

служби обладнання, зменшити знос та витрати на ремонт. Локальне виробництво таких паст в Україні може бути вигідним завдяки високому попиту з боку промисловості. В свою чергу, зменшенню витрат, підвищенню екологічності нафтопереробної та коксохімічної промисловості буде сприятиме використання в якості основних компонентів при виробництві шліфувально-полірувальних паст альтернативної сировини – відходів і вторинних продуктів означених виробництв. Але, з огляду на те, що кам'яновугільна смола та отримані з неї продукти, належать до II класу небезпеки (високонебезпечні речовини), отримані на їх основі ШПП можна використовувати виключно для автоматизованого шліфування. В таких процесах використовуються промислові роботи із шліфувальними насадками.

### Бібліографічний список

1. Zhong Z.W. Advanced polishing, grinding and finishing processes for various manufacturing applications: a review / Z.W. Zhong // *Materials and Manufacturing Processes*. – 2020. – 35(2). – pp. 1-25.
2. Bahman Azarhoushang. Tribology and Fundamentals of Abrasive Machining Processes / Bahman Azarhoushang, Ioan D. Marinescu, W. Brian Rowe, Boris Dimitrov, Hitoshi Ohmori. Elsevier Inc., 2022. – 743p.

### Grinding and polishing pastes from waste and secondary products of oil refining and coke chemical enterprises

O.M. Borysenko, postgraduate, (NTU "KhPI")

I.V. Sinkevich, candidate of technical sciences, professor, (NTU "KhPI")

*The areas of use of grinding and polishing pastes in the implementation of the technological process at oil refining and coke chemical enterprises are considered. In order to reduce production costs and minimize the negative impact on the environment, it is proposed to use waste and secondary products generated at oil refining and coke chemical enterprises of Ukraine as the main components of grinding and polishing pastes.*

**Key words:** grinding and polishing pastes, oil refinery, coke chemical production, components, waste, secondary products.

УДК 621:311(057.8)

## ВИКОРИСТАННЯ ВІДХОДІВ НАФТОПЕРЕРОБНОЇ ПРОМИСЛОВОСТІ У ВИРОБНИЦТВІ ПАЛИВНО-МАСТИЛЬНИХ ТА БУДІВЕЛЬНИХ МАТЕРІАЛІВ

Д. О. Катунін<sup>1</sup>, Д. О. Гордієнко<sup>2</sup>, А. Б. Григоров<sup>3</sup>

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

<sup>1</sup>Катунін Денис Олександрович, студент кафедри ТПНГтаТП, e-mail: [katunindenis26@gmail.com](mailto:katunindenis26@gmail.com)

<sup>2</sup>Гордієнко Денис Олександрович, студент кафедри ТПНГтаТП, e-mail: [gordienkod222@gmail.com](mailto:gordienkod222@gmail.com)

<sup>3</sup>Григоров Андрій Борисович, докт., тех., наук, проф. кафедри ТПНГтаТП, e-mail: [grigorovandrey@ukr.net](mailto:grigorovandrey@ukr.net)

Розглянуто номенклатуру, джерела утворення та методи утилізації основних відходів, які утворюються під час переробки нафти. Запропоновано використання утворених відходів в процесі виробництва різних видів палива, змащувальних та будівельних матеріалів. Розглянуто перспективність запропонованих рішень.

**Ключові слова:** відходи, джерела утворення, клас небезпеки, переробка, нафтопродукти, будівельні матеріали, екологічне навантаження, енергетична ефективність

Нафтопереробна промисловість відноситься до стратегічних галузей промисловості України, яка відіграє основну роль в забезпеченні країни енергетичними ресурсами (моторні, технологічні та котельні палива; змащувальні оливи та мастила) та будівельними (бітумами, захисними покриттями, гідроізоляційними матеріалами) ресурсами. Разом з тим, вона безперервно продукує широкий спектр відходів, які, з огляду на їх шкідливий вплив на здоров'я людини та навколишнє середовище, необхідно утилізувати [1]. Залучення відходів в якості сировини для виробництва, в свою чергу, сприяє зменшенню залежності від первинної сировини, що особливо актуально для України в сучасних геополітичних умовах.

