

## ЕКОЛОГІЧНИЙ МОНІТОРИНГ ҐРУНТОВОГО ПОКРИВУ БОРИСЛАВСЬКОГО ОЗОКЕРИТОВОГО РОДОВИЩА

Шевчик-Костюк Л.З.<sup>1</sup>, Романюк О.І.<sup>1</sup>,  
Жак Т.В.<sup>1</sup>, Жак О.В.<sup>2</sup>, Рикмас Я.В.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Відділення фізико-хімії горючих копалин  
Інституту фізико-органічної хімії і вуглехімії імені Л.М. Литвиненка  
Національної академії наук України  
вул. Наукова, 3А, 79053, м. Львів  
lesyashevchik@gmail.com;

<sup>2</sup>Львівський національний університет імені Івана Франка  
вул. Кирила і Мефодія, 6, 79005, м. Львів

Наведено результати екологічного моніторингу ґрунтового покриття Бориславського озокеритового родовища. Створено сітку спостережень (25×25 м), яка охоплює значну частину відвалів і включає 50 контрольних точок, з точно визначеними координатами за системою GPS, з яких відбирали проби ґрунту та аналізували на вміст важких металів (Zn, Cd, Pb, Ni, Cu, Mn, Co, Fe) і нафтопродуктів, а також визначали фітотоксичність, рН і температуру поверхні ґрунту. Для візуалізації результатів дослідження побудовано карти забруднення ґрунтів. Встановлено, що ці ґрунти є слабо- та середньозабруднені, вміст нафти в них < 6 %, проте трапляються і більш забруднені ділянки, з видимими слідами нафти чи озокериту, вміст нафти в ґрунті яких > 12 %. Досліджувані ґрунти є слабоболужними, рН їхніх водної та сольової витяжок перебуває в межах 7,3–7,9 та 7,2–7,7 відповідно. Температура їхнього поверхневого шару (3 см) становить 30–36 °С за температури повітря 28 °С. Визначено рівень забруднення ґрунтів важкими металами: коефіцієнт забруднення ґрунтів щодо фону Кадмієм становить 2–2,5; Цинком – 1,5–7; коефіцієнт забруднення щодо ГДК Міддю – 2–6; Нікелем – 2–4. Проведено фітотоксичну оцінку відвальних ґрунтів озокеритової шахти методами біотестування з використанням чутливих рослинних тест-об'єктів: льону, соняшника, гречки. Значення фітотоксичності перебуває в межах від 0,6–1,5 до 1,5–3,0, що свідчить про загрозливий і передкризовий рівні забруднення. Отже, відвали озокеритової шахти м. Борислава забруднені нафтопродуктами, важкими металами і є постійним джерелом надходження в довкілля шкідливих речовин, а тому потребують тривалого екологічного моніторингу та рекультиваци. Враховуючи те, що озокеритова шахта розташована в центральній частині міста, найбільш прийнятним шляхом є фіторекультиваци відвалів. Проведені дослідження дали змогу підтвердити важливість проблеми забруднення ґрунтового покриття нафтопродуктами на території нафтогазопромислу та необхідність її вирішення. *Ключові слова:* екологічний моніторинг; забруднення ґрунту, нафта, важкі метали, фітотоксичність.

**Environmental monitoring of the soil cover of the Borislav Ozokerite Mine. Shevchyk-Kostiuk L., Romaniuk O., Zhak T., Zhak O., Rykmas Ya.**

The results of environmental monitoring of the soil cover of the Borislav Ozokerite Mine are presented. An observation grid (25 × 25 m) covering a large part of the dumps and including 50 control points was created, with well-defined GPS coordinates, from which soil samples were taken and analyzed for the content of heavy metals (Zn, Cd, Pb, Ni, Cu, Mn, Co, Fe), petroleum products, and the phytotoxicity, pH, and soil surface temperature were determined. Soil contamination maps have been constructed. It was established that these soils are lightly- and moderately contaminated, the oil content in them is less 6%, however, more polluted areas are also found, with visible traces of oil or ozokerite, the oil content of which is over 12%. The studied soils are slightly alkaline: the pH values of their water and salt extracts are in the range of 7.3–7.9 and 7.2–7.7, respectively. The temperature of surface soil layer (3 cm) is 30–36 °C at an air temperature of 28 °C. Soil pollution by heavy metals was established: the soil contamination coefficient relative to the background: by cadmium is 2–2.5; zinc 1.5–7; contamination coefficient relative to MPC: copper 2–6; nickel 2–4. Phytotoxicity assessment of the soil dumps of the ozokerite mine was carried out by biotesting method using sensitive plant test objects: *Linum usitatissimum* L., *Helianthus annuus* L., *Fagopyrum vulgare* St. The value of phytotoxicity ranges from 0.6–1.5 to 1.5–3.0, which indicates a threatening and pre-crisis level of contamination. Thus, the dumps of the Borislav Ozokerite Mine are contaminated with petroleum products, heavy metals and are a source of harmful substances entering the environment. Therefore, these territories require long-term environmental monitoring and reclamation. Considering the fact that the ozokerite mine is located in the central part of the city, the most appropriate way is the phytoremediation of the dumps. The conducted researches made it possible to confirm the importance of the problem of contamination of the soil cover with oil products in the territory of the oil and gas field and the need for its solution. *Key words:* environmental monitoring, soil pollution, oil, heavy metals, phytotoxicity.

