

УДОСКОНАЛЕННЯ СПОСОБУ ОЧИЩЕННЯ ҐРУНТУ ЗАБРУДНЕНОГО НАФТОПРОДУКТАМИ

О. М. МАНДРИК, доктор технічних наук

О. І. ЛУКИНЧУК, здобувач третього (освітньо-наукового) рівня вищої освіти (доктор філософії)

Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу

У статті здійснено комплексний аналіз проблем екологічного відновлення ґрунтів, забруднених нафтопродуктами. Враховуючи зростаюче глобальне занепокоєння через вплив нафтових забруднень на ґрунт та навколишнє середовище, дослідження спрямоване на пошук та оптимізацію ефективних методів очищення. Авторами детально розглядається проблема екологічної реабілітації ґрунтових масивів, забруднених нафтою та нафтопродуктами. Дослідження спрямоване на вивчення та аналіз ефективності сучасних методів очищення, а також на вдосконалення інноваційних технологічних процесів і використання відповідного обладнання для сепарації нафтопродуктів від ґрунту.

Ключові слова: нафтопродукти, забруднення ґрунту, екологічне відновлення, технології розділення, екологічна безпека, методи відмивання.

Постановка проблеми. Проблематика забруднення навколишнього середовища нафтовими речовинами набуває особливої гостроти у контексті воєнних дій на території України, що розпочалися 24 лютого 2022 року. Військові конфлікти призводять не лише до значних людських втрат та руйнувань інфраструктури, але й спричиняють критичне забруднення ґрунтів нафтопродуктами. Таке забруднення, викликане рухом, пошкодженням військової техніки та вибуховою діяльністю, призводить до порушення фізико-хімічних, біохімічних та мікробіологічних процесів у ґрунтах. Це, у свою чергу, негативно впливає на водний та повітряний режими ґрунту, кругообіг поживних речовин і кореневе живлення рослин, що може призвести до їх загибелі.

Знищення промислових об'єктів та інфраструктури, зумовлене обстрілами, викликає пожежі, які стають джерелом додаткового забруднення ґрунтів та водних ресурсів. Продукти горіння, що містять токсичні гази та тверді частинки, посилюють ризики для екологічної безпеки. Усе це збільшує масштаби екологічної катастрофи, особливо в умовах відсутності адекватних заходів контролю та ліквідації наслідків.

У цьому контексті, розробка та удосконалення методів очищення ґрунтів від нафтових забруднень стає нагальною потребою. Відповідно до методики, затвердженої Міністерством охорони навколишнього природного середовища,

нафта і нафтопродукти класифікуються як надзвичайно небезпечні речовини. Тому науковцям потрібно проводити лабораторні експерименти для визначення оптимальних умов розділення ґрунту та нафтопродуктів та вибору найбільш ефективних і безпечних очисних розчинів, що відповідають екологічним нормам та стандартам.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Тематика забруднення ґрунтів нафтопродуктами та методів їх очищення досліджувалася багатьма фахівцями. Дригулич П. Г. [1] досліджував методи дезактивації насосно-компресорних труб, забруднених природними радіонуклідами, Кляченко О. Л., Мельничук М. Д. та Іванова Т. В. [2]. працювали над розробкою екологічних біотехнологій, зокрема, у сфері теорії та практики.

Дослідники Данилишин Б. М.[3], Маценко О. [4] В. І., Сабан В. [5]. працювали над проблематикою забруднення навколишнього середовища нафтопродуктами, досліджуючи різноманітні аспекти цього явища, включаючи економічні втрати, негативний вплив на екосистеми, методи оцінки шкоди та шляхи зниження наслідків забруднення. Їхня робота охоплює теоретичні та практичні аспекти природокористування, екологічної безпеки, а також розробку методик і підходів до відновлення забруднених територій.

показали, що для забезпечення екологічної безпеки сірого лісового ґрунту у результаті його аварійного забруднення дизельним паливом в якості сорбента як фізико-хімічного методу ліквідації наслідків аварії можна використовувати відбілювальну глину.

