

## Особливості забруднення ґрунтів нафтою та нафтопродуктами: огляд

<sup>1</sup>Шевчик-Костюк Л. З., <sup>1</sup>Романюк О. І., <sup>2</sup>Ощাপовський І. В.

<sup>1</sup>Відділення фізико-хімії горючих копалин Інституту фізико-органічної хімії і вуглехімії імені Л. М. Литвиненка Національної академії наук України

<sup>2</sup>Львівський національний університет імені Івана Франка  
lesyashevchik@gmail.com

**Ключові слова:** нафта, нафтопродукти, нафтозабруднені ґрунти, стан ґрунту, екологічна оцінка.

В процесі видобутку, транспортування, зберігання, переробки нафти і використання нафтопродуктів неминучим є забруднення ґрунтів. Порушені землі втрачають свою початкову цінність і стають джерелом поширення забруднюючих речовин у навколишнє середовище: повітря, підземні та поверхневі води, харчові ланцюги. Ефективний захист довкілля неможливий без достовірної інформації про стан забрудненого ґрунту. Розуміння змін, які відбуваються з ґрунтом при потраплянні в нього нафти (нафтопродуктів), його екологічне оцінювання дають можливість визначити стан ґрунтової екосистеми та підібрати ремедіаційні заходи ефективні для конкретних природних умов. У статті висвітлено вплив різних фракцій нафти на морфологічні, фізичні, фізико-хімічні і хімічні властивості ґрунтів. Розглянуто закономірності дослідження вертикальної та латеральної міграції нафти по ґрунтовому профілю. А також наведено стійкість різних типів ґрунтів до нафтового забруднення. Виокремлено реакцію живих організмів: мікроорганізмів, мезофауни, альгофлори, рослин на дію нафтового забруднення. Важливим аспектом є узагальнення підходів щодо нормування і оцінки екологічного стану ґрунту, забрудненого нафтою та нафтопродуктами, адже, в Україні ГДК нафти і продуктів її переробки в ґрунті не визначена.

Наведений огляд показує, що полікомпонентність нафтового забруднення, його трансформація у часі, кумулятивність, висока стійкість та токсичність, мінливість вуглеводневого складу, відсутність для більшості з нафтопродуктів встановлених нормативів ГДК, неможливість урахування екологічної небезпеки сумісної дії вуглеводнів, продуктів їх розкладу та взаємодії з присутніми у воді та ґрунті іншими хімічними речовинами потребує комплексного підходу до вирішення проблеми, першим та важливим етапом якого є інтегральна оцінка екологічного стану ґрунту.

## The peculiarities of pollution of soils by oil and oil products: a review

<sup>1</sup>Shevchyk-Kostiuk L. Z., <sup>1</sup>Romaniuk O. I., <sup>2</sup>Oshchapovskyy I. V.

<sup>1</sup>Department of Physical Chemistry of Fossil Fuels InPOCC NAS of Ukraine

<sup>2</sup>Ivan Franko National University of Lviv

lesyashevchik@gmail.com

**Key words:** oil, oil products, oil-polluted soils, state of the soil, ecological evaluation.

Soil pollution is inevitable in course of oil extraction, transporting, storage, refining and usage of oil products. The affected soils lose their initial value and spread pollutants into the environment: air, ground- and surface waters, food chains. Effective environmental protection is impossible without reliable information about the state of polluted soil. An understanding of changes, which undergoes soil after oil (oil products) ingress, its ecological evaluation gives an opportunity to determine the state of the soil ecosystem and to select remediation measures, effective under given natural conditions.

The article elucidates the influence of various oil fractions on the morphological, physical, physicochemical and chemical properties of soils. The regularities of vertical and lateral oil migration through the soil were considered. The oil pollution resilience of different types of soils was also presented. The reaction of live organisms: germs, mesofauna, algoflora and plants on the influence of oil pollution was highlighted. An important aspect is a generalization of approaches towards the evaluation of the ecological state of oil- and oil-product-polluted soil because the threshold limit values of oil and the products of its refining in the soil are not established in Ukrainian legislation.

Our overview showed that multicomponent oil contamination, its temporal transformation, cumulative properties, high stability and toxicity, variability of hydrocarbon contents, absence of the threshold limit values for most oil products, inability to take into account the ecological hazard of *joint* action of hydrocarbons, products of their decomposition and interaction with other substances, present in water and soil, require complex approach towards solution of the problem. The first important stage of it is the integral evaluation of the ecological state of the soil.

### Вступ

Україна є промисловою державою з розвинутою інфраструктурою, що обумовлює ризик постійного забруднення довкілля токсичними речовинами. Нафта та нафтопродукти є одними з найбільш небезпечних видів забруднення, яке може проявлятися на всіх етапах промислового освоєння нафтових родовищ: буріння, переробки, зберігання, транспортування і ліквідації обладнання<sup>1,2</sup>. Нафтові забруднення важко розкладаються у зв'язку із складною структурою, високою стійкістю до дії факторів довкілля (температури, сонячної радіації, вологості і т.п.). Серед усіх компонентів наземних екосистем, ґрунти першими зазнають шкідливого впливу нафтового забруднення, яке тривалий час зберігається в ньому, через високу адсорбуючу здатність ґрунту. Порушені землі втрачають свою початкову цінність і стають джерелом поширення забруднюючих речовин у навколишнє середовище: повітря, підземні та поверхневі води, харчові ланцюги<sup>1</sup>.