**Постановка проблеми.** Розвинена нафтовидобувна інфраструктура в Україні спричинила істотне забруднення значних територій. Однією з найбільш уражених місцевостей є м. Борислав – єдиний в Європі населений пункт, розташований на промисловому нафто-озокеритовому та газовому родовищі. Негативний вплив розроблення і експлуатації Бориславського нафтового родовища позначився на всіх ланках довкілля – атмосфер-

ному повітрі, ґрунтах, водних ресурсах, рослинному та тваринному світі.

Здебільшого активне забруднення відбувається під час порушення геологічного середовища в процесі видобування, яке залишає після себе значні нафтозабруднені площі, які, своєю чергою, є джерелом вторинного забруднення повітря, поверхневих і підземних вод на тривалий час. Тому забруднення ґрунтового покриття залишається акту-

альною проблемою навіть із зменшенням видобувного навантаження.

Одним з основних методів вирішення проблеми забруднення довкілля є моніторинг, який надає своєчасну та достовірну інформацію про стан довкілля, на підставі чого приймаються оперативні рішення з недопущення розвитку надзвичайних ситуацій. Моніторинг ґрунтового покриву виснажених нафтогазових родовищ є важливим питанням рівня екологічної безпеки. Відділенням фізико-хімії горючих копалин Інституту фізико-органічної хімії і вуглехімії імені Л.М. Литвиненка Національної академії наук України протягом тривалого часу проводиться екологічний моніторинг м. Борислава. Тому метою статті було представлення частини результатів проведення екологічного моніторингу, а саме – території відвалів озокеритовидобутку м. Борислава, яка має неабиякий негативний вплив на екологічну ситуацію у місті.

**Матеріали і методи досліджень.** Моніторинг проводили на нафтозабруднених техногенних відвальних ґрунтах озокеритовидобутку м. Борислава. Під час моніторингових досліджень відібрано 50 проб ґрунту. Середня щільність контрольних точок відбору – 25×25 м. Для кожної точки визначено точні координати системою GPS. Проби відбирали за ГОСТом 17.4.4.02.84 методом квадрата, на глибині 0–10 см [1].

Вміст нафтопродуктів у ґрунтах визначали згідно з модифікованою методикою [2; 3] шляхом екстракції нафтопродуктів із проб ґрунту тетрахлоридом вуглецю з наступним ІЧ-спектрофотометричним визначенням.

Визначення рН водної та сольової витяжки ґрунту здійснювали потенціометричним методом [4]. Пробу ґрунту масою 20,0 г поміщали в колбу на 250–300 мл,

доливали 50 мл дистильованої води чи 1 М розчину КСl і збовтували. В одержаному фільтраті рН-метром вимірювали значення рН.

Вміст рухомих сполук важких металів (Zn (II), Cd (II), Pb (II), Ni (II), Cu (II), Mn (II), Co (II), Fe (III)) визначали за методикою ДСТУ 4770.1-9:2007 [5].

Фітотоксичність ґрунту та води визначали за допомогою тест-об'єктів льону звичайного (*Linum usitatissimum* L.), соняшника однорічного (*Helianthus annuus* L.), гречки посівної (*Fagopyrum vulgare* St.) [6].

Результати досліджень опрацьовували статистично з використанням критерію Стьюдента та програми MS Excel. Екологічні карти будували, використовуючи програму Surfer компанії Golden Software.

**Виклад основного матеріалу.** Довготривале інтенсивне видобування надр у м. Бориславі призвело до істотних змін геологічного середовища та виникнення надзвичайних ситуацій природного і техногенного характеру. Головними чинниками негативного впливу є наявність на території міста 2 000 нафтових свердловин, значна кількість дегазаційних шурфів, 20 000 закинутих криниць-копанок, високий рівень виробленості шахт. Недостатній рівень проведення ліквідаційних заходів у минулому та неналежне виявлення і облаштування старих об'єктів нафтовидобутку сьогодні ускладнюють і без того катастрофічну ситуацію в місті.

Одним із головних чинників екологічних проблем міста є відвали озокеритовидобутку – техногенні пагорби (місцева назва – Висипи), утворені з відходів видобування й збагачення сировини та відсипані поряд із проммайданчиками озокеритових копалень, у центральній частині міста, на площі понад 20 га (рис. 1). Відвали різняться між собою за способом

