

«Baltija Publishing», 2023. P. 119-142. DOI: <https://doi.org/10.30525/978-9934-26290-6-6>

5. Pantsyreva H., Aliksieiev O. Study of soil conservation technology and environmental stability of rural areas taking into account limited resources and climate change. Agro-ecological potential of soil cover of Vinnytsia region: scientific monograph. Riga, Latvia: Publishing House «Baltija Publishing», 2023. P. 91-118. DOI: <https://doi.org/10.30525/978-9934-26-290-6-5>

6. Дідур І.М., Прокопчук В.М., Панцирева Г.В., Циганська О.І. Рекреаційне садово-паркове господарство: навчальний посібник. Вінниця: ВНАУ. 2020. 328 с.

## **ЕКСПЕРЕМЕНТАЛЬНЕ ДОСЛІДЖЕННЯ СОРБЕНТІВ ДЛЯ ЛІКВІДАЦІЇ АВАРІЙНИХ РОЗЛИВІВ НАФТИ ТА НАФТОПРОДУКТІВ**

**Коробка О. В.**, студент

*Полтавський національний педагогічний університет імені В.Г. Короленка.*

В статті представлено дослідження характеристик комерційних сорбентів, що застосовуються для ліквідації аварійних розливів нафти та нафтопродуктів. Для моделювання забруднення використовувалась морська вода. В якості модельних забруднювачів були обрані: дизельне паливо (густина 820 кг/м<sup>3</sup>), моторне мастило (густина 910 кг/м<sup>3</sup>) та нафта (густина 891 кг/м<sup>3</sup>). Вибір даних забруднювачів обумовлений найбільш ймовірними розливами кожного нафтопродукту в результатах ситуацій на суднах в морській акваторії. Порівняльний аналіз отриманих в результаті дослідження відношення значення сорбційної ємності, заявленої виробником, та фактичних значення ємності, отриманих експериментально, показав, що з чотирьох досліджених сорбентів лише один відповідав усім зазначеним виробником характеристикам. Проведено дослідження сорбційної ємності сорбентів при від'ємній температурі

(мінус 5 °C (± 1 °C)). Досліджено вплив низької температури (мінус 5 °C (± 1 °C)) на швидкість розчинення і потрапляння важких фракцій нафти і нафтопродуктів у товщу води при аварійному розливі. Дослідження ефективності комерційних сорбентів для зниження вмісту нафтопродуктів у морській воді при аварійних розливах нафти дозволило встановити значне зниження концентрацій нафтопродуктів при використанні всіх найменувань сорбентів.

**Ключові слова:** нафта, аварійний розлив нафти, сорбенти.

**Вступ.** Особливо важливим є питання попередження і реагування на можливі аварії, пов'язані з розливами нафтопродуктів. Нафтові розливи в акваторії морів можуть відбутися на будь-якому з етапів транспортування, а також вантажних операцій на терміналах у портах, при яких можуть відбуватися розриви шлангів, поломка вантажних пристроїв, переливи танкерів та пошкодження вантажних танкерів при швартових операціях тощо. Всі організації, що займаються добуванням, транспортуванням, використанням, обробкою нафти та нафтопродуктів, зобов'язані мати резерви фінансових засобів та матеріально-технічних ресурсів для локалізації й ліквідації розливів нафти та нафтопродуктів. В цьому випадку важливе значення має наявність та ефективність матеріалів для ліквідації аварійних розливів нафти. При цьому в комплексі заходів з ліквідації аварійних розливів нафти і нафтопродуктів важливу роль відіграють сорбційні методи.

На даний час для збору нафти і нафтопродуктів з водної поверхні пропонується безліч комерційних сорбентів. Однак залишається відкритим питання про фактичну ефективність ліквідації розливів нафти і нафтопродуктів даними сорбентами.

Актуальним напрямком дослідження в даному випадку є дослідження фактичної ефективності комерційних сорбентів в умовах реального розливу нафтопродуктів.

**Методи, прилади і методологічні дослідження.** Вміст нафтопродуктів в морській воді визначається стандартним флюорометричним методом згідно ПНД Ф 14.1:2:4.128-98 з використанням аналізатора рідини «Флюорат-02».

В якості об'єктів дослідження були обрані наступні сорбенти: природний сорбент «Унісорб-екстра» (ТУ 0391-011-67072902-2011), натуральний сорбент «СоНет-1» (ТУ 2164-001-74347883-2006), природний сорбент «Лісорб» (ТУ 9010-002-35615057-99 / ТУ 0390-001-35615057-99), кремневуглецевий сорбент «ТШР» (ТУ 2164-011-02698192-2006) [3-6].

