботи нафтопереробних заводів (можливість балансувати нафтові й вторинні джерела ароматичних вуглеводнів), зменшити витрати на закупівлю нафтової сировини (часткова заміна на вторинну сировину), отримати додатковий прибуток від утилізації ПЕТ-відходів, підвищити якість товарного бензину за рахунок високої стійкості до детонації, зменшити вуглецевий слід виробництва бензину, тобто знизити частку викопної сировини, яка використовується у виробництві товарної продукції.

Ключові слова: автомобільний бензин; ПЕТ-відходи; переробка; ароматичні вуглеводні; компоненти бензину; присадки; антидетонаційні властивості; точки інтеграції

Автор для листування А.Б. Григоров, e-mail: grigorovandrey@ukr.net

Рукопис надійшов до редакції 18.02.2026

Прийнято до публікації 30.03.2026

Опубліковано 17.04.2026

Як цитувати:

1. Шевченко К.В. Отримання ароматичних вуглеводнів – компонентів автомобільних бензинів – із відходів поліетилентерефталату як альтернативи нафтовій та коксохімічній сировині / К.В. Шевченко, А.Б. Григоров // Вуглекімічний журнал. – 2026. – № 1. – С. 32-44. <https://doi.org/10.31081/1681-309X-2026-0-1-32-44>

2. Shevchenko, K. V., & Hryhorov, A. B. (2026). Otrymannia aromatychnykh vuhlevodniv – komponentiv avtomobilnykh benzyniv – iz vidkhodiv polietylentereftalatu yak alternatyvy naftovii ta koksokhimichnii syrovyni. *Vuhlekhimichniy Zhurnal*, (1), 32–44. <https://doi.org/10.31081/1681-309X-2026-0-1-32-44>

Як отримати повний текст статті:

- протягом 2-х років від дати опублікування – за запитом на e-mail: post@ukhin.org.ua

- після 2-х років від дати опублікування – вільний доступ у базі даних «Наукова періодика України» НБУ ім.

Вернадського за посиланням:

[http://www.irbis-nbuv.gov.ua/cgi-](http://www.irbis-nbuv.gov.ua/cgi-bin/irbis_nbuv/cgiirbis_64.exe?Z21ID=&I21DBN=URN&P21DBN=URN&S21STN=1&S21REF=10&S21FMT=jam_all&C21COM=S&S21CNR=20&S21P01=0&S21P02=0&S21P03=0&S21COLORTERMS=0&S21STR=ukhj)

[bin/irbis_nbuv/cgiirbis_64.exe?Z21ID=&I21DBN=URN&P21DBN=URN&S21STN=1&S21REF=10&S21FMT=jam_all&C21COM=S&S21CNR=20&S21P01=0&S21P02=0&S21P03=0&S21COLORTERMS=0&S21STR=ukhj](http://www.irbis-nbuv.gov.ua/cgi-bin/irbis_nbuv/cgiirbis_64.exe?Z21ID=&I21DBN=URN&P21DBN=URN&S21STN=1&S21REF=10&S21FMT=jam_all&C21COM=S&S21CNR=20&S21P01=0&S21P02=0&S21P03=0&S21COLORTERMS=0&S21STR=ukhj)