Тому аналогічні дослідження необхідно продовжувати та удосконалювати способи очищення ґрунтів, забруднених нафтою та нафтопродуктами.

Метою даного дослідження є визначення ефективних методів та технологічних рішень для очищення ґрунтів, забруднених нафтопродуктами, особливо в умовах екологічної кризи, викликаної воєнними діями.

Завданням наукового дослідження є: аналіз наявних технологій та методів дезактивації забруднених нафтопродуктами ґрунтів з огляду на їх ефективність та екологічну безпечність, а також розробка нових або удосконалення існуючих методів очищення, які мінімізують негативний вплив на навколишнє середовище та підвищують продуктивність відновлення ґрунтів.

Методика дослідження. Удосконалена методика очищення ґрунту забрудненого нафтопродуктами розроблена науковцями Івано-Франківського національного технічного університету нафти і газу. Метод передбачає генерацію мікропузирів на поверхні нафтових плівок за застосування карбонату натрію (поташу) у якості реагенту, що взаємодіє з розчином оцтової кислоти у водному середовищі. Для цього застосовують ультразвукове відмивання у поєднанні з механічними мішалками для прискорення процесу змішування.

Результати досліджень. У науковій літературі, зокрема в "Методиці визначення розмірів шкоди, зумовленої забрудненням і засміченням земельних ресурсів через порушення природоохоронного законодавства, яка була затверджена наказом Міністерства охорони навколишнього природного середовища України, нафта та нафтопродукти класифіковані як субстанції

першої категорії небезпеки. Відповідно до цієї методики, гранично допустимі та орієнтовно-допустимі концентрації цих речовин у ґрунті встановлені на рівні менше ніж 0,2 мг/кг. Вуглеводні, які є основними компонентами нафти, вносять значну частку у формування екологічних ризиків, включаючи зміну фізичних характеристик ґрунту, зниження інтенсивності фотосинтезу та видового різноманіття.

Аварійні викиди нафтопродуктів, особливо внаслідок проривів трубопроводів, викликають гострі та довготривалі порушення в екосистемах, деформуючи їх структуру та функції. З цих причин актуалізується завдання розроблення нових підходів до фітореMediaції та інших методів очищення, здатних мінімізувати негативний вплив нафтових забруднень на довкілля та відновити порушені екосистемні баланси.

У науковому дискурсі існує множинність технологій та методик для очищення ґрунтових масивів від нафтових забруднень. В реферованій роботі [1] представлено результати дослідження ефективності промивання однорідних та різнорідних ґрунтів водним розчином, проте оцінка такого методу є предметом наукового диспуту. Автори роботи [2, 3] акцентують увагу на активації природних самоочисних процесів через індукцію мікробіологічних агентів, здатних знижувати концентрацію нафтових політантів.

Конкретизуючи технологічні параметри, дослідження [4] розкривають специфіку використання біологічно активних речовин для дезінтеграції нафтових забруднень в залежності від типу ґрунту та екологічних умов об'єкта. Встановлено, що аплікація біологічних препаратів є ефективною лише за умови зниженої активності ендогенного біоценозу та повільних процесів окислення нафти.

Фактор сорбційної здатності ґрунту, що впливає на ступінь адсорбції нафтових речовин, корелює з такими характеристиками, як гранулометричний склад та вологість, що, своєю чергою, впливає на здатність ґрунту зв'язувати нафтові забруднювачі у рідкій фазі. Проте, як зазначено в дослідженнях [5, 6], внесення адаптованих мікроорганізмів з високою деградаційною активністю може значно прискорити процеси біодеградації нафти, сприяючи тим самим ефективному очищенню забруднених ґрунтів.

Однак під час використання мікробних препаратів, як зазначають автори [2], існує суперечність у результатах. Імобілізовані на різних матеріалах, мікроорганізми мають більший потенціал руйнівної дії. Тому створення й дослідження біоактивних сорбційних комплексів, що сорбують рухливий забруднювач (нафту) та розкладають нафту в локалізованому стані, є актуальним, особливо для конкретних піщаних ґрунтів.

