



*Н. І. Глібовицька, Л. В. Плаксії*

*Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу, м. Івано-Франківськ, Україна*

## ЕФЕКТИВНІСТЬ ПОГЛИНАННЯ НАФТИ СОРБЕНТАМИ ПРИРОДНОГО ТА ШТУЧНОГО ПОХОДЖЕННЯ

Розглянуто глобальну екологічну проблему контамінації нафтою водних ресурсів та методи боротьби з нею. Досліджено ефективність простих і доступних способів очищення забрудненої нафтою води. Виявлено економічну вигоду від застосування сорбуючого методу боротьби з проблемою порівняно з механічним та диспергуючим методами. Сорбуючий метод є найменш економічно затратний та дуже зручний у застосуванні, оскільки передбачає використання широкого спектра сорбентів нафти. Перспективність цього методу полягає у доступності деяких природних і штучних матеріалів, які можна використати як сорбенти нафти. Проаналізовано практичне значення, переваги та недоліки природних і штучних сорбентів нафти, які широко використовують у різних галузях промисловості та національного господарства. Виявлено максимальну поглинальну здатність бавовни як природного матеріалу, який швидко абсорбує компоненти нафти та не потребує використання додаткових ресурсів для боротьби з контамінацією води. З'ясовано, що природний абсорбент чорне вугілля малоефективне порівняно з іншими методами очищення води від нафти та потребує тривалого часу та додаткових уловлювачів забруднення, що є економічно не вигідно. Синтетичний полімер пінопласт і біле вугілля поглинають нафту за короткий час, однак в останньому випадку на поверхні води залишаються незначні плями. Виявлено, що не вся частина білого вугілля прореагувала з нафтовою масою, а випала в осад. Тому за ефективністю поглинання нафти природними та синтетичними матеріалами можна виділити такий ряд досліджених матеріалів: чорне вугілля → пінопласт → біле вугілля → бавовна.

**Ключові слова:** нафта; забруднення; водні ресурси; очищення; методи; сорбенти.

**Вступ.** Нафта є одним з основних і найнебезпечніших забруднювачів водних екосистем, що призводить до загибелі їх мешканців. Щороку у водні простори морів та океанів надходить понад 3 млн т нафти внаслідок аварій на бурових установках і платформах, магістральних газо- і нафтопроводах. Будівельні та технологічні дефекти та корозія трубопроводів призводять до прориву і руйнування обладнання з наступним аварійним витоком нафти (Plaksii, 2016; Tsubulnikova, 2015).

На поверхні води нафта може утворювати плівку, перебувати у формі розчинених або емульгованих у воді речовин, або осідати на дно водойми. Токсичний вплив компонентів нафти на водних мешканців призводить до їх загибелі та отруєння організмів, які знаходяться на вищих трофічних рівнях харчової піраміди. Ураження кровоносної, нервової систем людини спричиняють низькомолекулярні аліфатичні, нафтенові, ароматичні вуглеводні, а також важкі метали наявні у нафті (Kablov & Ioschenko, 2004; Pogharnitskaya, 2016; Vladimirov, 2014).

Найвищі рівні забруднення нафтопродуктами зафіксовано у Середземному та Балтійському морях, що становить, відповідно, 17 та 14 % від усього забруднення Світового океану. В Україні, де щороку у водні екосистеми потрапляє понад 0,5 млн т нафти, використовують таку градацію для визначення маси нафти на поверхні

води (табл. 1) (Maksymov et al., 2004).