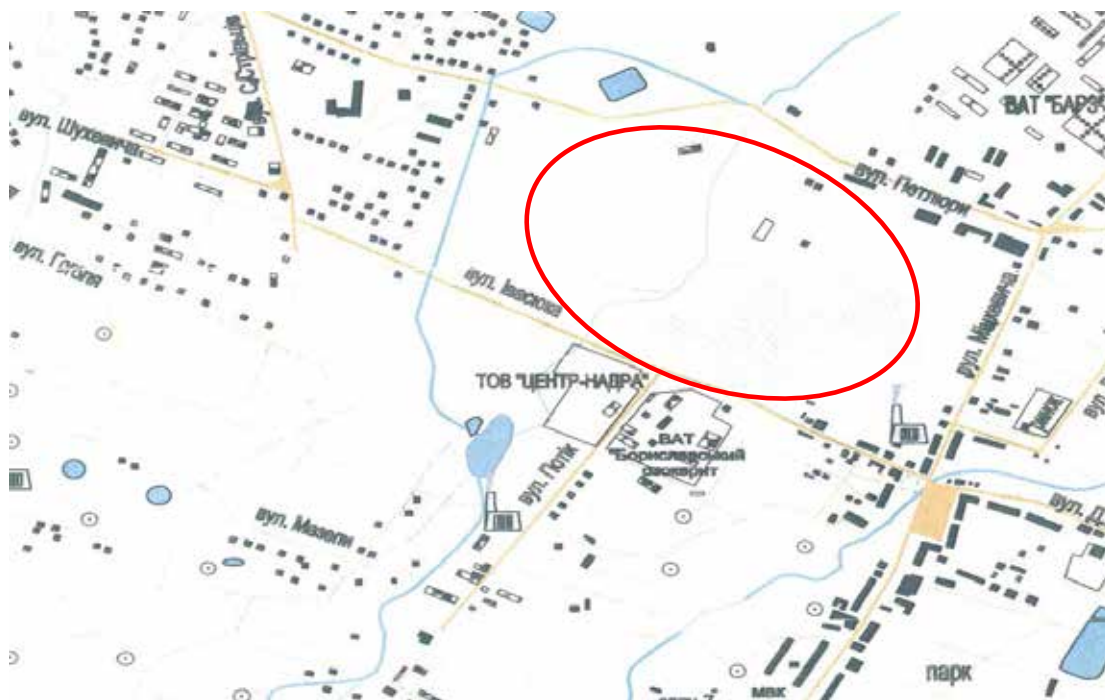


Рис. 1. Карта-схема розташування відвалів озокеритовидобутку м. Борислава

і часом добування озокериту: старі відвали, з породи яких вилучали озокерит шляхом випаровування, та нові відвали, з породи яких озокерит екстрагували бензиновими фракціями [7]. На старих відвалах відбулось поступове заростання рослинністю.

Нові відвали чітко виділяються як оголені ділянки горбистого рельєфу, позбавлені рослинного покриву (рис. 2), що сприяє поширенню забруднення в повітря, поверхневі та підземні води, внаслідок випаровування, вивітрювання та вимивання шкідливих речовин. Крім того, на поверхню відвалів час від часу виходить нафта, яка повторно забруднює ґрунти. Отже, відвали озокеритовидобутку є постійним джерелом надходження в довкілля шкідливих речовин [7]. Для контролю за ситуацією і, відповідно, прийняття науково обґрунтованих ефективних управлінських рішень необхідним є проведення екологічного моніторингу.

Проводився екологічний моніторинг забруднення ґрунтів на території озокеритовидобутку м. Борислава. Створено сітку спостережень, яка охоплює значну частину відвалів і включає 50 контрольних точок, з точно визначеними координатами за системою GPS, з яких відбирали проби ґрунту та аналізували на вміст важких металів (Zn, Cd, Pb, Ni, Cu, Mn, Co, Fe) і нафтопродуктів, а також визначали фітотоксичність, рН і температуру поверхні ґрунту. Для візуалізації результатів дослідження побудовано карти забруднення ґрунтів.

Встановлено, що ґрунти на території озокеритовидобутку переважно слабо- або середньозабруднені, вміст нафти в них < 6% (рис. 3), хоча трапляються ділянки, здебільшого голі, з видимими слідами нафти чи озокериту, вміст нафти у ґрунті яких сягає 12% і більше (рис. 4).

Кислотність водної та сольової витяжок досліджуваних ґрунтів становить 7,3–7,9 та 7,2–7,7 одиниць,

рН, відповідно, тобто ґрунти є слаболужні (рис. 5, 6). Це узгоджується з літературними даними про те, що внаслідок забруднення ґрунту нафтою, особливо сировою, з високим вмістом мінеральних солей, відбувається зміщення лужно-кислотних умов у бік підлужнення [8; 9].

Додаткову інформацію про забруднення ґрунту нафтою отримали з результатів вимірювання температури на його поверхні. Дослідження показали, що температура досліджуваних ґрунтів на глибині до 3 см коливається в межах 30–36 °С за температури повітря 28 °С (рис. 7). Простежено кореляцію між температурою на поверхні ґрунту та ступенем забруднення ґрунтів нафтою. В місцях більшого забруднення ґрунту нафтою – вища температура поверхні ґрунту (рис. 3, 7).

Визначено вміст рухомих сполук важких металів – Zn (II), Cd (II), Pb (II), Ni (II), Cu (II), Mn (II), Co (II), Fe (III) – у досліджуваних ґрунтах. Виявлено, що концентрації Ni та Cu значно перевищують гранично допустимі норми, зокрема вміст Cu на деяких контрольних ділянках сягає 2–6 ГДК, а Ni – 2–4 ГДК (рис. 8, 9).

Щодо інших металів, то вміст Zn (II) та Cd (II) є близьким або на рівні ГДК, а вміст Pb (II), Mn (II) та Co (II) не перевищує ГДК. Перевищення концентрації Ni, Cu в ґрунтах щодо ГДК можна пояснити нафтовим забрудненням ґрунтів, оскільки в нафті Бориславського родовища Ni та Cu за вмістом перевищують кларкові величини. Ділянки, на яких простежено підвищений вміст цих металів, мають найвищий рівень забруднення нафтопродуктами.