Практика показує, що очищення піщаних ґрунтів становить особливу складність і вказує на необхідність проведення експериментальних досліджень на місцях. Розроблення технології очищення забрудненого нафтою ґрунту повинна визначити необхідні методи, основані на наукових та експериментальних дослідженнях. Оцінка стану забрудненої території після застосування технології визначає можливість використання тієї чи іншої

технології. У значній кількості біосорбентів, відмінною рисою яких є різноманітність використовуваних носіїв (сорбентів) та іммобілізованих на них культур мікроорганізмів. Однак питання їх використання для очищення піщаних ґрунтів залишається відкритим через специфіку.

У рамках актуальної проблематики деградації ґрунтових ресурсів через нафтове забруднення, існуючі підходи до очищення можна класифікувати за такими основними напрямками:

1. Хімічні методи, які передбачають застосування поверхнево-активних речовин або потужних окислювачів для розщеплення нафтових забруднень. Ефективність цих методів може досягати значних показників, проте процес вимагає обережного управління вторинними забрудненнями, що виникають у воді після промивання.

2. Фізичні методи, які базуються на використанні механічних або термічних процесів для відокремлення нафти від ґрунтового матеріалу. Ці техніки включають, зокрема, флотацію, центрифугування, а також термічну десорбцію.

3. Біологічні методи, які залучають біоремедіацію за допомогою мікрофлори або фітоекстракцію. Використання специфічних рослинних видів або мікроорганізмів дозволяє не тільки усунути нафтопродукти, але й відновлювати ґрунтовий біоценоз.

Табл. 1. Порівняльна характеристика технологій очищення та рекультивациі забруднених нафтою ґрунтів

Технології	Характеристики	Переваги	Недоліки
Механічна чистка	Передбачає механічне перемішування забрудненого ґрунту	Малий термін очистки, екологічність застосування	Складність технологічного процесу, неповне очищення, великі економічні витрати
Термічна обробка	Випалювання нафтопродуктів полум'ям із забрудненого ґрунту, термічний вплив на ґрунт	Невеликий термін обробки, повне згорання нафтового забруднення	Можливість забруднення навколишнього середовища, неохідність спеціального обладнання та полігонів
Біологічні технології	Дозволяють прискорити натуральні процеси очистки ґрунту	Високий рівень очистки, малі затрати	Певні обмеження пов'язані із періодом використання
Сорбційні технології очистки	Використовують матеріали з високою здатністю до поглинання.	Використання технології незалежно від пори року	Велика вартість матеріалів та реагентів, необхідність подальшої утилізації сорбенту

Процеси фітоекстракції та мікробіологічної біодеградації нафти вимагають детального вивчення особливостей конкретних ґрунтів та створення

оптимальних умов для розвитку вибраних біологічних агентів. Такі методи мають потенціал для екологічно безпечного відновлення забруднених ділянок, хоча і потребують ретельного контролю за можливими негативними впливами на прилеглі екосистеми.

У контексті міжнародного досвіду боротьби із нафтовим забрудненням ґрунтів, сучасні технологічні підходи збігаються з вітчизняними засадами, однак останнім часом зарубіжні вчені ініціювали численні експериментальні дослідження, спрямовані на ідентифікацію більш ефективних методів очищення та відновлення ґрунтів, а також на мінімізацію екологічного збитку.

Одним із таких методів, який знаходить застосування в іноземних країнах, є очищення вилученого ґрунту з використанням різних хімічних реагентів. Це відбувається як на мобільних перехідних установках, так і на стаціонарних об'єктах з великою оброблювальною потужністю.

У Франції та США значну популярність набула технологія термічної обробки ґрунтів при високих температурах, яка ефективна для видалення летких органічних і неорганічних забруднюючих речовин. У Німеччині розроблено та запатентовано технологію регенерації ґрунту, яка полягає у вилученні, промиванні та сушінні ґрунту при підвищених температурах.