Ефективний захист навколишнього середовища неможливий без достовірної інформації

про стан забрудненого ґрунту. Розуміння змін, які відбуваються з ґрунтом при потраплянні в нього різних кількостей нафти, динаміки вертикального та латерального поширення забруднювача, реакції живих організмів на забруднення та оцінювання дадуть можливість правильно визначити стан ґрунтової екосистеми та підібрати ефективні ремедіаційні заходи в конкретних умовах нафтового забруднення ґрунту.

**Мета роботи** – аналіз особливостей забруднення ґрунтів нафтою, нафтопродуктами та нормування і оцінка екологічного стану ґрунтів.

### Зміна властивостей ґрунту під впливом нафтового забруднення

На забруднених нафтою територіях формується специфічний мікроклімат, зумовлений мікрорельєфом, складом субстрату, порушеним водним та зміненим температурним режимами, з'являється специфічний запах. Зміна кольору нафтозабруднених ґрунтів, для яких переважають чорні, сіро-коричневі відтінки в верхній частині профілю і темно-бурі, коричнево-бурі, буро-охристі – в нижній<sup>3</sup>, призводить до надмірного поглинання сонячної

радіації та перегрівання<sup>4,6</sup>. При наявності у складі забруднювача сольового компоненту, паралельно відбувається засолення (рис. 1).

Кількість водорозчинних солей збільшується пропорційно забрудненню ґрунту нафтою. Нафтові виливи з високим вмістом важких фракцій вуглеводнів утворюють на поверхні щільну, в'язку бітумінозну кірку. Склеювання структурних частинок ґрунту призводить до значного зростання в'язкості і щільності ґрунтової маси, що погіршує його повітряно-водний режим. Такі ґрунти, втрачають здатність вбирати і затримувати вологу, в них створюються анаеробні умови, змінюється окисно-відновний потенціал. Порушується вуглецево-азотний баланс: різко зростає співвідношення між вуглецем і азотом за рахунок вуглецю нафти, знижується нітрифікаційна здатність, зменшується вміст нітратного азоту, вільного фосфору, обмінного калію а також поглинутих основ кальцію і магнію. Це погіршує азотний режим ґрунту і порушує кореневе живлення рослин. У високих концентраціях нафта чинить сильну токсичну дію на всю ґрунтову біоту, однак, період токсичності є порівняно недовготривалим. З часом інтенсивність токсичної дії нафти помітно знижується.

Полікомпонентність нафт та мінливість їх складу обумовлює різнобічну негативну дію на ґрунти<sup>7</sup>. Оскільки сира нафта являє собою складну суміш вуглеводнів і варіює за складом, то умовно нафту розділяють за густиною: на легку  $\rho < 850 \text{ кг/м}^3$ , середню  $\rho = 850 - 950 \text{ кг/м}^3$  і важку

$\rho > 950 \text{ кг/м}^3$ . Також виділяють три основні групи сполук, які допомагають оцінити вплив та поведінку нафтових виливів. За кількістю атомів Карбону та молекулярною масою виділяють легкі, середні та важкі компоненти нафти або легку, середню та важку фракції нафти.

Легка фракція нафти спричиняє більшу токсичну дію протягом перших днів експозиції і знижується з часом. Навпаки, токсичність важкої фракції збільшується із зростанням часу експозиції (120 днів). Вертикальне просування нафти вздовж ґрунтового профілю створює хроматографічний ефект диференціації складу нафти. У верхньому, гумусовому горизонті сорбуються високомолекулярні компоненти, які містять багато смолисто-асфальтенових речовин та циклічних сполук; в нижні горизонти проникають, в основному, низькомолекулярні сполуки, які володіють більш високою розчинністю у воді, ніж високомолекулярні компоненти<sup>8-10</sup>. Шкідливий екологічний вплив смолисто-асфальтенових компонентів нафти на ґрунтові екосистеми полягає не стільки у хімічній токсичності, скільки у значному порушенні фізичних, морфологічних і агрохімічних властивостей ґрунту: механічне витіснення нафтою повітря, посилення діяльності анаеробних мікроорганізмів, зміна водного балансу у системі ґрунт-рослина<sup>11</sup>. При цьому важкі компоненти (смоли, асфальтени слабо розкладаються ґрунтовою мікрофлорою і обумовлюють стійкі гідрофобні властивості забрудненого ґрунту.



Рис. 1. Наслідки негативного впливу нафти на ґрунт

Проведені дослідження вертикальної та латеральної міграції нафтової плями, та динаміки набуттої фітотоксичності ґрунту<sup>12</sup>, вказують на те, що в природних умовах відбувається інтенсивне випаровування летких компонентів нафти з поверхні ґрунту, яке триває в середньому 45 діб. При цьому з ґрунту випаровується від 25% до 50% нафти в залежності від типу ґрунту, а токсичність зменшується приблизно вдвічі. Нафтове забруднення розповсюджується по профілю ґрунту і через 6 місяців при початковому забрудненні 10%, фіксується вже на глибині 30-40 см<sup>12</sup>. Водорозчинні сполуки виявляються на глибині 39 см, деякі леткі – на глибині 24 см, смолянисті – 12 см, бітумні компоненти нафти – на глибині 7 см<sup>13</sup>. Після інтенсивного випаровування нафти з ґрунту у перші 45 днів<sup>10</sup> подальша фізико-хімічна, чи біохімічна трансформація забруднення відбувається стадійно через утворення ряду проміжних продуктів, якими є кисневмісні сполуки: спирти, органічні кислоти, альдегіди<sup>13</sup>. Кисневмісні продукти розчиняються у воді, тому легше мігрують за ґрунтовим профілем і виносяться із зони окислення. Смолянисті сполуки, що містять атоми сірки, азоту не мігрують і надовго залишаються в ґрунті.