Також визначено коефіцієнт забруднення ґрунтів важкими металами щодо фону і встановлено, що має місце антропогенне забруднення ґрунтів кадмієм і цинком, коефіцієнт забруднення становить для Cd – 2–2,5, а для Zn – 1,5–7 відповідно (рис. 10, 11).



а)



б)

Рис. 2. «Нові» відвали озокеритовидобутку різного рельєфу (м. Борислав): а – рівнинного; б – горбистого зі слідами ерозії

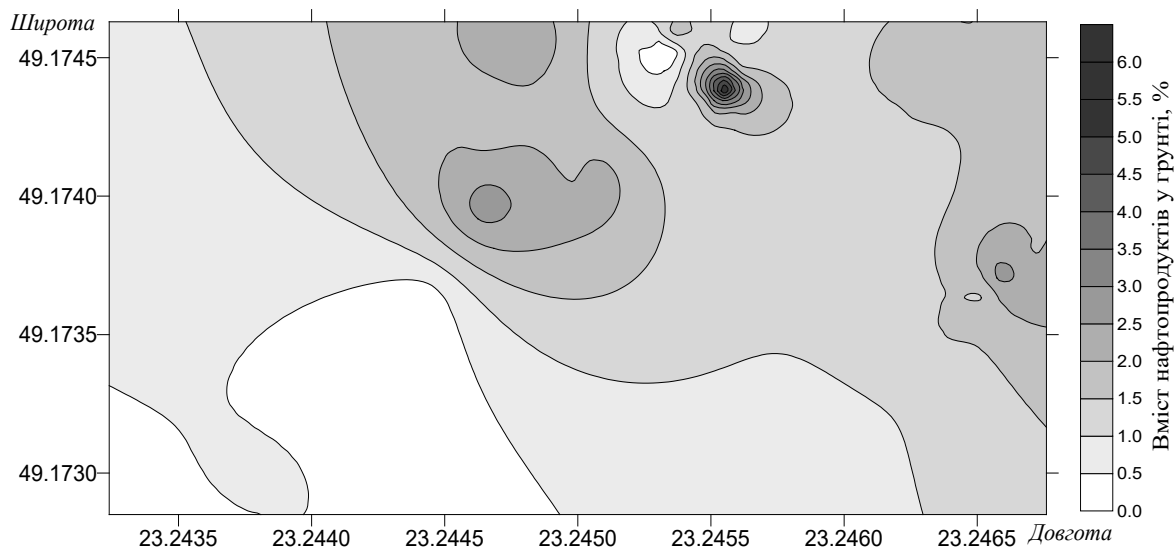


Рис. 3. Карта забруднення відвальних ґрунтів нафтопродуктами, озокеритова шахта м. Борислава



Рис. 4. Просочування нафти та озокериту на поверхню відвальних ґрунтів озокеритової шахти м. Борислава

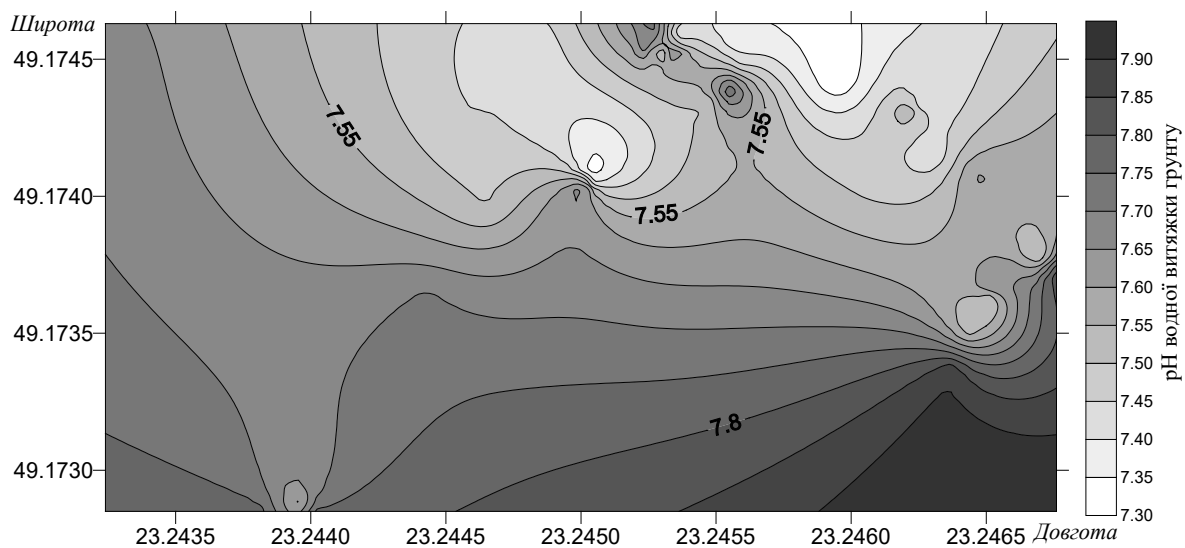


Рис. 5. рН водної витяжки нафтозабруднених ґрунтів озокеритової шахти м. Борислава