**Табл. 1. Візуальні показники для визначення маси нафти на поверхні води**

Визначення маси нафти на 1 м <sup>2</sup> водної поверхні за зовнішнім виглядом нафтової плівки (середні дані)	Маса нафти на 1 м <sup>2</sup> водної пов., г
1 Чиста водна поверхня без ознак забарвлення за різноманітних умов освітлення	0
2 Відсутність плівки і плям, окремі райдужні смуги, які видно за найсприятливіших умов і спокійного стану водної поверхні	0,1
3 Окремі плями та сірі плівки сріблястого кольору на поверхні води, які видно за спокійного стану водної поверхні, поява перших ознак забарвлення	0,2
4 Плями і плівки з яскравими кольоровими смугами, які видно за незначного хвилювання	0,4
5 Нафта у вигляді плям і плівки, що покривають значні ділянки поверхні води, які не розриваються під час хвилювання	1,2
6 Поверхня води покрита суцільним шаром нафти, добре видно під час хвилювання, забарвлення темне, темно-коричневе	1,5

Найвищі концентрації нафти зафіксовано переважно у поверхневому, придонному шарах та у прибережній зоні. Основні складники нафти – вуглеводні різних класів – мають низьку розчинність у воді, що знижується зі збільшенням довжини карбонового ланцюга у їх молекулах (Максимюк та ін., 2013).

### Інформація про авторів:

**Глібовицька Наталія Ігорівна**, канд. біол. наук, доцент, кафедра екології. Email: nataly.glibovytska@gmail.com;

<https://orcid.org/0000-0002-6050-9664>

**Плаксії Леся Василівна**, асистент, кафедра екології. Email: ecolesia@ukr.net

**Цитування за ДСТУ:** Глібовицька Н. І., Плаксії Л. В. Ефективність поглинання нафти сорбентами природного та штучного походження. Науковий вісник НЛТУ України. 2019, т. 29, № 6. С. 76–78.

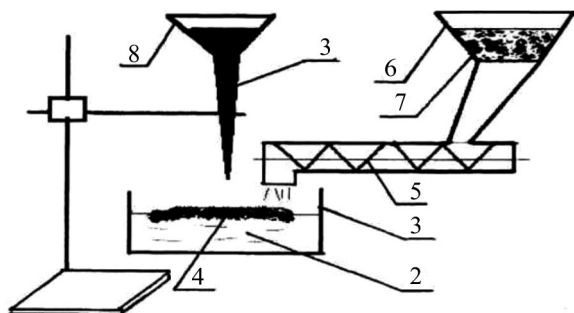
**Citation APA:** Glibovytska, N. I., & Plaksii, L. V. (2019). The efficiency of oil extraction by natural and artificial sorbents. *Scientific Bulletin of UNFU*, 29(6), 76–78. <https://doi.org/10.15421/40290615>

Як нерозчинна у воді суміш, нафта утворює емульсії типу нафта у воді та вода у нафті. Особливу небезпеку становлять агрегати – нафтові грудочки розміром 1–20 мм, оскільки можуть зберігатися довгий час у воді, переміщатися течією та осідати на дні водойми. Агрегати утворюються внаслідок поєднання високомолекулярних вуглеводнів типу смол і асфальтенів у єдину суміш, що є пасткою для водних мешканців – безхребетних та нижчих рослин (Brakorenko & Korotchenko, 2016).

Для боротьби з нафтовим забрудненням застосовують такі методи (Maksymiuk et al., 2014; Demirbas, 2017):

- *механічний* – використання обладнання, зокрема сепараторів, для відстоювання забрудненої нафтою води (Padaki, 2015);
- *біологічний* – розкладання нафтопродуктів мікроорганізмами родів *Calanus*, *Penicillium*, *Candida*, що здатні метаболізувати токсичні компоненти нафти та детоксикувати їх до нешкідливих сполук. Цей метод, відомий також як біоремедіація, є екологічно безпечним та може використовуватися для відновлення трансформованого під впливом нафти абіотичного середовища (Yatsyshyn & Hlibovytska, 2016; Glibovytska & Plakisy, 2018);
- *диспергуючий* – використання диспергентів марок ДН-75 та ЕПН-5, які емульгують нафтову плівку до окремих краплин, що піддаються в подальшому біохімічному розкладу;
- *сорбуючий* – полягає в застосуванні природних або синтетичних пористих матеріалів, здатних ефективно поглинати нафту – вугілля, перліт, дерев'яні ошурки, бентонітові глини, бавовна, торф, полістирол, пінопласт, алюмосилікати, сапропель (Esenkova, 2003; Nabatkun, 2000). Саме сорбуючий метод є одним з найперспективніших способів очищення забруднених нафтою водних ресурсів, оскільки є найменш економічно затратним та найбільш швидким у подоланні проблеми забруднення порівняно з іншими. Тому метою цієї роботи є оцінення ефективності природних і штучних сорбуючих матеріалів у очищенні води від нафтового забруднення.