Моделювання забруднення морських вод здійснювали методом внесення різноманітних зразків нафти і нафтопродуктів (НП) в морську воду. В якості модельних забруднювачів були обрані: дизельне паливо (густина  $820 \text{ кг/м}^3$ ), моторне мастило (густина  $910 \text{ кг/м}^3$ ) та нафта (густина  $891 \text{ кг/м}^3$ ). Вибір даних забруднювачів обумовлений найбільш ймовірними розливами кожного нафтопродукту в результатах ситуацій на суднах в морській акваторії. Для визначення ефективності очистки нафтозабруднених вод при використанні комерційних нафтопродукти вносили об'ємом 2 мл в ємність об'ємом 2 л, з площею поверхні води  $150 \text{ см}^2$ , наповнену морською водою. Імітуючи умови реальної ліквідації розливу нафтопродуктів з врахуванням часу початку дослідження від моменту розливу, зразки забрудненої води розмішувалися та витримувалися протягом години перед внесенням сорбентів на поверхню води.

Моделювання процесу сорбції проводили наступним чином: сорбент рівномірно роз приділявся по поверхні забрудненої води. Процес сорбції продовжувався протягом 30 хвилин, далі сорбент з адсорбованим нафтопродуктом виділявся з води. Дослідження проводили при від'ємній температурі навколишнього середовища (мінус  $5 \text{ C} (\pm 1 \text{ C})$ ), імітуючи умови розливу нафтопродуктів в зимовий період, і при температурі навколишнього середовища плюс  $16 \text{ C} (\pm 1 \text{ C})$ , імітуючи умови розливу нафтопродуктів в літній період [2].

**Порівняльні дані сорбційної ємності сорбентів.** Результати дослідження сорбційної ємності представлених комерційних сорбентів наведено в таблиці 1. Отримані дані свідчать про те, що сорбційна ємність кожного матеріалу незначною мірою коливається у відношенні сорбції різноманітних видів нафтопродуктів та суттєво відрізняються в залежності від виду сорбенту.

Таблиця 1

Сорбційна ємність досліджуваних матеріалів

Зразок НП	«Лісорб»	«Унісорбекстра»	«ТШР»	«СоНет-1»
Нафта	4,020	1,638	6,610	1,480
Дизельне паливо	3,190	1,608	6,760	1,108
Моторне паливо	3,560	1,660	7,300	1,330

Так, найбільшою сорбційною ємністю за нафтою, дизельним паливом та моторним мастилом володіє сорбент «ТШР»: 6,610; 6,760; 7,300 г/г відповідно. Сорбційна ємність сорбенту фірми «Лісорб» виявилася майже в два рази меншою: відповідно 3,190; 3,570; 4,020 г/г. Найменші показники сорбційної ємності за дизельним паливом, моторним мастилом та сирою нафтою показали сорбенти «Унісорб-екстра» та «СоНет-1»: 1,608; 1,660; 1,638 г/г та 1,108; 1,330; 1,480 г/г відповідно.

Порівняльний аналіз отриманих в результаті дослідження дані сорбційної ємності сорбентів і заявлених виробником сорбентів характеристик показав наступне (таблиця 2).

Результати визначення сорбційної ємності сорбенту «Лісорб» за нафтою та дизельним паливом відповідають сорбційній ємності, заявленій виробником. Так різниця між отриманими в результаті дослідження даними і даними від виробника не перевищує 0,5 % за сорбційною ємністю нафти та 2 % за сорбційною ємністю дизельного палива. Дані сорбційної ємності сорбенту «Лісорб» за моторним мастилом неможливо порівняти з даними від виробника через відсутність останніх.

Представлені у відкритому доступі дані про сорбційну ємність сорбенту «Унісорб-екстра» дозволяють провести порівняльний аналіз лише за дизельним паливом, так як інформація про сорбційну ємність за нафтою та моторним мастилом не опублікована та не існує [5]. Разом з тим дані дані сорбційної ємності сорбенту, отримані в результаті дослідницької роботи, значно нижчі наданих виробником. В умовах проведеного дослідження сорбційної ємності сорбенту «Унісорб-екстра» за дизельним паливом складає 1,61 г/г, в той час як надані виробником дані відповідають сорбційній ємності 35 г/г.