Номенклатура основних відходів, що утворюються під час процесу переробки нафти, джерела їх виникнення та клас небезпеки, представлені у табл. 1.

Таблиця 1

Номенклатура відходів нафтопереробки

№	Найменування відходу	Джерела утворення	Клас небезпеки
1.	Кислий гудрон	Контактна очистка змащувальних олив	I (надзвичайно небезпечний)
2.	Нафтовий шлам	Резервуарний парк, відстійники	II-III (від високо до помірно небезпечний)
3.	Вуглеводневі гази та пари нафтопродуктів	Технологічне обладнання (установки первинної та вторинної переробки)	III (помірно небезпечні)
4.	Каталізаторний пил, шлами		I-II (від надзвичайно до високо небезпечний)
5.	Відпрацьовані нафтопродукти	Автомобільний транспорт, механізми	III-IV (помірно та мало небезпечні)
6.	Димові гази	Установки з отримання теплової енергії	I-III (від надзвичайно до помірно небезпечних)
7.	Стічні води	Резервуари, установки знесолення та зневоднення	
8.	Проливи нафтопродуктів	Операції з перекачування, технологічне обладнання	III-IV (помірно та мало небезпечні)

*Кислий гудрон* відноситься до числа вкрай небезпечних промислових відходів (I-II клас небезпеки), який в своєму складі містить 10-60 % вільної сірчаної кислоти, 30-70 % вуглеводнів, до 20 % води, важкі метали, феноли [2]. Внаслідок значного вмісту вуглеводнів кислий гудрон після нейтралізації кислоти та промивання використовують для отримання теплової енергії (спалювання); у виробництві котельних палив (крекінг; компаундування), бітумів (окиснення; концентрування; компаундування), будівельних матеріалів (термокомпаундування з полімерами, різними наповнювачами, барвниками тощо). В Україні накопичено десятки тисяч тон кислого гудрону, зокрема на території старих нафтопереробних заводів, що дає змогу розглядати цей відход в якості промислової сировини для виробництва паливно-мастильних матеріалів.

*Нафтовий шлам* відноситься до наймасовіших відходів, який утворюється практично на всіх стадіях виробництва нафтопродуктів [3]. Він на 20-70 % складається з вуглеводневої частини (алканів, олефінів, поліциклічних ароматичних вуглеводнів (бенз(а)пірену, фенантрена, антрацену), смолисто-асфальтенових речовин), також може містити 20-80 % води та 5-50 % механічних домішок (частинки ґрунту, піску, глини, оксиди металів (Fe, Al, Ca, Mg) та солі (NaCl, CaCl, MgCl тощо). Нафтовий шлам після очищення від води та механічних домішок доцільно використовувати як сировину для виробництва моторних, технологічних та котельних палив (додавання вуглеводневої частини шламу до нафти, що надходить на переробку), а також змащувальних олів (очищення від парафінів та смолисто-асфальтенових речовин) та пластичних мастил (термодиспергація полімерів та наповнювачів). В цілому ж, його можна використовувати для виробництва тих самих продуктів, що і кислий гудрон.

*Вуглеводневі гази та пари нафтопродуктів* відносяться до летючих речовин, що утворюються при випаровуванні чи розкладі рідких нафтопродуктів. Вуглеводневі гази, як правило, є сумішшю вуглеводнів, які включають як легкі ( $C_2H_6$ ,  $C_3H_8$ ,  $C_4H_{10}$ ), так і більш важкі ( $C_5H_{12}$ ,  $C_6H_{14}$ ,  $C_6H_{12}$ ,  $C_6H_6$  тощо) компоненти. Їх, як правило, використовують для отримання теплової енергії (спалювання), зрідженого моторного палива або як сировину для нафтохімічного синтезу.