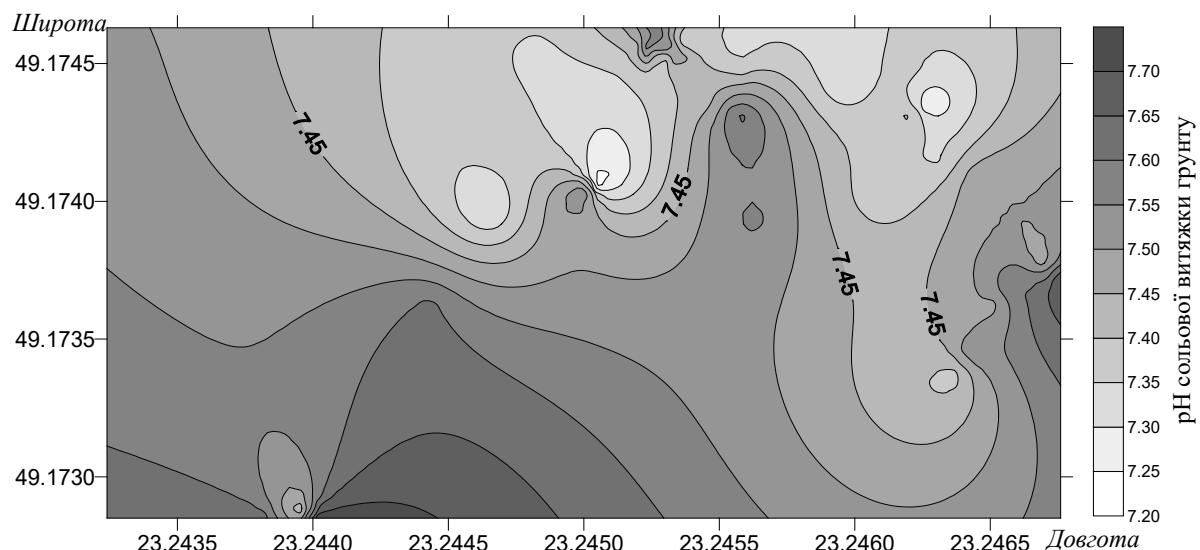


Рис. 6. рН сольової витяжки нафтозабруднених ґрунтів озокеритової шахти м. Борислава

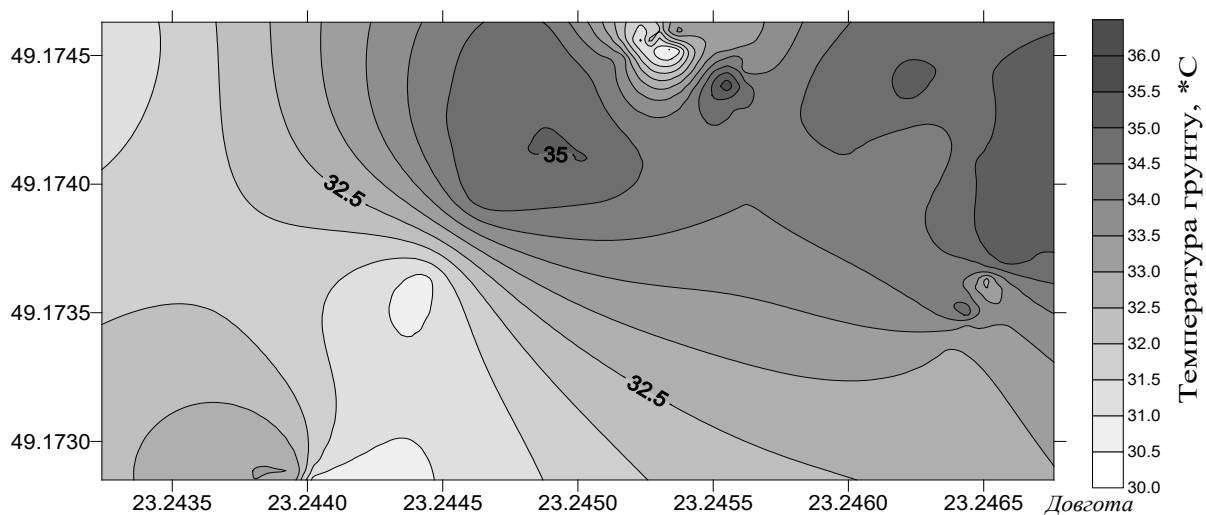


Рис. 7. Температурна карта нафтозабруднених ґрунтів озокеритової шахти м. Борислава (температура повітря 28 °С на висоті 80 см, 1500 година)