Стосовно сорбційної ємності сорбенту «ТШР» необхідно відмітити наступне. Зазначена в характеристиках виробника величина «до 9 г/г» не може адекватно та однозначно відобразити ефективність сорбенту, так як містить можливість як низької, так і високої сорбційної ємності сорбенту від 1 до 9 г/г, що не може влаштовувати відповідального виконавця роботиз ліквідації аварійних розливів нафти та нафтопродуктів. Таким чином, отримане значення сорбційної ємності сорбенту «ТШР» за нафтою, дизельним паливом та моторному мастилу 6,61; 6,76; 7,30 г/г відповідно можна оцінювати двояко. З одного боку, дане значення досить високе (порівняно з іншими сорбентами) і відповідає формулюванню «до 9 г/г», з іншого боку, це невідповідає очікуванням споживача відносно більш високих значень нафто ємності [6].

Таблиця 2

Порівняльні дані сорбційної ємності сорбентів (надані виробником та фактичні значення)

Зразок	Сорбційна ємність, г/г							
	«Лісорб»		«Унісорб-екстра»		«ТШР»		«СоНет-1»	
	Фактичне значення	[4]	Фактичне значення	[5]	Фактичне значення	[6]	Фактичне значення	[3]
Нафта	4,02	4,00	1,64	—	6,61	до 9,0	1,48	4,0
Дизельне паливо	3,19	3,25	1,61	35	6,76	7,0-9,0	1,11	—
Моторне мастило	3,56	—	1,66	—	7,30	8,5-10,7	1,33	—

Дані виробника стосовно сорбційної ємності для дизельного палива та моторного мастила більш однозначні і складають діапазон від 7,0 до 9,0 г/г та від 8,5 до 10,7 г/г відповідно. При цьому фактичні значення сорбційної ємності, визначені експериментально, не відповідають зазначеним діапазонам, однак меншою мірою, ніж у випадку з сорбентами «Унісорб-екстра» і «СоНет-1». Відносно сорбційної ємності сорбенту «СоНет-1» необхідно зазначити наступне. У зв'язку з тим, що виробником сорбенту «СоНет-1» не зазначено у вільному доступі дані сорбційної ємності за дизельним паливом та моторним мастилом, проведення порівняльного аналізу можливо лише за нафтою [3]. В цьому випадку різниця між отриманими в результаті дослідницької роботи даними сорбційної ємності сорбенту за нафтою і заявленими виробником сорбенту даними склала 63 %.

Таким чином, відношення значень сорбційної ємності, заявленої виробником, та фактичних значень ємності, отриманих експериментально, показало, що з чотирьох досліджених сорбентів лише сорбент «Лісорб» відповідав усім зазначеним виробником характеристикам. Заявлені характеристики сорбенту «ТШР» також незначною мірою відрізнялися від

фактичних. В інших випадках зазначені виробником значення значно перевищували фактичні величини.

При використанні сорбентів для аварійних розливів нафти в районах високих широт також важливим є вплив температури навколишнього середовища та сорбційних матеріалів на ефективність збору нафтопродуктів.

Отримані дані сорбційної ємності сорбентів при від'ємній температурі (мінус 5 С ( $\pm 1$  С)) представлено в таблиці 3.

Порівняння сорбційної ємності при низькій та високій температурі показало незначні зміни досліджуваного показника, при цьому варто зазначити, що низька температура надає невеликий, але позитивний ефект, підвищуючи сорбційну ємність сорбентів. Очевидно, це обумовлено зниженням в'язкості нафтопродуктів, що дозволяє утримувати більшу кількість забруднювача на поверхні сорбенту.

Таблиця 3

Сорбційна ємність сорбентів при від'ємній температурі

Зразок НП	Сорбційна ємність, г/г			
	«Лісорб»	«Унісорбекстра»	«ТШР»	«СоНет-1»
Нафта	4,15	1,63	6,78	1,51
Дизельне паливо	3,28	1,65	6,82	1,22
Моторне мастило	3,61	1,70	7,46	1,42

При плануванні робіт з ліквідації розливу нафти важливим моментом є оцінка «вікна можливостей» для формування різноманітних сценаріїв реагування [1]. «Вікно можливостей» визначає час після початку розливу, протягом якого метод реагування буде ефективним. Динаміка розчинення розлитих нафтопродуктів в морській воді може збільшувати або зменшувати «вікно можливостей». Проведені дослідження впливу низької температури

□ □

(мінус 5 С ( $\pm 1$  С)) на швидкість розчинення і потрапляння важких фракцій нафти та нафтопродуктів в товщу води при аварійному розливі (рис. 1 а-в) показало наступне. За першу добу при відсутності операцій з ліквідації розливів нафти та нафтопродуктів спостерігається інтенсивний перехід нафтопродуктів у товщу води.

