

БІОЛОГІЧНІ НАУКИ

DOI: <https://doi.org/10.32839/2304-5809/2020-5-81-62>

УДК 504.4.06(477.54):665.66

Крайнюков О.М., Кривицька І.А., Хоменко А.С.
Харківський національний університет імені В.Н. Каразіна

ОЦІНКА ВПЛИВУ ВИРОБНИЧОЇ ДІЯЛЬНОСТІ НАФТОПЕРЕРОБНОГО ПІДПРИЄМСТВА НА ЕКОЛОГІЧНИЙ СТАН ҐРУНТОВОГО ПОКРИВУ

Анотація. Вирішення проблеми забруднення довкілля нафтопродуктами та побічними речовинами їх видобутку або використання котується підвищеною актуальністю, адже наразі людство перебуває на піку розвитку нафтовидобувної промисловості, де економічна складова стоїть кількома сходинками вище екологічної. Парадоксальним є те, що концепція сталого розвитку навіть високорозвинених країн не забезпечується повним чином, зважаючи на наявність очевидних прогалин у сфері формування собівартості нафтопродуктів та вартості їх збуту, де екологічна складова предстала поверхнево або відсутня взагалі, що викликає велике занепокоєння. В статті розглянуто проблему впливу виробничої діяльності нафтопереробного підприємства на екологічний стан ґрунтового покриву. В якості об'єкту досліджень було обрано територію, яка знаходиться під впливом виробничої діяльності Шебелинського ВПГКН. При визначенні допустимого вуглеводневого навантаження на природне середовище доцільно враховувати, поряд з встановленими нормативами нафтопродуктів для відповідних компонентів, результати оцінки стану біотичної складової наземних екосистем за допомогою біологічних показників. Одним із таких показників є загальна токсичність, який характеризує біологічну повноцінність і ступінь біологічної небезпеки середовища мешкання організмів. Для оцінки впливу вуглеводневих забруднень на екологічний стан ґрунтів, поряд з використанням аналітичних методів вимірювання вмісту нафтопродуктів у компонентах ландшафту запропоновано здійснювати їх біотестування, в основу якого покладено використання реакцій відповідних тест-організмів на сумісний вплив речовин, присутніх у середовищі, яке тестується. Для цієї мети розроблено систему біотестування для визначення фітотоксичності ґрунтів. Влітку 2019 року було проведено дослідження вмісту нафтопродуктів та фітотоксичних властивостей ґрунтів на ділянках, прилеглих до вищеозначених свердловин. В 4 пунктах спостережень було 9 разів відібрано зразки ґрунтів. Аналіз отриманих результатів визначення вмісту нафтопродуктів у ґрунтах та їх фітотоксичних властивостей показав, що серед 36 проб ґрунтів, що відбирались в межах досліджувальних ділянок найбільший вміст нафтопродуктів мав значення 118 мг/кг. Фітотоксичні властивості ґрунтів було визначено у 75% відібраних проб, із яких 37% були слабо забруднені; 33% помірно забруднені та 30% брудні. По завершенню експериментальних досліджень було запропоновано природоохоронні заходи у вигляді стратегії відновлення локальної екосистеми в межах Шебелинського ВПГКН, обґрунтована їх доцільність та економічна виправданість.

Ключові слова: ґрунти, вуглеводневе забруднення, біотестування, токсичність.

Krainsiukov Oleksii, Kryvytska Ivetta, Khomenko Artem
V.N. Karazin Kharkiv National University

ASSESSMENT OF THE IMPACT OF THE OIL PROCESSING ENTERPRISE'S PRODUCTION ACTIVITY ON THE ECOLOGICAL CONDITION OF THE SOIL COVER

Summary. Solving the problems of environmental pollution by petroleum products and by-products of their production or use is highly relevant, because humanity is currently at the peak of the oil industry, where the economic component is several steps above the environmental. Paradoxically, the concept of sustainable development, even in highly developed countries, is not fully ensured, given the obvious gaps in the cost of petroleum products and the cost of sales, where the environmental component is superficial or absent, which is of great concern. The article considers the problem of the influence of the production activity of the oil refining enterprise on the ecological condition of the soil cover. The territory under the influence of the production activity of the Shebelinsky VPGKN was chosen as the object of research. When determining the allowable hydrocarbon load on the environment, it is advisable to take into account, along with the established standards of petroleum products for the relevant components, the results of the assessment of the biotic component of terrestrial ecosystems using biological indicators. One of such indicators is the general toxicity which characterizes biological completeness and degree of biological danger of a habitat of organisms. To assess the impact of hydrocarbon pollution on the ecological condition of soils, along with the use of analytical methods for measuring the content of petroleum products in landscape components, it is proposed to perform their biotesting, based on the use of reactions of relevant test organisms. For this purpose, a biotesting system has been developed to determine the phytotoxicity of soils. In the summer of 2019, a study was conducted on the content of petroleum products and phytotoxic properties of soils in areas adjacent to the above wells. Soil samples were taken 9 times at 4 observation points. The analysis of the obtained results of determining the content of oil products in soils and their phytotoxic properties showed that among the 36 soil samples taken within the study areas, the highest content of oil products was 118 mg / kg. Phytotoxic properties of soils were determined in 75% of samples, of which 37% were slightly contaminated; 33% moderately polluted and 30% dirty. Upon completion of the experimental research, environmental protection measures were proposed in the form of a strategy for the restoration of the local ecosystem within the Shebelinsky VPGKN, their feasibility and economic justification were substantiated.