Бібліографічний список

1. Elehinafe, F. B. (2021). Waste polyethylene terephthalate packaging materials in developing countries – Sources, adverse effects, and management. *Journal of Ecological Engineering*, 22(1), 135–142. <https://doi.org/10.12912/27197050/132222>
2. Alaraby, M., Abass, D., Velázquez, A., et al. (2025). Occurrence, analysis, and toxicity of polyethylene terephthalate microplastics: A review. *Environmental Chemistry Letters*, 23, 1025–1059. <https://doi.org/10.1007/s10311-025-01841-8>
3. Andreasi Bassi, S., Tonini, D., Saveyn, H., & Astrup, T. F. (2022). Environmental and socioeconomic impacts of poly(ethylene terephthalate) (PET) packaging management strategies in the EU. *Environmental Science & Technology*, 56(1), 501–511. <https://doi.org/10.1021/acs.est.1c00761>
4. Jovanovic, A., Бугарчић, М., Petrović, M., & Pejić, J. (2025). The global market of PET production: From origins to recycling. *Metallurgical and Materials Data*, 2(4), 113–118. <https://doi.org/10.30544/MMD46>
5. Duan, C., Wang, Z., Zhou, B., & Yao, X. (2024). Global polyethylene terephthalate (PET) plastic supply chain resource metabolism efficiency and carbon emissions co-reduction strategies. *Sustainability*, 16(10), 3926. <https://doi.org/10.3390/su16103926>
6. Avasthi, K., Bohre, A., Teržan, J., Jerman, I., Kovač, J., & Likozar, B. (2021). Single step production of styrene from benzene by alkenylation over palladium-anchored thermal defect rich graphitic carbon nitride catalyst. *Molecular Catalysis*, 514, 111844. <https://doi.org/10.1016/j.mcat.2021.111844>
7. Fadzil, N. A. M., Rahim, M. H. A., & Maniam, G. P. (2014). A brief review of para-xylene oxidation to terephthalic acid as a model of primary C–H bond activation. *Chinese Journal of Catalysis*, 35(10), 1641–1652. [https://doi.org/10.1016/S1872-2067\(14\)60193-5](https://doi.org/10.1016/S1872-2067(14)60193-5)
8. Lashkar, V. T., Minhas, G., Fisher, G., et al. (2023). Production of greener styrene-butadiene rubber (SBR) composites through partial substitution of carbon black with bi-modal cellulose fibers. *Cellulose*, 30, 9485–9499. <https://doi.org/10.1007/s10570-023-05463-7>
9. Mohanty, S., & Gupta, V. K. (2023). Polybutadiene rubber. In *Kirk-Othmer Encyclopedia of Chemical Technology* (pp. 1–20). <https://doi.org/10.1002/0471238961.1615122508011201.a01.pub2>
10. Berdnikova, P., Zhizhina, E. G., & Pai, Z. P. (2021). Phenol-formaldehyde resins: Properties, fields of application, and methods of synthesis. *Catalysis in Industry*, 13(2), 119–124. <https://doi.org/10.1134/S2070050421020033>
11. Demirpolat, A. B., & Aydoğmuş, E. (2023). Development of composite materials from phenol formaldehyde resins and evaluation of their uses. *International Journal of Advanced Natural Sciences and Engineering Researches*, 7, 158–162. <https://doi.org/10.59287/ijanser.2023.7.4.643>
12. Alegbe, E. O., & Uthman, T. (2024). A review of history, properties, classification, applications and challenges of natural and synthetic dyes. *Heliyon*, 10(13), e33646. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2024.e33646>
13. Wang, F., Wang, L., Cai, X., & Sun, Y. (2012). Synthesis of branched azo dyes based on benzene sulphonamide intermediates and their spectral properties. *Review of Progress in Coloration and Related Topics*, 128(6), 425–433. <https://doi.org/10.1111/j.1478-4408.2012.00395.x>
14. Trotsenko, O., Grigorov, A., Nazarov, V., & Nahliuk, M. (2022). Modern trends in the use of additives in fuel and oil materials (overview). *Petroleum and Coal*, 64(3), 714–724. https://www.vurup.sk/wp-content/uploads/2022/10/PC-X_Trotsenko_206.pdf
15. Kabatc, J., Jurek, K., Czech, Z., & Kowalczyk, A. (2015). Xylene-1,4-bis(4-(p-pyrrolidinostyryl) benzothiazolium borate salt as new functional dye. *Dyes and Pigments*, 114, 144–145. <https://doi.org/10.1016/j.dyepig.2014.10.023>
16. Turaev, K. K., & Nabiev, D. A. (2023). New pigments based on terephthalic acid: Synthesis and properties. *Multidisciplinary Journal of Science and Technology*, 3(1), 134–238. <https://mjstjournal.com/index.php/mjst/article/view/81>
17. Doğan, M. S., & Celik, H. (2023). Organic compounds containing aromatic structure used in pharmaceutical production. *Journal of Biochemical Technology*, 14(2), 102–111. <https://doi.org/10.51847/1wwwXbfdou>
18. Matys, Z., Powała, D., & Orzechowski, A. (2016). Badania nad zastąpieniem toluenu onitrotoluenem w przemysłowej metodzie otrzymywania trotylu. *CHEMIK*, 70(3), 158–160. <https://yadda.icm.edu.pl/baztech/element/bwmeta1.element.baztech-1ce31a5a-2246-4357-9110-2d092c4655f4>
19. Kobrakov, K. I., Kuznetsov, D., Ruchkina, A. G., & Sharpar, N. M. (2019). Synthesis and properties of azo compounds based on nitroanilines - 2,4,6-trinitrotoluene derivatives and 1,3,5-trinitrobenzene. *Chemical Engineering*, 20(10), 440–444. <https://doi.org/10.31044/1684-5811-2019-20-10-440-444>
20. Cruz, S. L., Rivera-García, M. T., & Woodward, J. J. (2014). Review of toluene action: Clinical evidence, animal studies and molecular targets. *Journal of Drug and Alcohol Research*, 3, 235840. <https://doi.org/10.4303/jdar/235840>
21. Kandyala, R., Raghavendra, S. P. C., & Rajasekharan, S. T. (2010). Xylene: An overview of its health hazards and preventive measures. *Journal of Oral and Maxillofacial Pathology*, 14(1), 1–5. <https://doi.org/10.4103/0973-029X.64299>