Виділяється також техніка екстрактивного видалення вологи з ґрунту, яка передбачає перемішування та промивання забрудненого ґрунту водою або водними розчинами з реагентами, що дозволяє досягти видалення забруднюючих компонентів. Ця технологія використовується у країнах, таких як Нідерланди та США, де вона відома під назвою "промивання ґрунту" і застосовується, зокрема, для очищення піщаних або гумусових типів ґрунтів.

Згідно з дослідженнями [2], процес відновлення ґрунтів включає вилучення забрудненого шару, гранулювання для видалення великогабаритних включень, сепарацію за зернистістю та наступну обробку окремих фракцій. У Франції такі процедури обґрунтовані з технічного та економічного погляду і здійснюються на стаціонарних підприємствах невеликої потужності (не більше 40 т ґрунту на годину), або на перехідній установці (20–30 т на годину забрудненого ґрунту). У цій методиці застосовуються традиційні фільтраційні та гравітаційні технології, а у воду, яку використовують для промивання, додається активоване вугілля (у вигляді порошку), глина, бентоніт, розчинники та ін.

У зв'язку з необхідністю оптимізації методів очищення ґрунтів від нафтових забруднень, нами було проведено аналіз наявних технологій у вітчизняній та світовій практиці з метою виявлення їхніх основних переваг та недоліків. На основі отриманих даних розроблено та реалізовано комплекс теоретичних досліджень та лабораторних експериментів, спрямованих на вибір найбільш ефективної відмиваючої рідини та конструкції апарату для виведення нафти з ґрунтової матриці.

При цьому, основною вимогою до вибраної методики була екологічна безпека як самого процесу очищення, так і використовуваних у ньому речовин,

що має вирішальне значення для запобігання подальшому негативному впливу на довкілля.

Для вирішення проблеми розділення ґрунту і нафтопродукту що його забруднює, було проведено ряд лабораторних експериментів, що дозволяють удосконалити спосіб розділення, для чого скористались ультразвуковим відмиванням. У зв'язку із дороговартісним ультразвуковим обладнанням вирішили скористатися механічними мішалками для прискорення процесу змішування. За основу середовища вибрали воду. Ряд експериментів проводили на лабораторному стенді, схема якого зображена на рис. 1.

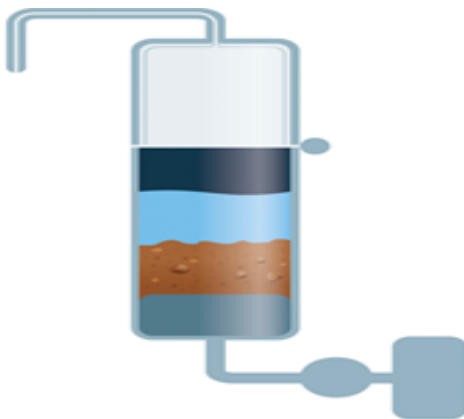


Рис. 1. Схема лабораторного стенду

Він складається з прозорого циліндра діаметром 60 мм і висотою 450 мм в нижній частині якого знаходиться поршень, над яким завантажується перемішана суміш забрудненого ґрунту і рідини.

Забруднений ґрунт поміщають у змішаний апарат, наприклад, бетономішалку добавляють туди розчин і перемішують та заливають у вертикально встановлений циліндр та дають відстоятися 24 години. За цей час проходить чітке розділення, ґрунту, рідини та нафтопродуктів. Основна увага була зосереджена на тому, як провести процес розділення компонентів, тому що границя між рідиною і нафтопродуктами нестійка. Для цього під поршень, над яким знаходиться компоненти, подавали насосом воду, поршень піднімається вгору і компоненти пошарово змиваються. Спочатку нафтопродукти, а потім окремо рідина і вивантажується очищений ґрунт.

Особливу увагу в експериментах приділялося самому процесу, де ставились до нього такі умови: екологічна чистота процесу і економічна доцільність. Висока якість відмивання проходить при дії на забруднений ґрунт в рідині ультразвуком частотою 18/40 кГц при інтенсивності 1 Вт на 1 см², але в реальних умовах необхідно використовувати 5/10 кВт акустичної енергії, хоча генератори такої потужності досить дорогі.