*Каталізаторний пил, шлами* утворюються при каталітичних процесах переробки вуглеводнів (каталітичний крекінг, риформінг, гідроочищення). Вони утворюються в наслідок механічного руйнування каталізаторів та складаються з оксидів металів (Ni, V, Co, Mo, Fe, Al тощо), смолистих речовин (органічні компоненти, що осідають на поверхні каталізаторів), поліциклічних ароматичних вуглеводнів [4]. Каталізаторні шлами додатково можуть містити різні високомолекулярні вуглеводні. Каталізаторний пил та шлам може бути перероблений для відновлення активних компонентів, таких як Ni або V, для подальшого використання в нових каталітичних процесах переробки вуглеводневої сировини. Іншим напрямком використання каталізаторного пилу, шламу може бути його залучення для створення інертних матеріалів,

наприклад, для будівництва доріг або в якості добавок до композиційних матеріалів.

*Відпрацьовані нафтопродукти* представлені відпрацьованими змащувальними рідкими оливами та пластичними мастилами. З огляду на вміст забруднень (води та механічних домішок) та технології їх видалення (відстоювання, фільтрація та центрифугування) [5] можна вважати найперспективнішою сировиною для виробництва моторних, технологічних та котельних палив (термічний крекінг при 400-450 °С при атмосферному або підвищеному тиску); змащувальних олив (регенерація) та пластичних мастил (термодиспергація полімерів, парафінів, наповнювачів; загушення металевими милами); виробництві доменного коксу та будівельних матеріалів (обмаслювальний компонент, пластифікатор); бітумів (концентрування під вакуумом, каталітичне окиснення).

*Димові гази* – це газоподібні викиди, що утворюються в результаті спалювання палива задля отримання теплової енергії, необхідної для виробництва нафтопродуктів або з метою опалення побутових приміщень. Вони складаються з різних хімічних сполук ( $\text{CO}$ ,  $\text{CO}_2$ ,  $\text{NO}_x$ ,  $\text{SO}_2$ ,  $\text{C}$ ,  $\text{CH}$ ,  $\text{CH}_2\text{O}$ ,  $\text{C}_{20}\text{H}_{12}$ ), які є шкідливими та небезпечними для здоров'я людини та навколишнього середовища [6]. Методами очищення димових газів виступають їх спалювання, фільтрація, адсорбційне та каталітичне очищення. При виробництві паливно-мастильних та будівельних матеріалів, досить часто використовується їх тепла енергія (температура 200-600 °С), яка спрямовується на виробництво електричної енергії, підігріву води та інших матеріальних потоків.

*Стічні води* утворюються в процесі очищення (відстоювання, центрифугування), промивки (видалення хлористих солей та водорозчинних кислот та лугів) нафти та виготовлення нафтопродуктів; охолодженні технологічного обладнання (вода, яка використовується для охолодження реакторів, теплообмінників та інших елементів виробничих процесів); очищенні димових газів (очищення від сірки, азотних оксидів та інших забруднювачів); скиданні в результаті аварій або витоків (при пошкодженні трубопроводів або технологічного обладнання); промивки обладнання (для очищення апаратів, трубопроводів, резервуарів та іншого обладнання). Стічні води нафтопереробних підприємств зазвичай містять: вуглеводневі сполуки (залишки розчинників, бензину, дизельного палива, мазуту, олив тощо); токсичні хімічні сполуки ( $\text{H}_2\text{SO}_4$ ,  $\text{H}_2\text{S}$ ); солі ( $\text{NaCl}$ ,  $\text{CaSO}_4$ ); луги ( $\text{NaOH}$ ,  $\text{KOH}$ ); важкі метали; зважені частки (пил, пігменти, інші тверді частки, що утворюються в процесах згорання або обробки) [7]. Серед методів очищення стічних вод нафтопереробних підприємств можна виділити наступні: аерація; флотація; хімічне осадження; біоремедіація (використання мікроорганізмів для розкладу нафтопродуктів і органічних речовин); активоване бродіння; ультрафільтрація та нанофільтрація (видалення дрібних часток та токсичних хімічних речовин); адсорбція (наприклад, використання активованого вугілля для поглинання нафтопродуктів і органічних сполук). Стічні води після очищення повертаються до технологічного процесу виробництва