Keywords: soils, hydrocarbon pollution, biotesting, toxicity.

Постановка проблеми. Особливістю нафтохімічного забруднення є утворення вуглеводнями та продуктами їх розпаду токсичних сполук, що впливають, насамперед, на стан родючості ґрунтів зони аерації та підземних вод. Встановлено експериментально, що період відновлення ґрунтово-рослинного покриву після їх забруднення нафтою в кількості 12 л/м³ складає від 10 до 15 років залежно від кліматичних та ландшафтно-геохімічних особливостей території. При захороненні ґрунтів, забруднених нафтою, зростають строки їх очищення, оскільки біологічний розклад вуглеводнів прямо залежить від надходження кисню. На місцевому рівні здійснюється вплив електромагнітних і шумових полів антропогенного походження та радіоактивних полів природного походження, які можуть викликати негативні наслідки та різні захворювання (особливо при забрудненні атмосферного повітря, ґрунтів, поверхневих та ґрунтових вод і продуктів харчування радіонуклідами), що зумовлено насамперед підняттям на поверхню солей торію і радію в процесі видобутку нафти. Також нафтопромислова інфраструктура може спричинити погіршення естетичності сприйняття довкілля через наявність техногенних об'єктів, через шумове та ароматичне забруднення. Хоча ці явища є тимчасовими і мають локальний характер, умови циркуляції повітря можуть сприяти поширенню цих проблем до населених пунктів. Значною проблемою нафтовидобувної промисловості є те, що в процесі застарілої технології нафтовидобування, земельні котловани перетворюються в заболочені ділянки, озера, в яких водні ресурси перенасичуються вуглеводнями, нафтовими фракціями та їх структурними елементами. Проблема полягає в тому, що ці озера існують довгий час, і, наразі представляють вкрай серйозну екологічну небезпеку для здоров'я населення.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Токсичність нафтопродуктів по відношенню до біологічних об'єктів не завжди очевидна. Відомо, що незначні концентрації нафтопродуктів можуть навіть чинити стимулюючу дію, наприклад, на розвиток рослин і мікроорганізмів ґрунту. Це пов'язано з тим, що нафтопродукти в більшій мірі, чим інші хімічні сполуки, підлягають процесам розкладання, які супроводжуються надходженням у ґрунт додаткових органічних сполук, що використовуються організмами в якості джерела живлення. В той же час широко відомі випадки масової загибелі рослинних та тваринних організмів у результаті аварійного забруднення ґрунтів нафтопродуктами.

Неоднозначність впливу нафтопродуктів на біотичну складову екосистем пов'язана з різними факторами, а саме: кількістю і складом нафтопродуктів, що надходять у природне середовище, терміном їх розкладання, складом постійних супутників – мінералізованих пластових вод, важких металів, радіонуклідів, токсичних газоподібних речовин, тощо [1].

У ряді публікацій наведено дані щодо впливу вуглеводневого забруднення на різні компоненти природного середовища, у тому числі і на їх біотичну складову. Так, у роботі [2] моделювались рівні забруднення нафтою від 0,5 до 20 % від маси ґрунту орного шару та оцінювалась його фітоток-

сичність за показниками схожості насіння та продуктивності зеленої маси тест-культури (овес). Встановлено, що схожість насіння при забрудненні нафтою на рівні 4 % зменшилась на 55 %, а при забрудненні на рівні 8 % рослини взагалі не сходили. У перерахунку на зелену масу однієї рослини пригнічення простежувалось вже з 2 % забруднення орного шару нафтопродуктами.