**Матеріали та методи дослідження.** Для проведення дослідів використовували лабораторну установку (рис. 1). У досліді використовували легку нафту густиною 850 кг/м<sup>3</sup>. Лабораторна установка складається із посудини, заповненої водою, на поверхні якої за допомогою дозатора створюється нафтова пляма певних розмірів. За допомогою дозатора на поверхню плями із бункера подається сорбент. Збірник слугує для зберігання нафти. Секундомір фіксує час сорбції нафтової плями.

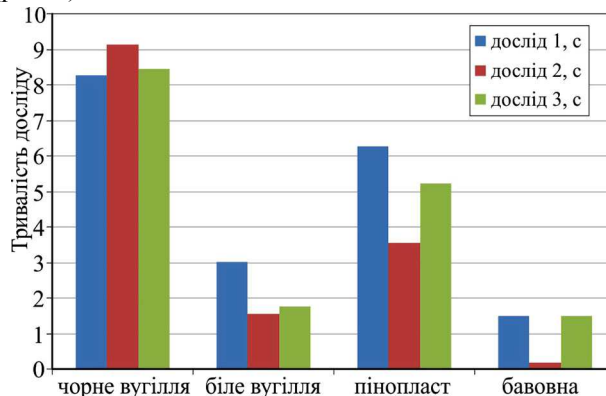


**Рис. 1.** Схема лабораторної установки: 1) посудина; 2) вода; 3) дозатор нафтопродуктів; 4) нафтова пляма; 5) дозатор сорбенту; 6) бункер сорбенту; 7) сорбент; 8) збірник для нафти чи нафтопродуктів

Для проведення дослідів заповнювали дистильованою водою посудину. За допомогою дозатора створювали на поверхні води нафтову пляму розміром 50–70 мм. Дозатором на поверхню плями нафти подавали сор-

бент у кількості, яка забезпечує повне покриття плями і одночасно включаємо секундомір. Як сорбенти використовували пінопласт, бавовну, біле та чорне вугілля. Після повного поглинання (сорбції) нафтової плями виключали секундомір, фіксуючи час дослідів. Повторність дослідів триразова. Статистичне оброблення результатів здійснювали з допомогою програм Excel 2016 та Statistica 6.0.

**Результати дослідження.** Найвищу швидкість поглинання нафти виявлено в разі застосування бавовни як сорбенту, найнижчу – за використання чорного вугілля (рис. 2).



**Рис. 2.** Динаміка поглинання нафтової плями сорбентами

У разі використання чорного вугілля відбувається процес згушення нафтової плями (табл. 2). Процес сорбції проходить повільно, частина сорбенту з сорбованими нафтопродуктами утворила осад. Під час сорбції чорним вугіллем процес поглинання в середньому відбувається за 1,5 см/с (табл. 3).

**Табл. 2. Особливості поглинання нафти сорбентами**

№ з/п	Тип сорбенту	Дослід 1		Дослід 2		Дослід 3	
		Час сорбції, с	Діаметр плями, см	Час сорбції, с	Діаметр плями, см	Час сорбції, с	Діаметр плями, см
1	Чорне вугілля	8,26	5,0	9,12	6,5	8,45	5,7
2	Біле вугілля	3,02	5,3	1,56	5,5	1,76	5,4
3	Пінопласт	6,26	5,1	3,56	7,0	5,22	5,3
4	Бавовна	1,49	5,5	0,18	5,5	1,48	5,4