В умовах лабораторних досліджень встановлено<sup>14,15</sup>, що сорбція і водопроникність ґрунту суттєво впливають на міграцію вуглеводнів. Зі збільшенням щільності ґрунту, кількість адсорбованої нафти зростає. Зі зростанням вологості ґрунту спостерігається зменшення сорбції нафти, але збільшується глибина її вертикальної міграції<sup>16</sup>. Для ґрунтів, забруднених нафтою, характерні більш низькі значення гігроскопічної вологості, водопроникності, вологоємності<sup>17-19</sup>. Так, показано зменшення в 1,5 рази вологості і 2,5 рази вологоємності чорнозему при його забрудненні нафтою<sup>20</sup>. При цьому, на фоні зменшення вологості верхніх горизонтів відбувається збільшення вологості підповерхневих горизонтів, що призводить до порушення водно-повітряного режиму та розвитку анаеробних процесів, спостерігається поява стовпчастої структури в нижній частині профілю ґрунтів, посилення оглеєння<sup>21</sup>. Гідрофобність ґрунту найбільша в перший рік забруднення<sup>22</sup>. У наступні роки вона дещо зменшується і стабілізується, але далеко не досягає фонового рівня, перевищуючи його близько в 100 раз. У перший рік нафтового забруднення капілярне підняття води повністю відсутнє, а повна, найменша вологоємність зменшувалася в порівнянні з контролем у 2,5 і 2,8 рази відповідно. Параметри повної, найменшої, капілярної вологоємності, максимальної гігроскопічності не повертаються до початкового рівня за три роки.

Ефект впливу нафтового забруднення залежить також і від багатьох інших факторів, включаючи

співвідношення C:N, рН-реакцію, вологість, вміст кисню, склад органічної речовини, родючість ґрунту. Кожен ґрунт володіє власним потенціалом і здатністю до поглинання, перетворення, метаболізму, зберігання і накопичення забруднюючих речовин, що може впливати на всі аспекти біодоступності і токсичності забруднення. Мінерально-хімічний склад ґрунту, а також структура частинок визначає здатність ґрунту до сорбції різних органічних сполук. Наприклад, гумінові кислоти містять ароматичні структури, як і аліфатичні вуглеводні з -NH<sub>2</sub>, =NH, -OH- групами, що дозволяють утворювати додаткові внутрішньомолекулярні взаємодії між компонентами нафти і ґрунту.

Більш стійкими до забруднення нафтою виявилися чорноземи і дерново-карбонатні ґрунти, а бурі лісові і сіро піски – більш чутливими. Це пояснюється тим, що перші відрізняються хорошою оструктуреністю, окислювальними умовами і високою біологічною активністю, що сприяє їх більшій стійкості до нафтозабруднення і, зокрема, більшою швидкістю розкладання нафти<sup>21</sup>. При надходженні нафти в ґрунти піщаного гранулометричного складу спостерігається її активна міграція з подальшим накопиченням в нижніх горизонтах, а також вихід у ґрунтові і підземні води<sup>24,25</sup>.

Нафтове забруднення веде до перебудови ґрунтово-вбирного комплексу<sup>19,26,27</sup>. При високому забрудненні (5, 10 і 25% нафти в ґрунті) зменшується кількість обмінних катіонів (Ca<sup>2+</sup>, Mg<sup>2+</sup>) і величина ємності катіонного обміну, що підтверджено для різних типів ґрунтів: підзолистий, алювіальний, сірий лісовий. Зміни в ґрунтово-вбирному комплексі в результаті забруднення ґрунту нафтою (особливо сирою нафтою, з високим вмістом мінеральних солей) призводять до зміщення лужно-кислотних умов – спостерігається підлужнення початково кислих і слабо-кислих ґрунтів<sup>26,28</sup> або підкислення близьких до нейтральних і нейтральних ґрунтів на 0,1-0,3 одиниці рН<sup>19</sup>. При забрудненні нафтою початково нейтрального лугово-алювіального ґрунту спостерігали підкислення ґрунтового розчину на 0,8-1,6 одиниць рН<sup>27</sup>.

У ґрунтах нафтопромислів відзначається підвищення концентрації важких металів. Зокрема, дослідники вказують на перевищення фонового вмісту As, Pb, Cu, Zn, V і Ni<sup>30,31</sup>.

### Вплив нафти на живі організми

Біологічні властивості ґрунтів теж різко змінюються у відповідь на нафтове забруднення, зокрема відбувається зниження активності більшості ґрунтових ферментів<sup>32,33</sup>. Хоча існують також публікації, в яких вказується на збільшення активності каталази<sup>34</sup>, дегідрогенази<sup>9,26</sup>, уреаз<sup>9</sup>, інвертази<sup>35</sup>. Ряд чутливості ферментів до забруднення ґрунту нафтою вимальовується наступним чином: дегідрогеназа > каталаза > уреаз > інвертаза.



Вуглеводні нафти впливають на мікроорганізми через трансформацію фізико-хімічних властивостей ґрунту: зменшення доступності елементів мінерального живлення, погіршення водного і повітряного режимів, зміна реакції ґрунтового середовища і структури ґрунту<sup>36</sup>, та прямий токсичний вплив, який пов'язаний, в першу чергу, з летючими ароматичними вуглеводнями (бензол, толуолом, ксилолом і ін.), нафталином і деякими іншими водорозчинними сполуками<sup>37</sup>.