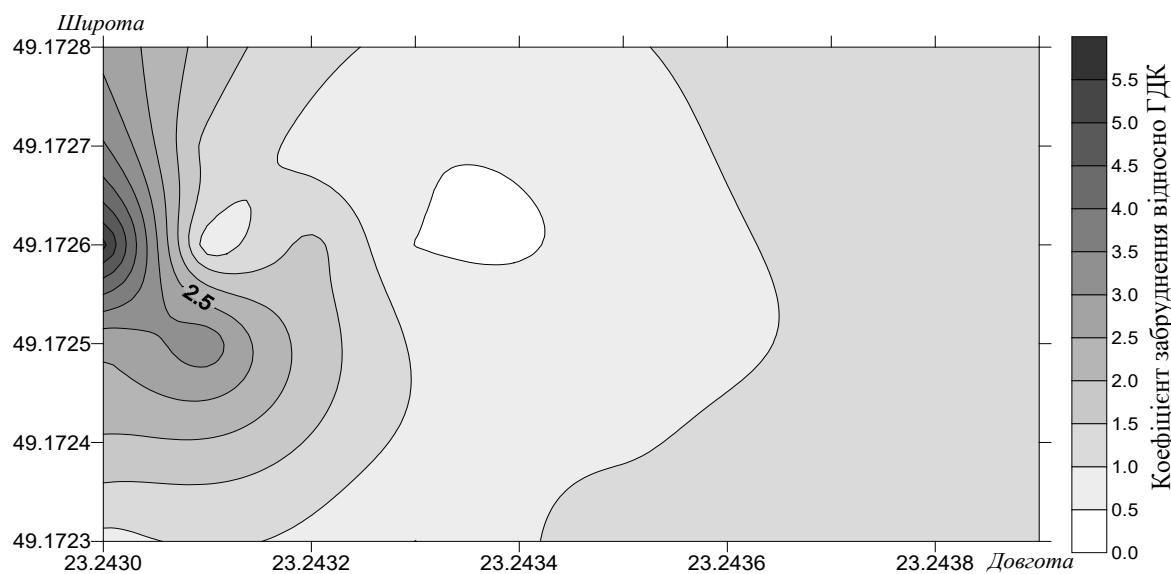


Рис. 8. Екологічні карти забруднення ґрунтів купрумом (коефіцієнт забруднення щодо ГДК)

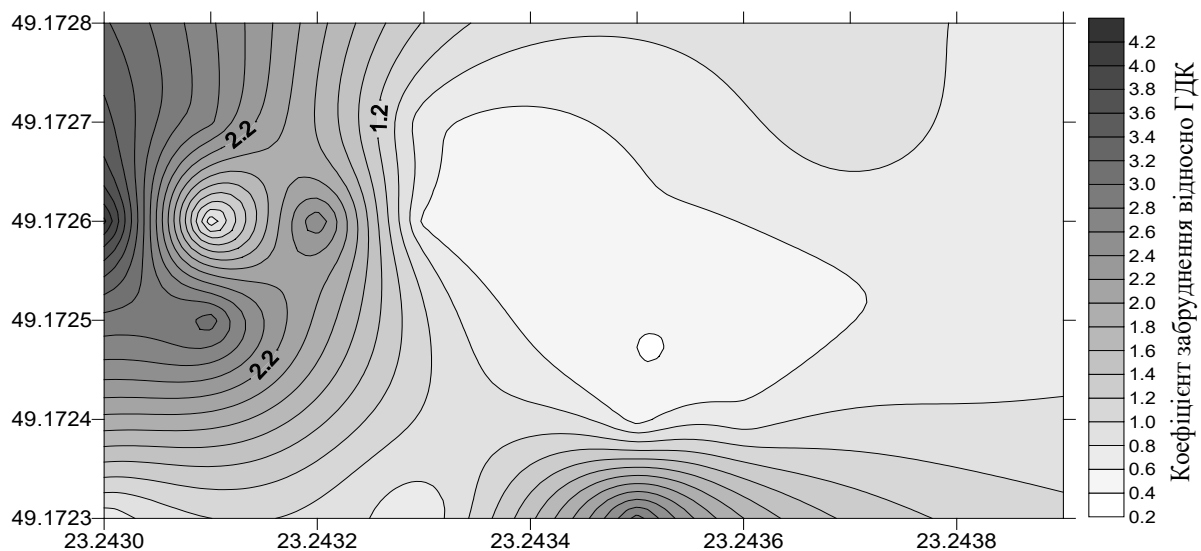


Рис. 9. Екологічні карти забруднення ґрунтів нікелем (коефіцієнт забруднення щодо ГДК)