**Табл. 3. Швидкість поглинання нафтової плями сорбентами**

№ з/п	Тип сорбенту	Середній час сорбції, с	Середній діаметр плями, см	Швидкість поглинання нафти сорбентами, см/с
1	Чорне вугілля	8,61 $\pm$ 0,26	5,73 $\pm$ 0,43	1,5
2	Біле вугілля	2,11 $\pm$ 0,46	5,40 $\pm$ 0,06	0,39
3	Пінопласт	5,01 $\pm$ 0,79	5,80 $\pm$ 0,60	0,86
4	Бавовна	1,05 $\pm$ 0,44	5,47 $\pm$ 0,03	0,19

Унаслідок використання білого вугілля процес згушення нафтової плями проходить досить інтенсивно, що становить у середньому 0,39 см/с. Велика частина сорбенту, що вступив у реакцію, випала в осад.

У разі використання пінопласту відбувається процес адгезії (прилипання до нижньої частини пінопласту). Середній час сорбції нафтової плями – 0,86 см/с. Нафта досить тісно зв'язується з пінопластом, що вказує на перебіг процесу сорбції нафти.

Унаслідок використання бавовни як сорбенту відбувається процес адгезії, коли нафтова пляма дуже швидко, в середньому 0,19 см/с, прилипає до поверхні, після чого можна легко відділити забруднення від поверхні води.

**Висновки.** Залежно від типу сорбенту, який використовують для очищення води від нафтового забруднення, залежить час і якість поглинання нафти.

Експериментальний дослід показав, що бавовна є найоптимальнішим варіантом очищення води від нафти. У цьому випадку не потрібно використовувати додаткових уловлювачів осаду. Бавовна найшвидше поглинає нафту. Вода як наслідок залишається чистою. Це найбільш швидкий і результативний спосіб.

Поглинання нафти білим вугіллям здійснюється за незначний час, частина сорбенту випадає в осад. Оскільки не вся маса білого вугілля вступила в контакт з нафтою, на поверхні частково залишаються незначні плями.

Пінопласт поглинає нафту за незначний час, однак поступається за ефективністю поглинання білому вугіллю та бавовні – природним матеріалам.

Поглинання нафти чорним вугіллям потребує значного часу та уловлювачів, оскільки вугілля крупно дисперсне і швидко випадає в осад. Цей спосіб очищення води від нафти є найбільш економічно не вигідним та потребує тривалого часу для досягнення мети.

### Перелік використаних джерел

- Brakorenko, N. N., & Korotchenko, T. V. (2016). Impact of petroleum products on soil composition and physical-chemical properties. *IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science*, 33, 1–6. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/33/1/012028>
- Demirbas, A. (2017). Treatment of contaminated wastewater. *Petroleum Science and Technology*, 35, 883–889.
- Esenkova, N. P. (2003). Tekhnologiya likvidatsii razlivov nefteproduktov na osnove netkanogo sorbenta. *Neftianoe khoziaistvo*, 2, 95–96. [In Russian].