Відбувається неоднозначний вплив нафти на комплекс ґрунтових мікроорганізмів: розвиток одних пригнічується інших стимулюється, що залежить від концентрації та складу забруднювача та біологічних особливостей організмів<sup>38</sup>. Найбільш чутливі до нафтового забруднення актиноміцети, нітрифікатори<sup>38-40</sup>, целюлозоруйнуючі мікроорганізми<sup>4,41</sup>. На протигагу зниженню чисельності, або ж повного випадання найбільш чутливих ланок мікробного угруповання ґрунту, відбувається збільшення чисельності нафтоокислюючих мікроорганізмів<sup>18</sup> і мікроміцетів, які використовують вуглеводні нафти як поживний субстрат. Повідомляється про збільшення числа фітопатогенних та фітотоксичних ґрунтових грибів<sup>42</sup>, накопичення в забруднених ґрунтах потенційно небезпечних та алергенних для людини видів<sup>43</sup>.

Альгофлора ґрунтів реагує на забруднення нафтопродуктами багато в чому так само, як мікрофлора. Низька концентрація сирової нафти (0,01 %) стимулює зростання зелених водоростей *Chlorella homosphaera* і *Chlorella vulgaris* (на 16 і 15 %), тоді як більш висока концентрація (0,3 %) викликає істотне скорочення (15 і 20 %) чисельності<sup>44</sup>. Найбільш стійкими до нафтопродуктів виявилися представники синьо-зелених водоростей, або ціанобактерій, які домінували на забруднених ґрунтах<sup>45</sup>. Є припущення, що ціанобактерії здатні засвоювати вуглеводні нафти<sup>46</sup>.

Мезофауна (дощові черв'яки, багатоніжки, моллюски, імаго і личинки комах) вважається однією з найбільш чутливих компонентів екосистем до вуглеводневого забруднення ґрунтів. Найчутливішими виявились моллюски, а найстійкішими багатоніжки класу *Chilopoda*, здатні виживати на ділянках з забрудненням нафтою понад 20 % нафти. Проміжне становище займають дощові черв'яки, павуки і комахи<sup>47,48</sup>.

Вплив нафтового забруднення на рослини відбувається двома шляхами: безпосередньо, внаслідок проникнення компонентів нафти через кореневу систему або продихи листків і включення їх в метаболізм, та опосередковано, через зміни фізико-хімічного складу ґрунту і відповідно порушення його біотичних властивостей. Проникнення компонентів рідких фракцій нафтопродуктів у рослинний організм через кореневу систему зумовлює мутагенні реакції, морфогенетичні і фенологічні відхилення від нормального розвитку<sup>49</sup>.

Виявлено, що невисокі концентрації нафти у ґрунті (за різними даними до 5%) не чинять істотного впливу або навіть можуть стимулювати ріст рослин, збільшуючи такі показники як схожість, біомасу, довжину надземної чи підземної частини, вміст хлорофілів у листках<sup>19</sup>. При подальшому збільшенні вмісту нафти у ґрунті починає проявлятися істотний пригнічуючий вплив або ж повна загибель рослин<sup>19,26,50</sup>.

Вплив нафти на збереження ґрунтового покриву визначається глибиною її проникнення в ґрунт, а також глибиною розміщення органів вегетативного розмноження рослин<sup>51</sup>. При рівні забруднення 1,5 л/м<sup>2</sup> нафта, проникаючи в лісову підстилку на глибину до 2 см, викликає загибель лишайників, сходів сосни і кедра. При забрудненні 5 л/м<sup>2</sup> приводить до повного просочення лісової підстилки і викликає загибель не тільки мохів та лишайників, а й чагарників – брусниці і чорниці<sup>51</sup>. За іншими даними повна загибель трав'янистих рослин відбувається при обсязі витoku 1,1 л/м<sup>2</sup>, тобто вмісті 0,5% нафти в 15 см шарі ґрунту, а припинення росту рослин спостерігається, зазвичай, при вмісті нафти >3500 мг/кг, що становить 0,35%. В різних кліматичних умовах період відновлення рослинності на ґрунтах при їх сильному забрудненні може становити 10-20 років і більше<sup>49,52</sup>.

#### Нормування і оцінка екологічного стану ґрунту, забрудненого нафтопродуктами

Небезпечним вважається рівень забруднення ґрунту, який перевищує межу потенціалу самоочищення. У Європі прийнято вважати верхнім безпечним рівнем вмісту нафтопродуктів в ґрунті 1–3 г/кг, початком серйозної екологічної шкоди – 20 г/кг і вище. В країнах ближнього зарубіжжя граничнодопустимі концентрації (ГДК) нафтопродуктів у ґрунті не розроблені, за винятком Татарстану (Росія). Для Татарстану ГДК нафтопродуктів у ґрунті становить 1,5 г/кг, що відповідає транслокаційному (фітоаккумуляційному) показнику шкідливості. Використовують також міграційний водний показник шкідливості (13,1 г/кг), міграційний повітряний (більше 5 г/кг) і загально-санітарний (більше 5 г/кг)<sup>53</sup>.

В Україні ГДК нафти і продуктів її переробки в ґрунті не визначена, є лише посилення на орієнтовно допустиму концентрацію (ОДК) 0,2 мг/кг<sup>54</sup>. У інших джерелах<sup>55,56</sup> визначена ОДК для ґрунту – 4 г/кг, яка широко використовується для аналізу забрудненості ґрунтів нафтопродуктами. Орієнтування на цей показник не може гарантувати отримання об'єктивних оцінок, особливо зважаючи на те, що кларк вмісту нафтових вуглеводнів у ґрунті в європейських країнах коливається в межах 0,01-0,5 г/кг, а у великих містах України досить звичні показники 1-3 г/кг. На територіях, прилеглих до підприємств переробки, видобування та зберігання нафтопродуктів, фон досягає 6 г/кг<sup>57</sup>.