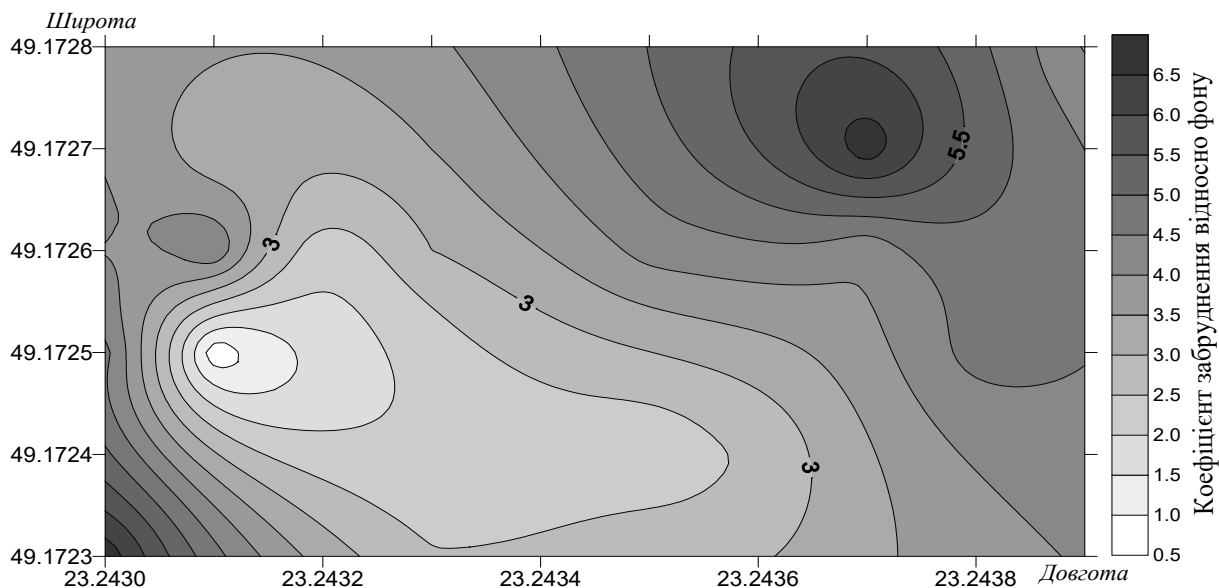


Рис. 10. Екологічні карти забруднення ґрунтів цинком (коефіцієнт забруднення щодо фону)

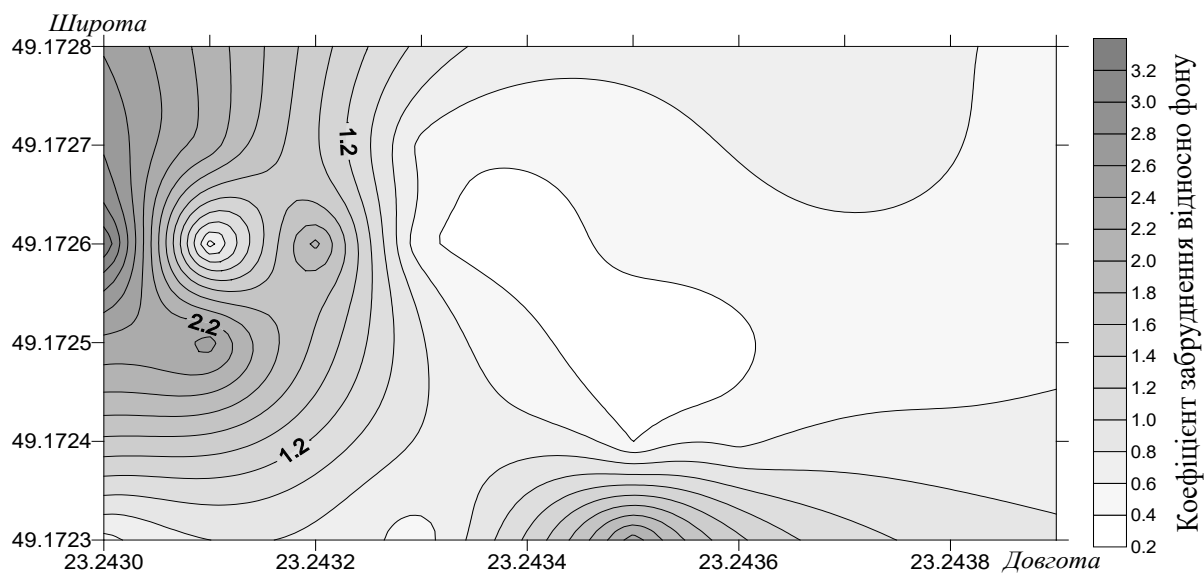


Рис. 11. Екологічні карти забруднення ґрунтів кадмієм (коефіцієнт забруднення щодо фону)

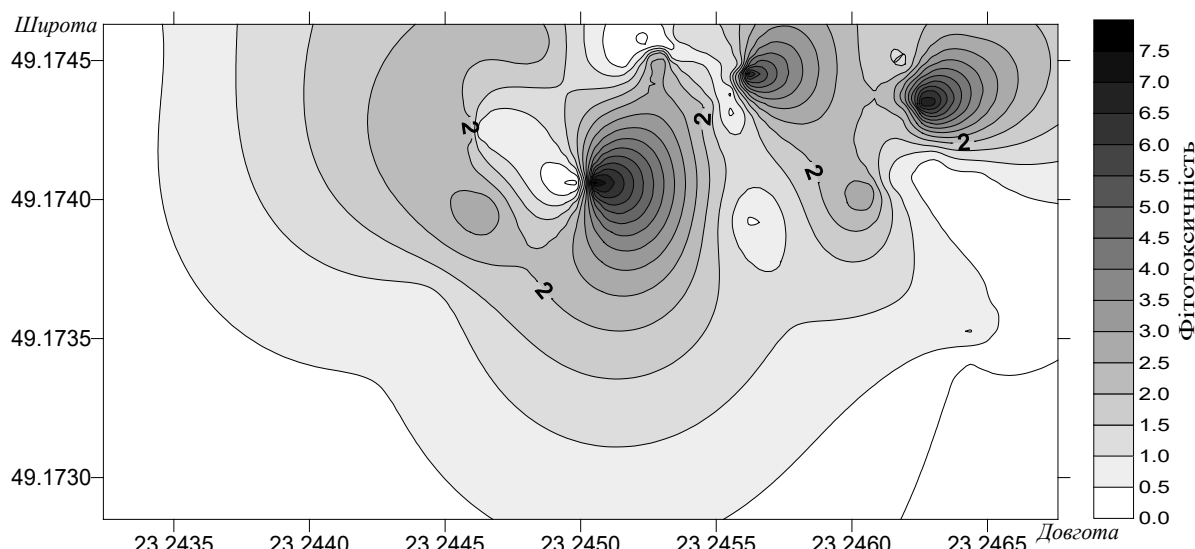


Рис. 12. Екологічна карта фітотоксичності нафтозабруднених ґрунтів озокеритової шахти м. Борислава