Як показали результати експериментальних досліджень, високу ступінь відмивання здійснюють мікроскопічні газові міхурці, які утворюються на поверхні забруднюючої речовини. Проведені лабораторні дослідження показали велику ефективність очищення, що видно на рис. 2.



Рис. 2. Лабораторний стенд поверхні забруднюючої речовини

За допомогою гідронасоса подавали воду в циліндр під поршень, який піднімається разом з ґрунтом і відмиваючою рідиною, в процесі чого спочатку зливають нафтопродукти і окремо рідину, а у верхній частині над поршнем залишається очищений ґрунт, який вивантажується.

Таким чином, удосконалено спосіб і пристрій, які дозволяють ефективно і відносно просто та дешево проводити процес очищення ґрунту від нафтових забруднень.

Висновки. Отже, в ході проведення лабораторних експериментів щодо деградації нафтопродуктів у ґрунтових матрицях, було встановлено, що метод генерації мікропузирів на поверхні нафтових плівок є одним із найефективніших, водночас простих та економічно вигідних способів очистки. Цей процес передбачає застосування карбонату натрію (поташу) у якості реагенту, що взаємодіє з розчином оцтової кислоти у водному середовищі. При цьому в механічному змішувачі досягається інтенсивне формування газових мікропузирів, які сприяють відділенню нафтопродуктів від ґрунтових часток. Відстоювання реакційної суміші у вертикальному циліндрі протягом 24 годин дозволяє досягти максимального розшарування та ефективного видалення нафтопродуктів.

З огляду на глобальну проблематику збереження ґрунтових ресурсів та враховуючи обмеженість цих ресурсів на планеті, а також зважаючи на тривалість військових дій в Україні, які зумовлюють додаткове навантаження на ґрунтові екосистеми, розробка та впровадження екологічно безпечних та ефективних методів очистки набуває особливої важливості.

Література:

1. Дригулич П. Г. Дослідження методів дезактивації насосно-компресорних труб, забруднених природними радіонуклідами. *Нафтогазова галузь України*. 2014. № 2. С. 39–42
2. Кляченко О. Л., Мельничук М. Д., Іванова Т. В. Екологічні біотехнології: теорія і практика: навчальний посібник. Вінниця, ТОВ «Нілан-ЛТД», 2015. С. 130–135.

3. Данилишин Б. М., Хвесик М. А., Голян В. А. Економіка природокористування: підручник. К.: Кондор, 2010. 456 с.

4. Маценко О. М. Науково-методичні засади удосконалення організаційно-економічного механізму водокористування: дис. ... к. екон. наук : 08.00.06. Суми, 2009. 202 с.

5. Сабан В. З., Семчук Я. М. Дослідження впливу пластових вод Долинського нафтового родовища на гідросферу. *Нафтова і газова промисловість*. 2011. № 1. С. 62–64.

6. Бабаджанова О. Ф., Гринчишин Н. М. Роль сорбентів при ліквідації аварійних виливів нафти і нафтопродуктів із поверхні ґрунту. *Науковий вісник НЛТУ*. 2012. № 22.7.

References:

1. Drygulych, P. G. (2014). Research on methods of decontamination of pump-compressor pipes contaminated with natural radionuclides. *Oil and gas industry of Ukraine*, 2014, no. 2, pp. 39–42. (in Ukrainian).

2. Klyachenko, O. L., Melnychuk, M. D., Ivanova, T. V. (2015). Ecological biotechnologies: theory and practice. Vinnytsia, "Nilan-LTD" LLC, 2015. Pp. 130–135. (in Ukrainian).

3. Danylyshyn, B. M., Khvesyk, M. A., Golyan, V. A. (2010). Economics of environmental management. K.: Condor, 2010. 456 p. (in Ukrainian).

4. Matsenko, O. M. (2009). Scientific and methodological principles of improving the organizational and economic mechanism of water use: dissertation. ... candidate of economics sciences. Sumy, 2009. 202 p. (in Ukrainian).