Відповідно для чорноземної зони України<sup>58</sup> пропонується встановити такі градації забруднення ґрунтів нафтою та нафтопродуктами: незабруднені – менше 400 мг/кг (0,4 г/кг); слабо забруднені – 3000-6000 мг/кг (3-6 г/кг); середньо забруднені – 6000-12000 мг/кг (6-12 г/кг); сильно забруднені – 12000-25000 мг/кг (12-25 г/кг); дуже сильно забруднені – понад 25000 мг/кг (>25 г/кг).

Мірошниченко<sup>59</sup> пропонує систему екологічних, господарських і меліоративних нормативів у випадку вуглеводневого забруднення ґрунтів. Так, для визначення ступеню нафтового забруднення ґрунтів суглинного і глинистого гранулометричного складу автором запропоновано використовувати наступні градації: 400-1000 мг/кг (0,4-1 г/кг) – незначне забруднення; слабке – 1000-4000 мг/кг (1-4 г/кг); середнє забруднення – 4000-20000 мг/кг (4-20 г/кг); сильне – 20000-100000 мг/кг (20-100 г/кг); дуже сильне забруднення – понад 100000 мг/кг (>100 г/кг).

Враховуючи фізико-географічні умови України (клімат, типи і склад ґрунту, рослинність та ін.), а також характер землекористування, які впливають на процеси самоочищення у разі забруднення нафтопродуктами, В. І. Соловйов<sup>60</sup> пропонує прийняти такі ступені градації забруднення ґрунтів нафтою і нафтопродуктами (з урахуванням кларку): незабруднені – до 1,5 г/кг; слабозабруднені – від 1,5 до 5,0 г/кг; середньозабруднені – від 5,0 до 13,0 г/кг; сильнозабруднені – від 13,0 до 25,0 г/кг; дуже сильно забруднені – більше 25,0 г/кг.

Вищезапропоновані градації<sup>55-59</sup> нафтового забруднення, отримані в результаті диференціальної оцінки – аналітичного вмісту нафти в ґрунті – не є вичерпними. Полікомпонентність нафтового забруднення, його динамічність, що супроводжується не лише розкладанням, але й хімічним перетворенням одних сполук в інші, часом більш токсичні, вимагає комплексного підходу та врахування впливу забруднення на живі організми.

Інтегральну оцінку екологічного стану ґрунту дає визначення фітотоксичності за методикою Романюк О.І.<sup>61</sup>, яка пов'язує рівень нафтового забруднення ґрунтів з впливом на рослинні тест-організми та розроблену на її основі шкалу токсичності для рівнів 0,4-15 % забруднення ґрунту нафтою<sup>62</sup> (табл. 1).

Таблиця 1 – Шкала токсичності нафтозабруднених ґрунтів

Фітотоксичність	Вміст нафти у ґрунті, %	Рівень забруднення
<0,6	<0,4	Допустимий
0,6–1,5	0,4–2,5	Загрозливий
1,5–3,0	2,5–10,0	Передкризовий
3,0–4,0	10,0–15,0	Кризовий
>4,0	>15,0	Катастрофічний

Фітотоксичність визначають<sup>61</sup> за величиною ефективною токсичності, що характеризує ефект

сумарного впливу токсиканта на ростові параметри тест-об'єктів на п'яту добу росту, коли вже достатньо проявляється токсична дія нафти, але ще не встигають проявитись інші, генеровані нею, пошкоджувальні фактори. Ця методика забезпечує інтегральну екологічну оцінку нафтозабрудненого ґрунту – кількісне визначення токсичності, вмісту поллютанта в ґрунті та рівня забруднення.

### Висновки

Нафтова галузь, відіграючи важливу роль у світовій економіці, є одним з найбільш інтенсивних джерел забруднення навколишнього середовища. Видобуток, транспортування, зберігання та збут нафти і нафтопродуктів значно впливають на стан довкілля, приводячи до глибокої зміни всіх його компонентів.

В цілому в забруднених нафтою ґрунтах відбувається порушення екологічної рівноваги в ґрунтовій системі; зміна морфологічних, фізичних, фізико-хімічних і хімічних характеристик ґрунтових горизонтів і будови ґрунтового профілю; порушення природного співвідношення між окремими групами і фракціями органічної речовини ґрунтів; проникнення нафти і нафтопродуктів в ґрунтові води; зниження ґрунтової родючості і виникнення токсикологічно небезпечних ситуацій.

Відсутність для більшості з нафтопродуктів встановлених нормативів ГДК, унеможлиблює врахування екологічної небезпеки сумісної дії вуглеводнів. В Україні ГДК нафти і продуктів її переробки в ґрунті не визначені. Запропоновані системи екологічних, господарських і меліоративних нормативів у випадку вуглеводневого забруднення ґрунтів, що ґрунтуються на диференціальній оцінці – аналітичного вмісту нафти в ґрунті не відображають кумулятивної дії, трансформацію вуглеводнів в часі, токсичності, а тому не є достатніми.

Інтегральна екологічна оцінка, яка пов'язує рівень нафтового забруднення ґрунтів з впливом на рослинні тест-організми дає кількісне визначення токсичності, вмісту поллютанта в ґрунті та рівня забруднення і є першою спробою комплексної оцінки такого складного забруднення, як нафтове.