Оскільки визначальну роль в біодеградації нафтопродуктів у ґрунті відіграють мікроорганізми, ряд робіт присвячено вивченню динаміки мікробіологічних і біохімічних процесів, що відбуваються в ґрунтах, забруднених нафтопродуктами. Результати досліджень, які наведено в [3], показали, що нафтохімічне забруднення ґрунтів призводить до збільшення чисельності вуглеводнеоокислюючих мікроорганізмів, викликаючи в той же час пригнічення нитрифікаційних процесів та зниження активності більшості ферментів, зокрема, гідролази, протеази, дегідрогенази. При цьому активність останньої групи ферментів не відновлюється навіть через два роки після внесення нафти в ґрунт. На основі результатів експериментів зроблено висновок, що забруднення ґрунту нафтопродуктами змінює структуру ґрунтового мікробіоценозу та пригнічує активність біохімічних реакцій.

Пряма токсична дія нафтопродуктів і погіршення водно-фізичних властивостей ґрунтів – основні причини пригнічення та загибелі рослинності на забруднених ділянках [4]. Механізм негативного впливу нафтопродуктів на біохімічні процеси в рослинах вивчено досить слабо. Висловлюють припущення, що вуглеводні можуть порушувати побудову мембран, які регулюють процеси обміну речовин у клітинах. Чутливість вищих рослин до вуглеводневого забруднення дозволяє вважати їх універсальними тест-організмами для визначення токсичності ґрунту і води [5]. Стійкість злаків до вуглеводневого забруднення зменшується у напрямку: гречиця збірна – польовиця біла – тимофіївка лучна – вівсяниця лучна – вівсяниця червона-костер безостий-костер прямиї-бекманія східна – волосянець сибірський, а серед бобових: люпин багаторічний – лядвенець рогатий – конюшина шведська – конюшина лучна – конюшина повзуча [6].

Найбільш фітотоксичною є фракція нафти з температурою кипіння до 350°C [7] але нафта містить і такі речовини, які стимулюють розвиток вищих рослин [6].

За даними О.Я. Демідієнко [8], фітотоксичний ефект на чорноземах спостерігається, починаючи з 3000-4000 мг/кг ґрунту. Проте, зустрічаються і значно більші порогові значення – до 2-4%, що очевидно, пов'язано із відмінністю складу нафти різних родовищ, або нафтопродуктів різних марок [7].

При вивченні впливу забруднення нафтопродуктами на розвиток ґрунтових водоростей встановлено, що окремі таксономічні групи водоростей по різному реагують на нафтохімічне забруднення, при цьому відбуваються суттєві зміни у їх видовому складі та чисельності. Найбільш толерантними виявились деякі види синьозелених і зелених водоростей. Автор робить висновок, що одним із біологічних критеріїв вуглеводневого навантаження на екосистему ґрунту слід вважати характеристику ґрунтової альгофлори [9; 10].

Наведені вище результати були отримані в процесі проведення експериментів в природних умовах з метою вивчення впливу на живі організми забруднення нафтопродуктами середовища їх мешкання. Означені дослідження віднесено до біоіндикаційних методів на відміну від методів біотестування, які здійснюються в лабораторних умовах з використанням спеціально підготовлених тест-організмів [11]. Такі експерименти мають виконуватись в стандартних умовах за метрологічно атестованими методиками.

Мета статті – дослідження впливу виробничої діяльності нафтопереробного підприємства на екологічний стан ґрунтового покриву.

Виклад основного матеріалу. Враховуючи інтенсивність зосередження джерел забруднення нафтопродуктами досліджуваної ділянки, де розташовано Шебелинське ВПГКН, було визначено ряд точкових осередків вуглеводневого забруднення території, а саме понад 27 спостережувальних свердловин навколо Шебелинського ВПГКН. Ступінь забруднення ґрунтового покриву у межах даних свердловин визначається товщиною шару нафтопродуктів та глибиною відстанню між шаром нафти та шаром природних поверхневих вод, які зазнають забруднення внаслідок просочування вуглеводнів через пори ґрунту. Так, наймасштабнішими осередками вуглеводнів у природному середовищі навколо родовищ є:

– свердловина № 202 – глибина шару нафтопродуктів – 7.92 м, глибина шару поверхневих вод – 9.24 м, потужність шару нафтопродуктів – 1.32 м;

– свердловина № 230а – глибина шару нафтопродуктів – 7.64 м, глибина шару поверхневих вод – 8.56 м, потужність шару нафтопродуктів – 0.92 м;

– свердловина № 215 – глибина шару нафтопродуктів – 7.06 м, глибина шару поверхневих вод – 7.62 м, потужність шару нафтопродуктів – 0.56 м.