5. Saban, V. Z., Semchuk, Y. M. (2011). Study of the influence of formation waters of the Dolyna oil field on the hydrosphere. *Oil and gas industry*, 2011, no. 1, pp. 62–64. (in Ukrainian).

6. Babadzhanova, O. F., Hrynchyshyn, N. M. (2012). The role of sorbents in liquidation of emergency spills of oil and petroleum products from the soil surface. *Scientific Bulletin of NLTU*, 2012, no. 22.7.

Annotation

Mandryk O. M., Lukynchuk O. I.,

Improving method of cleaning soil contaminated by petroleum products

The article provides a comprehensive analysis of the problems of ecological restoration of soils contaminated with petroleum products. Given the growing global concern over the impact of oil pollution on soil and the environment, research is aimed at finding and optimizing effective cleanup methods.

The authors consider in detail the problem of ecological rehabilitation of soil masses contaminated with oil and oil products. The research is aimed at studying and analyzing the efficiency of modern cleaning methods, as well as at improving innovative technological processes and the use of appropriate equipment for the separation of oil products from the soil. As part of the research, special attention is paid to the selection of environmentally safe washing liquids. This aspect determines the success of ecological rehabilitation, as it is important that these liquids are not only highly effective in cleaning, but also do not harm the environment.

The authors consider the mechanisms of interaction between pollutants and soil masses, directing efforts to improve existing methods of soil restoration. The principles of operation and advantages of the latest equipment specially designed to

optimize the process of separating oil products from the soil are considered. The obtained research results demonstrate the importance of innovations in the field of restoration of land resources. The authors of the paper propose specific ways of further development of ecological rehabilitation technologies, which will contribute to the preservation of nature and ensure the sustainability of ecosystems.

The research significantly contributes to the formulation of effective environmental strategies and practical approaches to the restoration of soil resources. The prospects of implementing the developed methods in practice and their potential contribution to the development of modern ecological production are analyzed, in particular in the context of overcoming the consequences of man-made and natural disasters.

Key words: *petroleum products, soil pollution, environmental restoration, separation technologies, environmental safety, washing methods.*

УДК: 664.681

DOI: 10.32782/2415-8240-2023-103-1-281-291

ВПЛИВ ДОБАВОК РОСЛИННОГО ПОХОДЖЕННЯ НА ЯКІСНІ ПОКАЗНИКИ ХЛІБА ОЗДОРОВЧОГО ПРИЗНАЧЕННЯ

Я. В. ЄВЧУК, кандидат технічних наук

Л. М. КОНОНЕНКО, кандидат сільськогосподарських наук

А. В. ВИШИНСЬКИЙ, здобувач третього (освітньо-наукового) рівня вищої освіти (доктор філософії)

В. С. БОБРОВ, здобувач третього (освітньо-наукового) рівня вищої освіти (доктор філософії)

Уманський національний університет садівництва

У статті проаналізовано доцільність виробництва хліба оздоровчого призначення із використанням добавок рослинного походження. Встановлено, що при додаванні добавок рослинного походження, чіа, кунжуту, горіха волоського і борошна сочевиці та із квасолі виробу будуть збагачені білками, жирами, вуглеводами, залізом і вітаміном РР. Кислотність у досліджуваних виробках становила від 1,5 до 2,8 %. На контрольному варіанті була найменша – 1,5 %, а найвища за варіанту 7 із 3,0 – чіа і горіху волоського та 1,0 кунжуту і за додаванні борошна бобових культур 2,7 і 2,8 %.

Ключові слова: *борошно, сочевиця, квасоля, чіа, кунжут, виробу.*

Вступ. В Україні та і у Світі один з найбільш вживаних видів хліба є пшеничний тому розширення його асортименту дуже актуально. Відомо, що сьогодні є безліч видів та варіантів виробів оздоровчого призначення з використанням різних складових. Важливим є використання різної сировини, яка повинна містити значну кількість біологічно-активних речовин, що дозволить урізноманітнити асортимент хліба пшеничного оздоровчого призначення, який матиме позитивний вплив на організм людини [1–3].