Наведений огляд літературних даних впливу нафти на нафтопродуктів на ґрунти вказав на незавершеність питання нормування і оцінки екологічного стану ґрунту, забрудненого нафтою та нафтопродуктами, а тому потребує подальших наукових досліджень. Нормування і оцінка екологічного стану нафтозабрудненого ґрунту є важливими при розробленні технологій ліквідації наслідків цього не постійного за своїм складом забруднення і повинні враховуватись на всіх етапах промислового освоєння нафтових родовищ. Це дасть змогу передбачити і запобігти розвитку надзвичайних ситуацій, що значно зменшить негативний вплив на навколишнє середовище.

## Література

- (1) В.С. Білецький. Нафтою й нафтопродуктами забруднення. Енциклопедія Сучасної України: енциклопедія [електронна версія] ред.:І.М.Дзюба, А.І.Жуковський, М.Г.Железняк та ін., НАН України, НТШ. Київ: Інститут енциклопедичних досліджень НАН України. 2020, Т.22
- (2) Романюк О. І., Ощиповський І.В., Шевчик Л. З. Моніторинг загазованості території м. Борислава. *Екологічні науки*. 2022, 5(44), 36 – 42. doi: 10.32846/2306-9716/2022.eco.5-44.5
- (3) Сулейманов, Р. Р.; Назырова, Ф. И. Изменение буферности почв при загрязнении нефтепродуктами водами и сырой нефтью. *Вестник ОГУ* 2007, 4, 133-139.
- (4) Каралов, А. М. Регулирование теплового режима нефтезагрязненных земель в условиях их биологической рекультивации. *VIII всесоюз. съезд почвоведов: тезисы докладов*. Кн. 1. Новосибирск. 1989, 37.
- (5) Шевчик, Л. З., Романюк, О. І. Використання обліпихи крушиновидної для фітореMediaції нафтозабруднених ґрунтів. *Біологічний вісник МДПУ імені Богдана Хмельницького*. 2016, 6 (3), 472–480. doi: 10.15421/2016120.
- (6) Шевчик-Костюк, Л. З.; Романюк, О. І.; Жак Т. В.; Жак О. В.; Рикмас, Я.В. Екологічний моніторинг ґрунтового покриву Бориславського озокеритового родовища. *Екологічні науки*. 2020, 1(28), 122-129. doi: 10.32846/2306-9716/2020.eco.1-28.18
- (7) Мірошниченко, М. М. Стійкість ґрунту як основа педоекологічного нормування забруднення. Автореф. дис... д-ра біол. наук: Харків, Нац. наук. центр „Ін-т ґрунтознавства та агрохімії ім.О.Н.Соколовського”, 2005. 37 с.
- (8) Бабаджанова, О. Ф.; Гринчишин, Ю. Г.; Сукач, Н. М. Міграція нафти і нафтопродуктів у поверхневій шарі ґрунту при аварійних розливах. *Безпека життя і діяльності людини – освіта, наука, практика: зб. наук. праць X міжнар. наук.-метод. конф. К.: Національний авіаційний університет*. 2011, 22-26.
- (9) Елин, Е. С. Биогеохимическая трансформация нефти-загрязнителя и болотного биогеоценоза при их взаимодействии. *Вестник экологии, лесоведения и ландшафтоведения*. 2002, 3, 153-166.
- (10) Солнцева, Н. П. Добыча нефти и геохимия природных ландшафтов. М.: Изд-во МГУ. 1998, 376 с.
- (11) Чупахина, Г. Н.; Масленников, П. В. Адаптация растений к нефтяному стрессу. *Экология*. 2004, 5, 330-335.
- (12) Романюк, О. І.; Шевчик, Л. З.; Жак, Т. В. Зміна кількості нафти та динаміка фітотоксичності ґрунту при нафтовому забрудненні. *Екологічна безпека та збалансоване ресурсокористування*. 2018, 2(18), 7-14. doi:10.31471/2415-3184-2018-2(18)-7-14.
- (13) Ротарь, О. В.; Искрижицкая, Д. В.; Искрижицкий, А. А. Биологическая рекультивация нефтезагрязненных ґрунтов. *Международный научно-исслед. журнал. Химические науки*. 2013, 7. [Электронный ресурс]: [www.research-journal.org](http://www.research-journal.org).
- (14) Гринчишин, Н.; Бабаджанова, О.; Лагуш Н. Вертикальна міграція дизельного палива в ґрунтах різного типу. *Вісник Львівського національного аграрного університету. Серія: Агрономія*. 2014, 18, 35-40.
- (15) Sikkema, J.; A. M. de Bont; Poolman, B. Mechanisms of Membrane Toxicity of Hydrocarbons. *Microbiological REVIEWS*. 1995, 59(2), 201-222. doi: 10.1128/mr.59.2.201-222.1995
- (16) Phillips, Lori A.; Greer, Charles W.; Farrell, R. E.; Germida, James J. Field- scale assessment of weathered hydrocarbon degradation by mixed and single plant treatments. *Appl. Soil Ecol.* 2009, 42, 9-17. doi: 10.1016/j.apsoil.2009.01.002.
- (17) Басюл, Е. В. Методы очистки и рекультивации среды от нефтепродуктов. *II Международная научная конференция «Современные проблемы загрязнения почв»: сборник материалов*. Том 2, М.: Изд-во МГУ, 2007, 2, 262-264.
- (18) Логинов, О. Н.; Силищев, Н. Н.; Бойко, Т. Ф.; Галимзянова, Н. Ф. Биотехнологические методы очистки окружающей среды от техногенных загрязнений. Уфа: Государственное издательство научнотехнической литературы "Реактив", 2000, 100 с.
- (19) Леднев, А. В. Изменение свойств дерново-подзолистых суглинистых почв под действием загрязнения продуктами нефтедобычи и приемы их рекультивации. Автореф. дис. ... доктора с-х. наук: 06.01.03. Ижевск. 2008. 43с.
- (20) Хазиев, Ф. Х. Экология почв Башкортостана. Уфа: АН РБ, Гилем, 2012, 312 с.
- (21) Шамраев, А. В.; Шорина, Т. С. Влияние нефти и нефтепродуктов на различные компоненты окружающей среды. *Вестник Оренбургского государственного университета*. 2009, 6(100), 642–645.
- (22) Панасенко, Є. В. Вплив агроеліоративних заходів на відновлення властивостей та родючості нафтозабрудненого чорнозему. Автореф. дис... канд. с.-г. наук: 06.01.03. Харків. 2007. 24 с.