Варто також відмітити, що не всі вище перераховані свердловини були досліджені в повному обсязі. За даними гідрогеологічних вишукувань для проекту «Локалізація зони забруднення ґрунтових вод нафтопродуктами в районі Шебелинського ГПЗ» станом на кінець 2018 року була викладена мапа стану скупчення нафтопродуктів навколо проммайdanчика ШВПГКН, згідно до якої спостережні свердловини відмічені відповідно свого географічного походження на місцевості (рис. 1). У процесі проведення екологічних досліджень території проводили детальний опис пробних площадок, в якому відображали: місце їх розташування, включаючи геопозиціонування; характеристику рельєфу, типу, підтипу та різновиду ґрунту, рослинного покриву; господарського використання земель, метеорологічних умов під час проведення спостережень, джерел забруднення території нафтопродуктами.

Таким чином ділянками з найбільшою зоною забруднення (додаток 3) ґрунтових вод та ґрунтів згідно рис. 1 є:

1) свердловина № 275 – глибина рівня нафтопродуктів від патрубка – 7.66 м, глибина рівня води від патрубка – 8.31 м, товщина шару нафтопродуктів – 0.65 м;

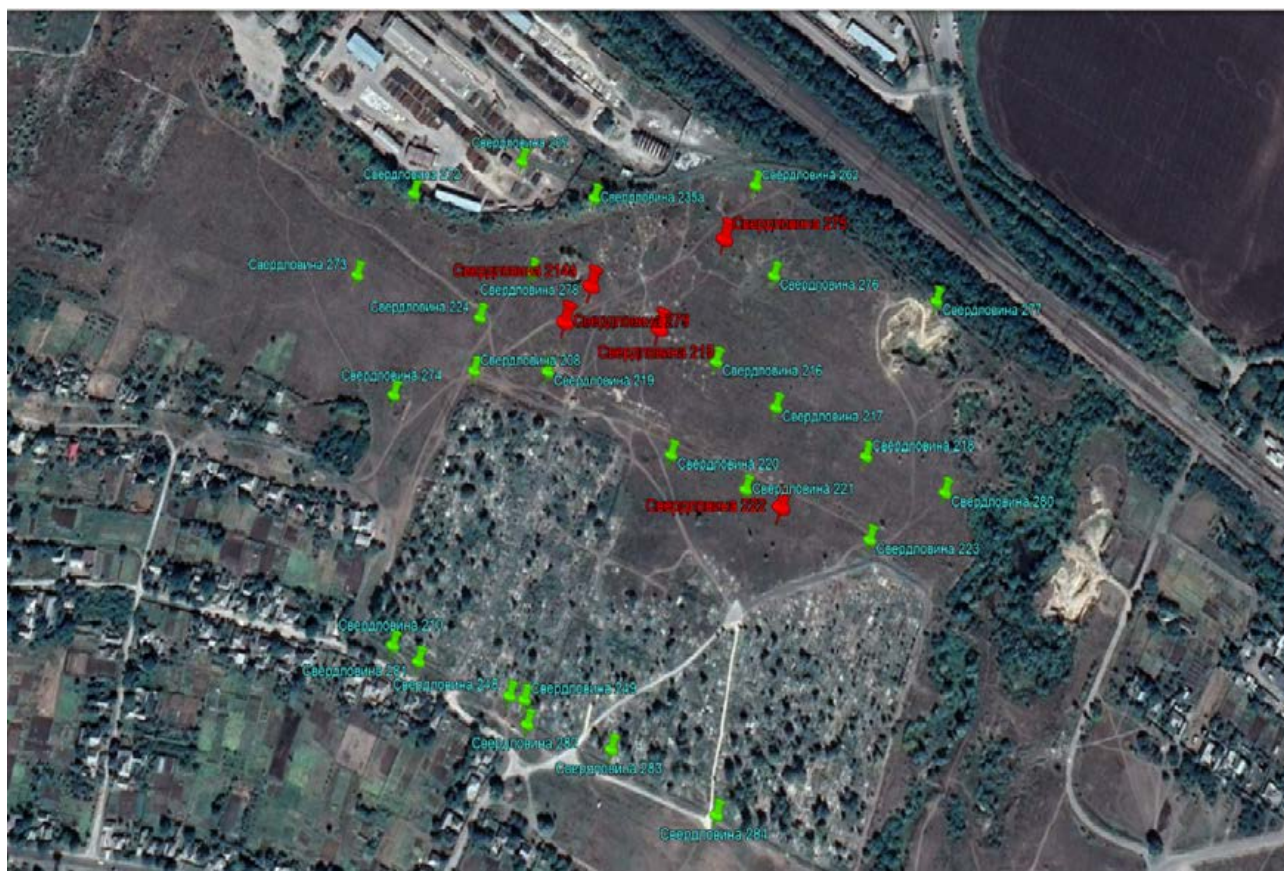


Рис. 1. Місце розташування спостережувальних свердловин на території впливу виробничої діяльності Шебелинського ВПГКН