- Glibovyt'ska, N. I., & Plak'siy, L. V. (2018). Methods of water treatment from oil contamination. *Ecological education and ecological culture of the population: Materials of the VI International Scientific Conference*, (pp. 44–45). Prague, February 25–26.
- Kablov, V. F., & Ioschenko, Yu. P. (2004). Oil spills and the issue of oil removal. *Fundamental Research*, 6, 64–68.
- Maksimov, V. G., Diniak, S. A., & Diniak, O. V. (2004). Analiz sistemnih vtrat naftoproduktiv na pidpriemstvakh naftogazovogo kompleksu Ukraini. *Ekologiya dovkillia ta bezpeka zhittediialnosti*, 5, 41–44. [In Ukrainian].
- Maksymiuk, M. R., Chumak, V. L., & Neshta, T. V. (2000). Adsorbtsiia poverkhnevo-aktyvnykh rechovyh iz stichnykh vod, zabrudnennykh naftoproduktamy. *Neftianoe khoziaistvo : materialy XI mizhnarodnoi naukovo-tekhnichnoi konferentsii*, 11, 61–63. [In Ukrainian].
- Maksymiuk, M. R., Mitskevych, D. I., & Mitskevych, A. I. (2013). Naftove zabrudnennia poverkhnevyykh vod ta shliakhy podolannia yoho naslidkiv. *Naukovi pratsi. Tekhnohenna bezpeka. Konferentsii "AVIA-2013"*, NAU, (pp. 21–23). [In Ukrainian].
- Nabatkin, A. N. (2014). *Prymenenye*, (Vol. 221(233)), pp. 37–40. Mykolaiv: Vyd-vo ChDU im. Petra Mohyly. [In Ukrainian].
- Padaki, M. (2015). Membrane technology enhancement in oil-water separation. A review. *Desalination*, 357, 197–207.
- Plak'sii, L. V. (2016). Metodolohiia otsiniuvannia poverkhnevyykh vod v mistsiakh vplyvu ob'ektiv naftoproduktivnoho transportu. *Ekolohichna bezpeka ta zbalansovane resursokorystuvannia*, 2(14), 5 p. Ivano-Frankivsk: IFNTUNH. [In Ukrainian].
- Poghamitskaya, O. V., et al. (2016). Treatment of petroleum-contaminated water resources: modern techniques. *IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science*, 43, 1–6. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/43/1/012026>
- Tsibulnikova, M. R. (2015). Economic assessment of environmental impact in the course of oil field development and production. *IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science*, 27, 1–5. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/27/1/012076>
- Vladimirov, V. A. (2014). Oil spills: causes, scales, effects. *Civil safety strategy: issues and research*, 1, 217.
- Yatsyshyn, T. M., & Hlibovyt'ska, N. I. (2016). Vplyv naftohazovydobutku na dovkillia i perspektyvy fitoindykatsii ta fitoremediatsii tekhnohennotransformovanykh terytorii. *Ekolohichna bezpeka ta zbalansovane resursokorystuvannia*, 1, 22–29. [In Ukrainian].

**N. I. Glibovyt'ska, L. V. Plak'siy**

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

## THE EFFICIENCY OF OIL EXTRACTION BY NATURAL AND ARTIFICIAL SORBENTS

The global environmental problem of water resources contamination by oil and methods of solving it are considered. The efficiency of simple and accessible methods of oil-contaminated water purification is investigated. The economic benefit from the use of the sorbent method for solving the problem in comparison with the mechanical and dispersive method is revealed. The mechanical method of water purification from oil involves the use of expensive equipment. The dispersant method involves two successive stages of combating pollution of water resources with petroleum products. This, in turn, requires additional material and human resources, as well as a long period of time. The biological method of water purification from oil requires careful research, since organisms-remnants of oil can behave differently in their habitats and at a favourable level of life – to push out other indigenous species or to detect invasive effects on the ecosystem. The sorbing method is least cost-effective and ecologically friendly, since it involves the use of a wide range of sorbents of oil. The promise of this method is the availability of some natural and artificial materials that can be used as sorbents of oil. We have analyzed the practical value, advantages and disadvantages of natural and artificial sorbents of oil, which are widely used in various industries and national economy. The maximum absorption capacity of cotton is identified as a natural material that quickly absorbs oil components and does not require the use of additional resources to fight water contamination. Therefore, we recommend introducing the use of cotton as an environmentally safe and cost-effective material in solving the problem of water pollution with oil and petroleum products. We have found natural charcoal absorbent to be inefficient in comparison with other methods of water purification from oil and to require a long period of time and additional pollution traps, which is economically unprofitable. Synthetic polymer foam and white coal absorb oil in a short time, but in the latter case, small spots remain on the surface of the water. Therefore, the effectiveness of oil absorption by natural and synthetic materials, one can distinguish the following series of investigated materials: black coal → foam → white coal → cotton.

**Keywords:** oil; pollution; water resources; purification; methods; sorbents.