Проведено фітотоксичну оцінку відвальних ґрунтів озокеритової шахти методами біотестування з використанням чутливих рослинних тест-об'єктів: льону, соняшника, гречки. За отриманими даними побудовано екологічні карти фітотоксичності ґрунтів (рис. 12). За шкалою фітотоксичності [6] встановлено, що для досліджуваних ґрунтів характерні здебільшого загрозливий і передкризовий рівні забруднення, яким відповідають значення токсичності 0,6–1,5 та 1,5–3,0 відповідно (рис. 12) і вмісту нафтопродуктів 0,4–2,5 % та 2,5–10 %, відповідно.

Результати біотестування з використанням чутливих рослинних тест-об'єктів – льону, соняшника та гречки – корелюють з аналітичними даними кількісного вмісту нафти у ґрунті (див. рис. 3, 12): ізолнії слабого та середнього ступенів забруднення ґрунту нафтою, оцінені аналітично та за допомогою біотестування, розміщені в одних і тих же межах системи координат. Проте за допомогою методу оцінки токсичності нафтозабруднених ґрунтів виявлено окремі ділянки із сильним і катастрофічним рівнем забруднення, які не були помічені аналітичними методами. Це можна пояснити тим, що досліджувані ґрунти забруднені не лише нафтою та важкими металами, але й засолені, мають змінені

фізико-хімічні та біологічні властивості, набули гідрофобність тощо.

**Головні висновки.** Відвальні ґрунти озокеритовидобутку, розташовані в центральній частині м. Борислава, забруднені нафтопродуктами < 6%, хоча трапляються ділянки, в яких забруднення ґрунту нафтою сягає понад 12%. Виявлено антропогенне забруднення ґрунтів важкими металами. Коефіцієнт забруднення кадмієм щодо фону становить 2–2,5, цинком – 1,5–7; коефіцієнт забруднення щодо ГДК міддю – 2–6, нікелем 2–4. Значення фітотоксичності становить від 0,6–1,5 до 1,5–3,0; що свідчить про загрозливий і передкризовий рівні забруднення.

Отже, відвали озокеритової шахти м. Борислава забруднені нафтопродуктами, важкими металами і є постійним джерелом надходження в довкілля шкідливих речовин, а тому потребують тривалого екологічного моніторингу та рекультиваци. Враховуючи те, що озокеритова шахта розташована в центральній частині міста, найбільш прийнятним шляхом є фіторекультиваци відвалів.

Проведені дослідження дали змогу підтвердити важливість проблеми забруднення ґрунтового покриву нафтопродуктами на території нафтогазопромислу та необхідність її вирішення.

### Література

- ГОСТ 17.4.4.02-84. Охрана природы. Почвы. Методы отбора и подготовки проб для химического, биологического, гельминтологического анализа. *Охрана природы. Почвы*. Москва : Издательство стандартов, 1993. С. 54–64.
- Дмитриев М.Т., Казнина Н.И., Пинигина И.А. Санитарно-химический анализ загрязняющих веществ в окружающей среде : справ. изд. Москва : Химия, 1989. 368 с.
- Бетелев Н.П. Методы определения загрязнения грунтов углеводородами. *Геоэкология. Инженерная геология. Гидрогеология. Геокриология*. 1998. №1. С. 120–124.
- Якість ґрунту. Визначення рН (ISO10390:2005, IDT): ДСТУ ISO 10390:2007. Чинний від 01.10.2009. Київ : Держспоживстандарт України, 2009. 12 с.
- Якість ґрунту. Визначення вмісту рухомих сполук важких елементів в ґрунті в буферній амонійно-ацетатній витяжці з рН 4,8 методом атомно-абсорбційної спектрофотометрії: ДСТУ 4770.1-9:2007. Чинний від 2009-01-01. Київ : Держспоживстандарт України, 2007. 14 с.

6. Методика екологічного оцінювання нафтозабруднених ґрунтів / О.І. Романюк та ін. *Вісник Дніпропетровського університету*. Біологія, екологія. 2016. № 24(2). С. 264–269.
7. Проведення екологічного моніторингу підземних вод, загазованості та забруднення ґрунтів на території м. Борислава / звіт про науково-дослідну роботу Д1-09 / О.І. Романюк та ін. Львів : Відділення ФХГК ІнФохВ імені Л.М. Литвиненка НАН України, 2009. 33 с.
8. Физико-химические характеристики загрязнения окружающей среды при техногенных катастрофах (разлив нефти) / Г.П. Лапина, Н.М. Чернавская, М.Е. Литвиновский, С.В. Сазанова. *Химическая и биологическая безопасность*. 2007. № 1(31). С. 24–32.
9. Солнцева Н.П. Добыча нефти и геохимия природных ландшафтов. Москва : Изд-во МГУ, 1998. 376 с.