Так, при розливі нафти концентрація нафтопродуктів у перші 24 години зростає з 0 до 5,44 мг/л. В подальшому спостерігалось зниження швидкості переходу нафтопродуктів у товщу води. За другу добу дослідження концентрація нафтопродуктів склала 6,94 мг/л, а за четверту добу – 8,1 мг/л. Аналогічна динаміка спостерігалась і для інших видів забруднювачів – моторного мастила та дизельного палива, при цьому найбільше підвищення концентрації нафтопродуктів було відмічено для дизельного палива – з 0 до 17,16 мг/л. Разом з тим відмічено значне зниження динаміки росту концентрації нафтопродуктів (на відміну від результатів аналогічного дослідження при температурі плюс 16 С ( $\pm 1$  С)) в пробах морської води з додаванням нафти. Так, за четверту добу концентрація нафтопродуктів у пробах морської води при розливі нафти виявилася рівною 1,68 мг/л, що в 4,8 разів менша за концентрацію нафтопродуктів в пробах води з додаванням нафти на четверту добу при додатній температурі навколишнього середовища. Менш значне зниження швидкості збільшення концентрації нафтопродуктів виявилось в пробах морської води з додаванням моторного мастила та дизельного пального. Вміст нафтопродуктів на четверту добу дослідження в пробах морської води при від'ємній температурі навколишнього середовища яке у випадку додавання моторного мастила, так і з додаванням дизельного палива виявився меншим, ніж в аналогічному дослідженні при додатній температурі, в 1,9 разів.



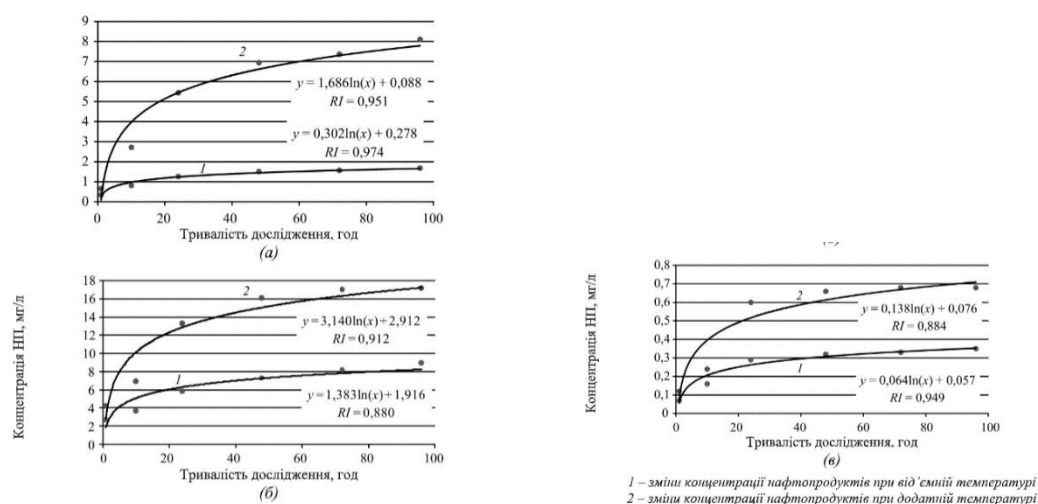


Рис. 1 Зміна концентрації нафтопродуктів при розливі нафти (а), дизельного палива

(б), моторного мастила (в) при від'ємній та додатній температурах

### Порівняльний аналіз ефективності використання сорбентів.

Заключним етапом роботи є порівняльний аналіз ефективності використання комерційних сорбентів для зниження вмісту нафтопродуктів у морській воді при аварійних розливах нафти, який показав значне зниження концентрації нафтопродуктів при використанні всіх найменувань сорбентів (рис. 2).