Джерело: розроблено автором

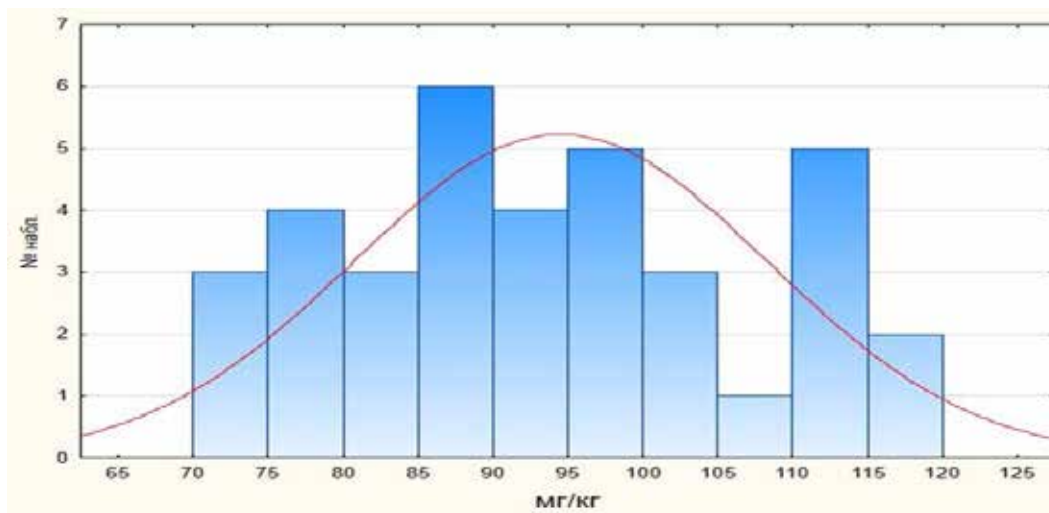


Рис. 2. Результати визначення вмісту нафтопродуктів у ґрунтах досліджувальних ділянок

Джерело: розроблено автором

2) свердловина № 215 – глибина рівня нафтопродуктів від патрубку – 7.06 м, глибина рівня води від патрубку – 7.62 м, товщина шару нафтопродуктів – 0.56 м;

3) свердловина № 214а – глибина рівня нафтопродуктів від патрубку – 7.01 м, глибина рівня води від патрубку – 7.43 м, товщина шару нафтопродуктів – 0.42 м;

4) свердловина № 222 – глибина рівня нафтопродуктів від патрубку – 6.81 м, глибина рівня води від патрубку – 7.26 м, товщина шару нафтопродуктів – 0.41 м.

Влітку 2019 року було проведено дослідження вмісту нафтопродуктів та фітотоксичних властивостей ґрунтів на ділянках, прилеглих до вищезначених свердловин. В 4 пунктах спостережень було 9 разів відібрано зразки ґрунтів.

Аналіз отриманих результатів визначення вмісту нафтопродуктів у ґрунтах та їх фітотоксичних властивостей показав, що серед 36 проб ґрунтів, що відбирались в межах досліджувальних ділянок найбільший вміст нафтопродуктів мав значення 118 мг/кг. Фітотоксичні властивості ґрунтів було визначено у 75% відібраних проб, із яких 37% були слабо забруднені; 33% помірно забруднені та 30% брудні (рис. 2, 3).

Таким чином вимальовується можливість створити тривимірну модель даних, яка буде показувати взаємозв'язок усіх частин дослідження між собою – загального вмісту нафтопродуктів, глибини знаходження нафтопродуктів (тобто шару вуглеводнів) і рівня токсичності, який визначає практичний ступінь перешкоджання розвитку фітоценозів на визначеній території.