- (23) Колесников, С. И.; Азнаурьян, Д. К.; Казеев, К. Ш.; Вальков, В. Ф. Устойчивость биологических свойств почв Юга России к нефтяному загрязнению. *Экология*. 2010, 5, 357-364.
- (24) Безносиков, В. А.; Лодыгин, Е. Д.; Кондратенко, Б. М. Экологическая оценка почв в районе эксплуатации нефтяных месторождений в условиях Севера. *Международный экологический форум "Сохраним планету Земля": сборник докладов*. СПб.: Центральный музей почвоведения им. В. В. Докучаева 2004, 144-148.
- (25) Овчинникова, И. Н. Экологический риск и загрязнение почв. М., 2003. 364 с.
- (26) Алиев, И. Н. Естественное облесение и биологическая рекультивация нарушенных земель северного Кавказа (на примере Кабардино-Балкарии). Автореф. дис. ... док. с.х. н.: 06.03.01. Волгоград. 2012. 42 с.
- (27) Фарахова, И. З. Агрохимические свойства и приемы рекультивации нефтезагрязненных серых лесных почв Предкамья Республики Татарстан. Автореф. дисс. ... канд. с/х. наук: 06.01.04. Казань. 2009. 20 с.
- (28) Лапина, Г. П.; Чернавская, Н. М.; Литвиновский, М. Е.; Сазанова, С. В. Физико-химические характеристики загрязнения окружающей среды при техногенных катастрофах (разлив нефти). *Химическая и биологическая безопасность*. 2007, 1 (31), 24-32.
- (29) Сулейманов, Р. Р.; Абдрахманов, Т. А.; Жаббаров, З. А.; Турсунов, Л. Т. Ферментативная активность и агрохимические свойства лугово-аллювиальной почвы в условиях нефтяного загрязнения. *Известия Самарского научного центра РАН*. 2008, 10(2), 294-298.
- (30) Романюк, О. І.; Шевчик, Л. З. Комплексний екологічний моніторинг нафтозабруднених територій на прикладі м.Борислава. *Вісник Вінницького політехнічного інституту*. 2013, 5, 19-22.
- (31) Жак, Т. В.; Рикмас, Я. В.; Шевчик, Л. З.; Романюк, О. І.; Жак, О. В. Еколого-аналітичний моніторинг стану ґрунтів озокеритової шахти м. Борислава. *Міжнародна наукова конференція студентів, аспірантів і молодих учених «Хімічні проблеми сьогодення (ХПС – 2018)*, м. Вінниця. 2018, 19.
- (32) Козлов, К. С. Влияние загрязнения почвы нефтепродуктами на дождевых червей. Автореф. дис. ... канд. биол. наук: 03.00.16. Томск. 2003. 13с.
- (33) Новоселова, Е. И. Экологические аспекты трансформации ферментативного пула почвы при нефтяном загрязнении и рекультивации. Автореф. дис. ... док. биол. наук. Воронеж: ВГУ. 2008. 42с.
- (34) Щемелинина, Т. Н. Биологическая активность нефтезагрязненных почв Крайнего севера на разных стадиях их восстановления и при рекультивации (на примере Усинского района Республики Коми). Автореф. дис. канд. биол. наук: 03.00.27, 03.00.16. Воронеж. 2008. 24 с.
- (35) Ибрагимова, С. Т. Биологическое диагностирование нефтезагрязненных почв месторождений Казахстана. Автореферат дис. ... канд. биол. наук: 03.00.16. Алматы. 2009. 18 с.
- (36) Назаров, А. В.; Ананьина, Л. Н.; Ястребова, О. В.; Плотникова, Е. Г. Влияние нефтяного загрязнения на бактерии дерновоподзолистой почвы. *Биология почв*. 2010, 12, 1489-1493.
- (37) Griffin, L. F.; Calder, G. A. Toxic effect in water-soluble fractions of crude, refined and weathered oils on the growth of a marine bacterium. *Appl. Environ. Microbiol.* 1997, 33(5), 1092-1101. doi: 10.1128/aem.33.5.1092-1096.1977.
- (38) Киреева, Н. А. Микробиологические процессы в нефтезагрязненных почвах. Уфа: Изд-во БашГУ, 1994. 171с.
- (39) Исмаилов, Н. М. Влияние нефтяного загрязнения на круговорот азота в почве. *Микробиология*. 1983, 6, 1003-1007.
- (40) Пархоменко, А. Н.; Сопрунова, О. Б. Влияние нефти на микроорганизмы круговорота азота в почвах аридной зоны. *Вестник астраханского государственного технического университета*. 2006, 3, 178-182.
- (41) Колесников, С. И.; Татосян, М. Л.; Азнаурьян, Д. К. Изменение ферментативной активности чернозема обыкновенного при загрязнении нефтью и нефтепродуктами в модельных экспериментах. *Доклады Россельхозакадемии*. 2007, 5, 32-34.
- (42) Киреева, Н. А.; Бакаева, М. Д.; Галимзянова, Н. Ф. Влияние нефтяного загрязнения на скорость роста микромицетов. *Проблемы медицинской микологии*. 2005, 7(2), 40-41.
- (43) Evdokimova, G. A.; Korneykova, M. V.; Lebedeva, E. V. Complexes of potentially pathogenic microscopic fungi in anthropogenic polluted soils. *Environmental science and health. Part A*. 2013, 48 (7), 746- 752. doi: 10.1080/10934529.2013.744615.
- (44) El-Sheekh, M. M.; El-Naggar, A. H.; Osman, M. E. H.; Haieder, A. Comparative Studies on the Green Algae *Chlorella Homosphaera* and *Chlorella Vulgaris* with Respect to Oil Pollution in the River Nile. *Water, Air, & Soil Pollution*. 2000, 124 (1-2), 187-204. doi: 10.1023/A:1005268615405.
- (45) Штина, Э. А.; Некрасова, К. А. Водоросли загрязненных нефтью почв. *Восстановление нефтезагрязненных почвенных экосистем*. М.: Наука, 1988, 57-81.