нафтопродуктів, зменшуючи потребу в постійних водних ресурсах і мінімізуючи викиди забруднюючих речовин у гідросферу.

*Проливи нафтопродуктів* – це витoki або розливи нафти та нафтопродуктів на поверхню води, ґрунту або іншої території. Це серйозна проблема, яка може мати значний екологічний вплив на навколишнє середовище та здоров'я людини. Проливи нафтопродуктів виникають при технічних несправностях обладнання (пошкодження трубопроводів, резервуарів), аваріях, порушенні правил техніки безпеки, природних катастрофах (штормах, землетрусах, повенях). Для боротьби з проливами нафтопродуктів використовують спеціальні сорбенти, механічні методи, біоремедіацію, хімічні методи [8]. Тому важливо розробляти та впроваджувати ефективні системи для попередження витоків, а також швидко реагувати на виниклі ситуації для мінімізації негативних впливів, забезпечення екологічності та підвищення загальної культури виробництва нафтопродуктів.

Перспективи використання вторинної сировини у виробництві нафтопродуктів та будівельних матеріалів є дуже актуальними з точки зору енергетичної ефективності, екології та економіки. Використання вторинної сировини дозволяє зменшити залежність від первинних ресурсів, скоротити витрати на виробництво і мінімізувати негативний вплив на навколишнє середовище.

#### **Бібліографічний список**

1. Victor Olabode Otitolaiye. Impacts of petroleum refinery emissions on the health and safety of local residents / Victor Olabode Otitolaiye, Ghadeer Mubarak Al-Harethiya // *Journal of Air Pollution and Health*. – 2022. – 7(1). – pp. 69-80.
2. Sunday A. Leonard. Characterization of acid tars / Sunday A. Leonard, Julia A. Stegemann, Amitava Roy // *Journal of Hazardous Materials*. – 2010. – 175(1-3). – pp. 382-392.
3. Junjie Luo. Research progress on formation mechanism and re-utilization technologies of oil sludge / Junjie Luo, Ruiying Xiong, Jixiang Guo, XiaoJun Zhang, Li Wang, Xiangwei Chen, Jiao Li // *Process Safety and Environmental Protection*. – 2024. – 189. – pp. 275-287.
4. Michel Héry. Exposure to metallic catalyst dust: Manufacturing and handling of catalysts in the chemical industry / Michel Héry, J. M. Gerber, G. Hubert, G Hecht // *Annals of Occupational Hygiene*. – 1994. – 38(2). – pp. 119-35.
5. Ihsan Hamawand. Recycling of Waste Engine Oils Using a New Washing Agent / Ihsan Hamawand, Talal Yusaf, Sardasht Rafat // *Energies*. – 2013. – 6(3). – pp. 1023-1049.
6. Yan Yu A. Study on the Influence of Different Flue Gas Components on Supersaturated Environment Characteristics in a Multisection Growth Tube / Yan Yu, Shijie Gu, Chengwei Xu, Chao Fu, Meiling Hou, Tingting Nie, Yincui Hu // *Atmosphere*. – 2023. – 14(7). – 1129.
7. Hongliang Guo. Treatment of refinery wastewater: Current status and prospects / Hongliang Guo, Qing Qin, Mingzhe Hu, Jo-Shu Chang, Duu-Jong Lee // *Journal of Environmental Chemical Engineering*. – 2024. – 12(2). – 112508.