22. Yang, J., Roth, P., Durbin, T., & Karavalakis, G. (2019). Impacts of gasoline aromatic and ethanol levels on the emissions from GDI vehicles: Part 1. Influence on regulated and gaseous toxic pollutants. *Fuel*, 252, 799–811. <https://doi.org/10.1016/j.fuel.2019.04.143>
23. Jin, H., Yuan, W., Li, W., Yang, J., Zhou, Z., Zhao, L., Li, Y., & Qi, F. (2023). Combustion chemistry of aromatic hydrocarbons. *Progress in Energy and Combustion Science*, 96, 101076. <https://doi.org/10.1016/j.pecs.2023.101076>
24. Mamytov, K. Z., Beisenbayev, O. K., Shvets, V. F., & Syrmanova, K. K. (2012). The multifunctional automobile gasoline additive on the basis of amino-aromatic hydrocarbons and oxygen-containing compounds. *Eurasian ChemTech Journal*, 14, 249–252. <https://doi.org/10.18321/ectj121>
25. Slear, W., Testa, A., Reasons, K., Guirguis, P., Savage, P. E., & Pester, C. W. (2024). Fast hydrolysis for chemical recycling of polyethylene terephthalate (PET). *RSC Sustainability*, 2, 1508–1514. <https://doi.org/10.1039/D4SU00034J>
26. Ma, S. M., Pereira, P., Pester, C. W., Savage, P. E., Bakshi, B. R., & Lin, L.-C. (2025). Understanding PET hydrolysis via reactive molecular dynamics simulation and experimental investigation. *Journal of Physical Chemistry B*, 129(26), 6594–6603. <https://doi.org/10.1021/acs.jpcc.5c03080>
27. Zhou, W., Xin, H., Yang, H., Du, X., Yang, R., Li, D., & Hu, C. (2018). The deoxygenation pathways of palmitic acid into hydrocarbons on silica-supported Ni12P5 and Ni2P catalysts. *Catalysts*, 8(4), 153. <https://doi.org/10.3390/catal8040153>
28. Valle, E., Duyar, M. S., Snider, J. L., Regli, S. K., Ronning, M., Gallo, A., & Jaramillo, T. F. (2022). In situ studies of the formation of MoP catalysts and their structure under reaction conditions for higher alcohol synthesis: The role of promoters and mesoporous supports. *Physical Chemistry C*, 126(12), 5575–5583. <https://doi.org/10.1021/acs.jpcc.2c00837>
29. Garcia de Castro, R., Devers, E., Digne, M., Lamic-Humblot, A.-F., Pirngruber, G. D., & Carrier, X. (2021). Surface-dependent activity of model CoMoS hydrotreating catalysts. *Journal of Catalysis*, 403, 16–31. <https://doi.org/10.1016/j.jcat.2021.01.026>
30. Solanki, B. S., & Rode, C. V. (2019). Selective hydrogenolysis of 5-(hydroxymethyl)furfural over Pd/C catalyst to 2,5-dimethylfuran. *Journal of Saudi Chemical Society*, 23(4), 439–451. <https://doi.org/10.1016/j.jscs.2018.08.009>
31. Tanco, M., Viles, E., Ilzarbe, L., & Alvarez, M. J. (2009). Implementation of design of experiments projects in industry. *Applied Stochastic Models in Business and Industry*, 25(4), 478–505. <https://doi.org/10.1002/asmb.779>
32. Yao, C., Hou, Y., Ren, S., Wu, W., & Liu, H. (2019). Selective extraction of aromatics from aliphatics using dicationic ionic liquid-solvent composite extractants. *Journal of Molecular Liquids*, 291, 111267. <https://doi.org/10.1016/j.molliq.2019.111267>
33. Albright, L. F. (2003). Alkylation of isobutane with C3–C5 olefins to produce high-quality gasolines: Physicochemical sequence of events. *Industrial & Engineering Chemistry Research*, 42(19), 4283–4289. <https://doi.org/10.1021/ie0303294>
34. Subtelnyy, R. O., Zhuravskiy, Y. V., & Dzinyak, B. O. (2023). Suspension oligomerization of C9 hydrocarbon fraction initiated by aliphatic n-substituted aminoperoxides. *Voprosy Khimii i Khimicheskoi Tekhnologii*, 4, 105–112. <https://doi.org/10.32434/0321-4095-2023-149-4-105-112>