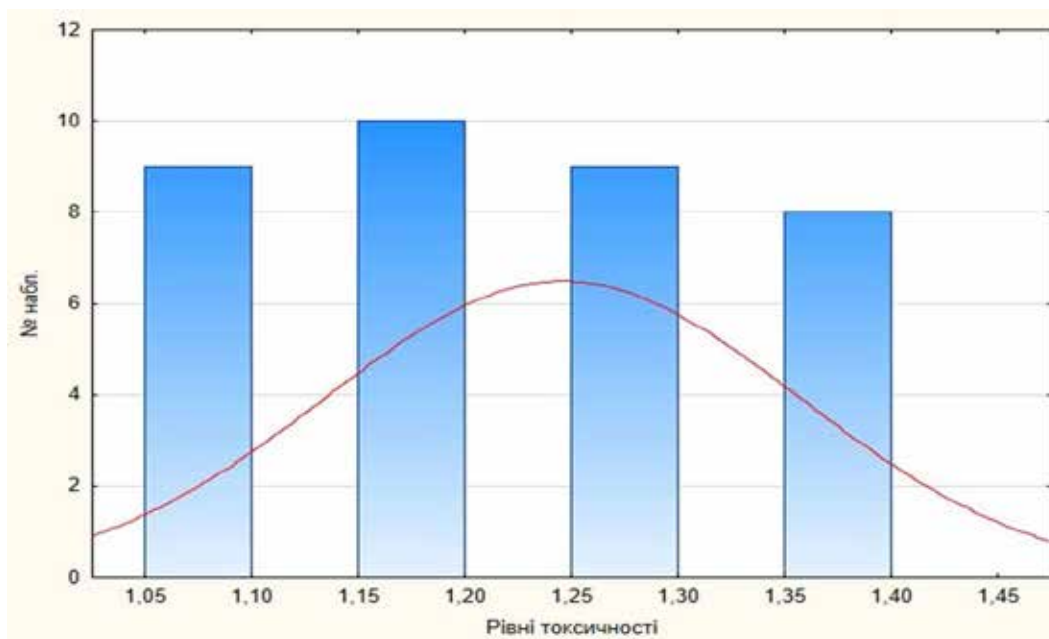
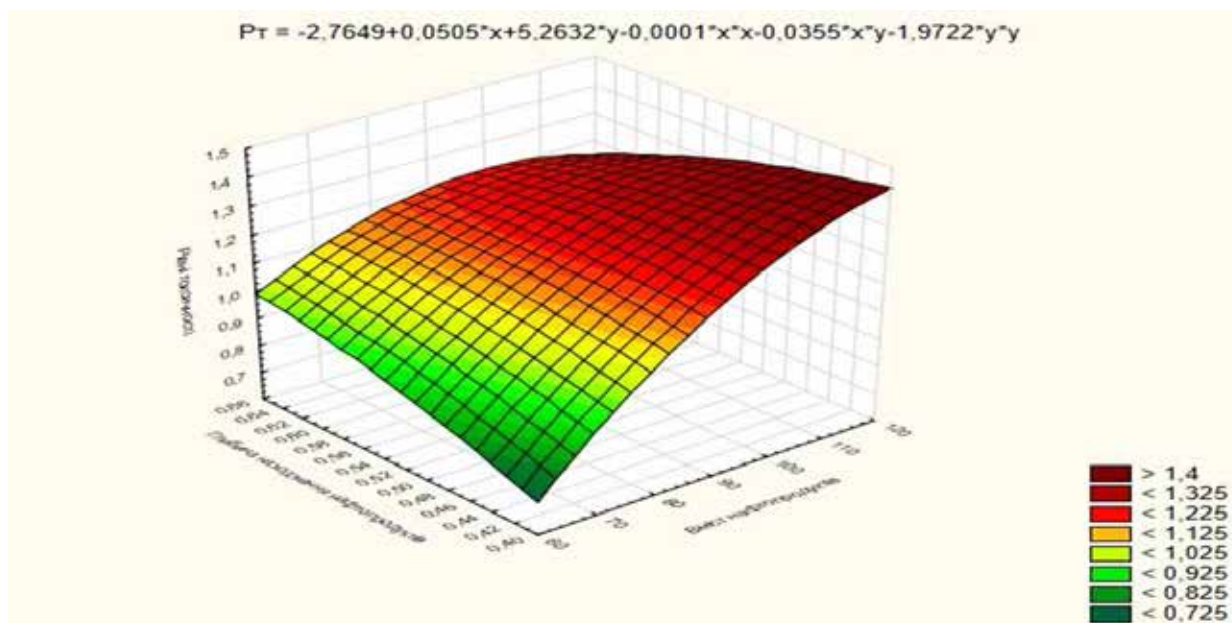


Рис. 3. Результати визначення рівнів токсичності у водній витяжці ґрунтів з досліджувальних ділянок

Джерело: розроблено автором

Рис. 4. Поверхні (графіки) функції $R_t = f(C_g; H)$

Джерело: розроблено автором

Як видно з рисунку 4, нелінійна функція R_t (рівні токсичності) досягає екстремумів при високих значеннях аргументу C_g (вміст нафтопродуктів) та низьких значеннях H (товщина шару нафтопродуктів), що може свідчити про наявний вплив нафтопродуктів на екологічну якість ґрунтів.

За результатами дослідження можливо зробити висновок, що ґрунти, які знаходяться в межах свердловини із найменшою товщиною шару нафтопродуктів виявили найбільш фітотоксичні властивості. Це може свідчити про інтенсифікацію процесу переходу вуглеводнів до ґрунтів в межах свердловини № 222.