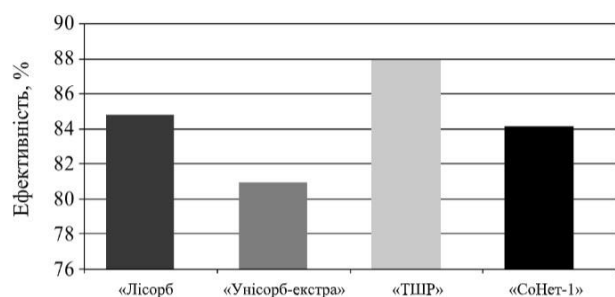


Рис. 2 Ефективність згніження вмісту нафтопродуктів в морській воді при розливі нафти після використання сорбентів

Встановлена висока ефективність зниження вмісту нафтопродуктів при використанні сорбенту «ТШР» - 87,9 %. Значне зменшення рівня забруднення спостерігається при використанні сорбенту «Лісорб» - 84,5 % та сорбенту «СоНет-1» - 84,1 %. Найменшу ефективність зниження вмісту нафтопродуктів в умовах проведеного експерименту показав сорбент «Унісорб-екстра».

Таким чином, необхідно відзначити, що всі досліджувані сорбенти виконують свою основну задачу з видалення нафтопродуктів та зниженню їх вмісту в морській воді, показуючи високі значення (від 80,9 до 87,9 %) ефективності зниження концентрацій нафтопродуктів.

Висновки. Проведено порівняльне дослідження представлених та фактичних показників сорбційної ємності комерційних сорбентів. Порівняльний аналіз вказаних та фактичних показників сорбційної ємності комерційних сорбентів показав, що не всі виробники подають відповідні та однозначні дані. Завищені або некоректні показники сорбційної ємності можуть негативно вплинути на ефективність видалення нафтових забруднень, тим самим привести до незадовільних результатів ліквідації аварійних розливів нафти і нафтопродуктів, що, в свою чергу, може негативно вплинути на водні ресурси.

Досліджено вплив температури навколишнього середовища на процеси ліквідації розливів нафти та нафтопродуктів. Даний експеримент дозволив відмітити позитивний вплив низької температури навколишнього середовища на зниження швидкості розчинення та потрапляння важких фракцій нафти й нафтопродуктів в товщу води при аварійному розливі. Даний факт дозволяє проводити заходи з ліквідації аварійних розливів нафти та нафтопродуктів у морських акваторіях в суворих умовах без ризику значного збільшення концентрації нафтопродуктів у водному об'єкті з плином часу.

Проведено порівняльний аналіз ефективності використання комерційних сорбентів. Дане дослідження виявило високі показники ефективності (від 80,9 до 87,9 %) зниження вмісту нафтопродуктів у морській воді, що в цілому вказує на відповідність досліджених комерційних сорбентів вказаним виробником цілям.

## СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Гвоздиков В. К. Технические средства ликвидации разливов нефтепродуктов на морях, реках и водоемах : довід. посіб. / В. К. Гвоздиков, В. М. Захаров. – Ростов-на-Дону, 1996.
2. Застосування сорбентів при ліквідації розливів нафти. URL: <http://www.itopf.org/knowledge-resources/documents-guides/document/tip-08-useof-sorbent-materials-in-oil-spill-response/>.
3. Офіційний сайт компанії «СОНЕТ». URL: <http://sonetkld.ua/produksiya>.
4. Офіційний сайт компанії ТОВ «Лісорб». URL : <http://www.lisorb.ua/zasoby-sorbciynoi-ochinky/sorbenty/sorbent-lisorb-ekstra>.
5. ТУ 0391-001-67072902-20011. Сорбент органічний «Унісорб-екстра». URL: <http://docs.cntr.ua/document/437165566>.
6. ТУ 2164-011-02698192-2006. Сорбент кремневуглецевий ТШР. URL: <http://docs/cntd.ua/document/415960680>.

## ЗАСТОСУВАННЯ СОРБЕНТІВ ПРИ ЛІКВІДАЦІЇ РОЗЛИВІВ НАФТИ ТА НАФТОПРОДУКТІВ

**Коробка О.В.**, студент

*Полтавський національний педагогічний університет імені В. Г. Короленка*

В статті представлено опис загальних принципів роботи сорбентів, які використовуються при операціях з ліквідації розливів нафти та нафтопродуктів, такі як абсорбція, адсорбція, змочувана здатність, капілярна дія, когезія/адгезія та площа поверхні. Зазначено інформацію про матеріали, які зазвичай використовують у якості сорбентів та їх походження. Описано критерії мвибору сорбентів для усунення розливів нафти при різних умовах. Для більшого