8. Ana Cláudia Souza Vidal de Negreiros. Oil spills characteristics, detection, and recovery methods: A systematic risk-based view / Ana Cláudia Souza Vidal de Negreiros, Isis Didier Lins, Caio Bezerra Souto Maior, Márcio José das Chagas Moura // Journal of Loss Prevention in the Process Industries. – 2022. – 80. – 104912.

### **Use of oil refining industry waste in the production of fuels, lubricants and building materials**

D.O. Katunin, student, (NTU "KhPI")

D.O. Gordienko, student, (NTU "KhPI")

A.B. Grigorov, doctor of technical sciences, professor, (NTU "KhPI")

*The nomenclature, sources of formation and methods of utilization of the main wastes formed during oil refining are considered. The use of the wastes formed in the production of various types of fuel, lubricants and construction materials is proposed. The prospects of the proposed solutions are considered.*

**Keywords:** waste, sources of generation, hazard class, processing, petroleum products, building materials, environmental impact, energy efficiency.

**УДК 665.3:620.197**

### **ANIMAL FATS AND VEGETABLE OILS – PROMISING RE-SOURCES FOR OBTAINING EFFECTIVE CORROSION INHIBITORS FOR OIL REFINERY EQUIPMENT**

Serhiy Pyshyev<sup>1</sup>, Oleksandr Romanchuk<sup>1</sup>, Petro Topilnytskyi<sup>1</sup>, Viktoriya Romanchuk<sup>1</sup>, Denis Miroshnichenko<sup>2</sup>, Yurii Rohovyi<sup>2</sup>, Hennadii Omelianchuk<sup>2</sup>, Yurii Parkhomov<sup>2</sup>

<sup>1</sup> The Department of Chemical Technology of Oil and Gas Processing, Lviv Polytechnic National University, 79013 Lviv, Ukraine; serhii.v.pyshiev@lpnu.ua (S.P.); oleksandr.o.romanchuk@lpnu.ua (O.R.); petro.i.topilnytskyi@lpnu.ua (P.T.); viktoriia.v.romanchuk@lpnu.ua (V.R.)

<sup>2</sup> The Department of Oil, Gas and Solid Fuel Refining Technologies, National Technical University «Kharkiv Polytechnic Institute,» 61002 Kharkiv, Ukraine; denys.miroshnichenko@khti.khpi.edu.ua (D.M.); yurii.rohovyi@ihti.khpi.edu.ua (Yu.R.); hennadii.omelianchuk@ihti.khpi.edu.ua (H.O.); yurii.parkhomov@ihti.khpi.edu.ua (Yu.P.)

*Abstract: The equipment of refineries and oil production facilities is subject to corrosion due to the supply of crude oils with a high content of mineralized water. The use of inhibitors is one of the most common corrosion protection methods. However, increasing requirements of environmental standards give impetus to developing new types of corrosion inhibitors from natural raw materials. The article deals with the synthesis conditions of new corrosion inhibitors (CIs) produced from distilled higher acids of beef fat (DHFAs) or vegetable oils (VO), as well as research on the protective effect of the synthesized corrosion inhibitors compared with industrial inhibitors (5 samples). The gravimetric method studied the protective effect in a solution of salts and jet fuel using a St20 steel plate. At 50 °C and a CIs content of 100 ppm, the protective effect of corrosion inhibitors based on VO and triethanolamine was 9.7-75.6%. Under similar conditions, CIs obtained from DHFAs and diaminoethyl exhibited a protective effect of 81.6-94.1 %. When DHFAs and diethanolamine were used to synthesize CIs, the protective effect was 93.0-95.6 %. CI synthesized at 130 °C and a DHFAs: diethanolamine ratio of 72: 28 showed a 99.2 % protective effect at 50 °C and a CI content of 200 ppm, which was higher or equal to the impact of using*