У зв'язку з вищенаведеним, при визначенні допустимого вуглеводневого навантаження на природне середовище доцільно враховувати, поряд з встановленими нормативними концентраціями нафтопродуктів для відповідних компонентів, результати оцінки стану біотичної складової наземних і водних екосистем за допомогою біологічних показників. Одним із таких показників є загальна токсичність, який характеризує біологічну повноцінність і ступінь біологічної небезпеки середовища мешкання організмів.

Підсумовуючи результати оцінки впливу виробничої діяльності нафтогазоперебного підприємства на стан окремих компонентів довкілля слід зазначити, що негативна дія вуглеводневого забруднення залишається актуальною і на даний час.

Висновки.

1. При визначенні допустимого вуглеводневого навантаження на природне середовище доцільно враховувати, поряд з встановленими нормативами нафтопродуктів для відповідних компонентів, результати оцінки стану біотичної складової наземних екосистем за допомогою біологічних показників. Одним із таких показників є загальна токсичність, який ха-

рактеризує біологічну повноцінність і ступінь біологічної небезпеки середовища мешкання організмів.

2. Для оцінки впливу вуглеводневих забруднень на екологічний стан ґрунтів, поряд з використанням аналітичних методів вимірювання вмісту нафтопродуктів у компонентах ландшафту запропоновано здійснювати їх біотестування, в основу якого покладено використання реакцій відповідних тест-організмів на сумісний вплив речовин, присутніх у середовищі, яке тестується. Для цієї мети розроблено систему біотестування для визначення фітотоксичності ґрунтів.

3. Влітку 2019 року було проведено дослідження вмісту нафтопродуктів та фітотоксичних властивостей ґрунтів на ділянках, прилеглих до вищезначених свердловин. В 4 пунктах спостережень було 9 разів відібрано зразки ґрунтів. Аналіз отриманих результатів визначення вмісту нафтопродуктів у ґрунтах та їх фітотоксичних властивостей показав, що серед 36 проб ґрунтів, що відбирались в межах досліджувальних ділянок найбільший вміст нафтопродуктів мав значення 118 мг/кг. Фітотоксичні властивості ґрунтів було визначено у 75% відібраних проб, із яких 37% були слабо забруднені; 33% помірно забруднені та 30% брудні.

4. Нелінійна функція R_t (рівні токсичності) досягає екстремумів при високих значеннях аргументу C_g (вміст нафтопродуктів) та низьких значеннях H (товщина шару нафтопродуктів), що може свідчити про наявний вплив нафтопродуктів на екологічну якість ґрунтів. За результатами дослідження можливо зробити висновок, що ґрунти, які знаходяться в межах свердловини із найменшою товщиною шару нафтопродуктів виявили найбільш фітотоксичні властивості. Це може свідчити про інтенсифікацію процесу переходу вуглеводнів до ґрунтів в межах свердловини № 222.

Список літератури:

1. Пиковский Ю.И. Последствия нефтяного загрязнения и восстановление почв. *Природные и техногенные потоки углеводородов в окружающей среде*. Москва : МГУ, 1993. С. 126–167.
2. Мірошніченко М.М. Вплив забруднення нафтою на властивості ґрунтів різного гранулометричного складу. *Агрохімія і ґрунтознавство*. 2000. Вип. 60. С. 91–96.
3. Исмаилов Н.М. Микробиология и ферментативная активность нефтезагрязненных почв. *Восстановление нефтезагрязненных почвенных экосистем*. Москва : Наука, 1988. С. 42–56.
4. Фатеев А.И., Мірошніченко Н.Н., Панасенко Е.В., Христенко С.И. Изменение агрохимических и микробиологических свойств нефтезагрязненного чернозема в рекультивационный период. *Агрохимия*, 2004. № 10. С. 53–60.
5. Петухов В.Н. Биотестирование почвы и воды, загрязненных нефтью и нефтепродуктами, с помощью растений. // *Прикладная биохимия и микробиология*. 2000. Вып. 36. № 6. С. 652–655.
6. Калужин В.А., Рублева С.В. Сравнительное влияние нефти и нефтепродуктов на всхожесть сельскохозяйственных культур. *Тез. докл. Межд. Симп. «Контроль и реабилитация окружающей среды»*, Томск, 17-19 июня 1998. Томск, с. 167.
7. Шилова И.И. Биологическая рекультивация нефтезагрязненных земель в условиях таежной зоны. *Восстановление нефтезагрязненных почвенных экосистем*. Москва : Наука, 1988. С. 159–168.
8. Демидиенко А.Я., Демурджан В.М. Пути восстановления плодородия нефтезагрязненных почв черноземной зоны Украины. *Восстановление нефтезагрязненных почвенных экосистем*. Москва : Наука, 1988. С. 197–205.
9. Штина Э.А. Особенности почвенной альгофлоры в условиях техногенного загрязнения. *Почвоведение*. 1985. № 10. С. 97–106.
10. Штина Э.А., Некрасова К.А. Водоросли загрязненных нефтью почв. *Восстановление нефтезагрязненных почвенных экосистем*. Москва : Наука, 1988. С. 57–81.
11. Веселовский В.А., Вшивцев В.С. Биотестирование загрязнения среды нефтью по реакции фотосинтетического аппарата растений. *Восстановление нефтезагрязненных почвенных экосистем*. Москва : Наука, 1988. С. 99–112.