- (46) Кабиров, Р. Р.; Киреева, Н. А.; Кабиров, Т. Р.; Дубовик, И. Е.; Якупова, А. Б.; Сафиуллина Л. М. Оценка биологической активности нефтезагрязненных почв с помощью интегрального показателя. *Почвоведение*. 2012, 2, 184-188.
- (47) Козлов, К. С. Влияние загрязнения почвы нефтепродуктами на дождевых червей. Автореф. дис. ... канд. биол. наук: 03.00.16. Томск, 2003, 13с.
- (48) Соромотин, А. В. Влияние нефтяного загрязнения на почвенных беспозвоночных (мезофауны) в таежных лесах Среднего Приобья. *Сибирский экологический журнал*. 1995, 6, 549-552.
- (49) Назаров, А. В. Влияние нефтяного загрязнения почвы на растения. *Вестник Пермского университета*. 2007, 5 (10), 135-141.
- (50) Джура, Н. М. Можливості використання рослинних тест-систем для біомоніторингу нафтозабруднених ґрунтів. *Біологічні Студії*. 2011, 5(3), 183-196.
- (51) Чижов, Б. Е.; Захаров, А. И.; Гаркунов, Г. А. Деградиционно-восстановительная динамика лесных фитоценозов после нефтяного загрязнения. *Леса и лесное хозяйство Западной Сибири*. 1998, 6, 160-172.
- (52) Максименко, О. Е.; Червяков, Н. А.; Каркишко, Т. И. Динамика восстановления растительности антропогенно нарушенного сфагнового болота на территории нефтепромысла в Среднем Приобье. *Экология*. 1997, 4, 243-247.
- (53) Шестоपालов, О. В.; Бахарева, Г. Ю.; Мамедова, О. О.; Твердохлебова, Н. Є.; Єршов, Д. І.; Міхєнко (Ященко), Л. О.; Соболев, Ю. О.; Євтушенко, Н. С.; Васьковець, Л. А.; Чиркіна, М. А. Охорона навколишнього середовища від забруднення нафтопродуктами: навч. посібник. Харків: НТУ "ХПІ", 2015, 116 с.
- (54) Методика визначення збитку, обумовленого забрудненням і засміченням земельних ресурсів в результаті порушення природоохоронного законодавства. Міністерство охорони навколишнього природного середовища і ядерної безпеки, Київ. 1998.
- (55) ГСТУ 41-00032626-00-023-2000. "Охрана доквілля. Рекультивация земель під час спорудження нафтових і газових свердловин", Київ, Міністерство екології та природних ресурсів України, 2000. 69с.
- (56) РД 41-580 4046-200-91. Охрана окружающей среды при строительстве разведочных и эксплуатационных скважин на нефть и газ. К.: Госкомгеологии Украины, 1991. 64 с.
- (57) Франчук, Г. М.; Радомська, М. М. Оцінювання забруднення ґрунтів нафтопродуктами внаслідок діяльності автозаправних станцій. *Вісн. Нац. авіац. ун-ту*. 2009, 1, 46-49.
- (58) Демиденко, А. Я.; Демурджан, В. М. Пути восстановления плодородия нефтезагрязненных почв черноземной зоны Украины. *Восстановление нефтезагрязненных почвенных экосистем*. 1988, 197-206.
- (59) Мирошниченко, Н. Н. Принципы регламентации углеводородного загрязнения почв Украины. *Почвоведение*. 2008, 5, 614-622.
- (60) Соловьев, В. И.; Кожанова, Г. А. Биоремедиация как основа восстановления нефтезагрязненных почв. *Мир экологии*. 2004, 2, 21-25.
- (61) Романюк, О. І. Розробка методу оцінки токсичності нафтозабруднених ґрунтів. *Вісник Львівського університету. Серія біологічна*. 2016, 72, 93-100.
- (62) Романюк, О. І.; Шевчик, Л. З.; Ощиповський, І. В.; Жак, Т. В. Методика екологічного оцінювання нафтозабруднених ґрунтів. *Вісник Дніпропетровського університету. Біологія, екологія*. 2016, 24(2), 264-269. doi:10.15421/011633.