References:

1. Pikovsky, Y. (1993). Posledstviya neftyanogo zagryazneniya i vosstanovleniye pochv [Consequences of oil pollution and soil restoration]. *Natural and technogenic flows of hydrocarbons in the environment*. Moskva: Moscow State University, pp. 126–167. (in Russian)
2. Miroshnichenko, M. (2000). Vplyv zabrudnennya naftoyu na vlastyivosti gruntiv riznogo hranulometrychnoho skladu [The inundation of naphtha in the government on the basis of a different granulometric warehouse]. *Agrokhimiya i hrnoznavstvo*, no. 60, pp. 91–96. (in Ukrainian)
3. Ismailov, N. (1988). Mikrobiologiya i fermentativnaya aktivnost' neftezagryaznennykh pochv [Microbiology and enzymatic activity of oil-contaminated soils]. *Restoration of oil-contaminated soil ecosystems*. Moskva: Nauka, pp. 42–56. (in Russian)
4. Fateev, A., Miroshnichenko, N., Panasenko, E., & Khristenko, S. (2004). Izmeneniye agrokhimicheskikh i mikrobiologicheskikh svoystv neftezagryaznennogo chernozema v rekul'tivatsionnyy period [Change in agrochemical and microbiological properties of oil-contaminated chernozem in the reclamation period]. *Agricultural chemistry*, no. 10, pp. 53–60. (in Russian)
5. Petukhov, V. (2000). Biotestirovaniye pochvy i vody, zagryaznennykh nef'tyu i nefteproduktami, s pomoshch'yu rasteniy [Biotesting of soil and water contaminated with oil and oil products using plants]. *Applied biochemistry and microbiology*, issue 36, no. 6, pp. 652–655. (in Russian)
6. Kalyuzhin, V. (1998). Sravnitel'noye vliyaniye nef'ti i nefteproduktov na vskhozhest' sel'skokhozyaystvennykh kul'tur [Comparative effect of oil and oil products on crop germination]. *Thesis. doc. Int. Simp. "Monitoring and rehabilitation of the environment"*, Tomsk, June 17–19. Tomsk, pp. 167. (in Russian)
7. Shilova, I. (1988). Biologicheskaya rekul'tivatsiya neftezagryaznennykh zemel' v usloviyakh tayezhnoy zony [Biological reclamation of oil-contaminated lands in the taiga zone]. *Restoration of oil-contaminated soil ecosystems*. Moskva: Nauka, pp. 159–168. (in Russian)
8. Demidienko, A., & Demurjan, V. (1988). Puti vosstanovleniya plodorodiya neftezagryaznennykh pochv chernozemnoy zony Ukrainy [Ways to restore the fertility of oil-contaminated soils of the chernozem zone of Ukraine]. *Restoration of oil-contaminated soil ecosystems*. Moskva: Nauka, pp. 197–205.
9. Shtina E. A. (1985). Osobennosti pochvennoy al'goflory v usloviyakh tekhnogennogo zagryazneniya [Features of soil alga flora under conditions of technogenic pollution]. *Soil science*, no. 10, pp. 97–106. (in Russian)
10. Shtina, E., & Nekrasova, K. (1988). Vodorosli zagryaznennykh nef'tyu pochv [Algae of oil-contaminated soils]. *Recovery of oil-contaminated soil ecosystems*. Moskva: Nauka, pp. 57–81. (in Russian)
11. Veselovsky, V., & Vshivtsev, V. (1988). Biotestirovaniye zagryazneniya sredy nef'tyu po reaktzii fotosinteticheskogo apparata rasteniy [Biotesting of oil pollution by the reaction of the photosynthetic apparatus of plants]. *Recovery of oil-contaminated soil ecosystems*. Moskva: Nauka, pp. 99–112. (in Russian)