

УДК 504.622:543.581.6

О. І. Романюк, канд. хім. наук., старш. наук. співроб.;  
Л. З. Шевчик, асп.

## КОМПЛЕКСНИЙ ЕКОЛОГІЧНИЙ МОНІТОРИНГ НАФТОЗАБРУДНЕНИХ ТЕРИТОРІЙ НА ПРИКЛАДІ м. БОРИСЛАВА

*Наведено результати проведення комплексного екологічного моніторингу території м. Борислава. Визначено середні, максимальні та мінімальні концентрації основних хімічних інгредієнтів та найпоширеніших забруднювальних речовин у криницях, річках, потічках та ґрунті. Вивчено перспективи вищих рослин для рекультивациі нафтозабруднених ґрунтів. Найкращі результати щодо очистки ґрунтів від нафтового забруднення отримані із застосуванням рослин обліпихи крушиновидної (*Hippophae rhamnoides* L.).*

### Вступ

Розробка та експлуатація нафтогазових родовищ, наявність нафтовидобувної та переробної інфраструктури, розвинута мережа нафтогазопроводів є факторами постійної та потенційної загрози для довкілля та здоров'я людини. Нафтові забруднення важко розкладаються через з їх складну хімічну природу, високу стійкість до дії факторів навколишнього середовища. Ґрунти, що забруднені нафтою та нафтопродуктами, характеризуються порушеною структурою та негативною зміною основних фізико-хімічних параметрів. Вони набувають гідрофобності, що порушує газообмін і водне живлення, призводить до різкого зниження кількісного і погіршення якісного складу ґрунтової фауни і флори та значного зменшення біопродуктивності. Забруднення нафтопродуктами чинить токсичний, мутагенний вплив на навколишнє середовище, сільськогосподарські, харчові продукти та здоров'я людини [1, 2].

У зв'язку з цим, актуальною є проблема оцінки стану довкілля з метою покращення його якісних показників.

### Основний текст

Найінформативнішим методом дослідження стану навколишнього природного середовища є екологічний моніторинг. Моніторинг як система постійних режимних спостережень дає змогу оцінити стан довкілля і в кінцевому результаті передбачає проведення заходів з його поліпшення.

Відомі моніторингові дослідження (геоекологічні, хімічні, біологічні та ін.), які могли б простежити динаміку виникнення та ліквідації забруднень, часто існують як розрізнені системи і стосуються лише одного з факторів довкілля або того чи іншого виду забруднювача [3], а тому не можуть дати всебічно об'єктивну характеристику стану довкілля.

Методи ремедіації нафтозабруднених територій, такі як меліорація, мікробіологічна очистка [4, 5], фіторекультивациа [6—9], за яких досягається певний позитивний ефект, в реальних умовах не дають очікуваного результату. Це пояснюється їх відірваністю від моніторингових досліджень і неврахуванням полікомпонентності системи, динаміки якісної та кількісної її зміни, багатовекторності впливу на екосистему. Використання цих методів, наприклад для очистки ґрунту, без урахування комплексного моніторингу, може привести навіть до негативних наслідків через утворення і накопичення нових шкідливих сполук, які можуть бути токсичнішими за попередні.

Авторами були об'єднані різні види досліджень у комплексний екологічний моніторинг і вперше здійснено екологічну оцінку нафтозабрудненої території в межах впливу озокеритової шахти м. Борислава. Визначено середні, максимальні та мінімальні концентрації основних хімічних інгредієнтів та найпоширеніших забруднювальних речовин у криницях, річках, потічках, ґрунті. Для повнішої діагностики стану нафтозабруднених ґрунтів, крім фізико-хімічних методів, використаний також метод екотоксикологічної оцінки. Розроблено ефективні і достовірні тест-системи, чут-

ліві до дії забруднювальних компонентів нафти, з добре вираженою зворотною реакцією тест-організму на дію токсиканта. Найкращими тест-організмами показали себе льон звичайний та соняшник однорічний [10], які використовувались для екотоксикологічної оцінки нафтозабруднених та рекультивованих ґрунтів.

Здійснюваний комплексний екологічний моніторинг територій м. Борислава в межах впливу озокеритової шахти показав значне перевищення вмісту фенолів у воді криниць (рис. 1) та річок (рис. 2), яке залежить від сезонності.

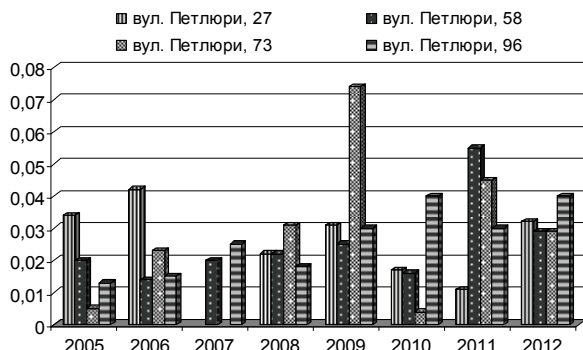


Рис. 1. Середньорічний вміст фенолів (мг/л) у криницях по вул. Петлюри, м. Борислав (2003—2011 рр.). ГДК для фенолів 0,001 мг/л

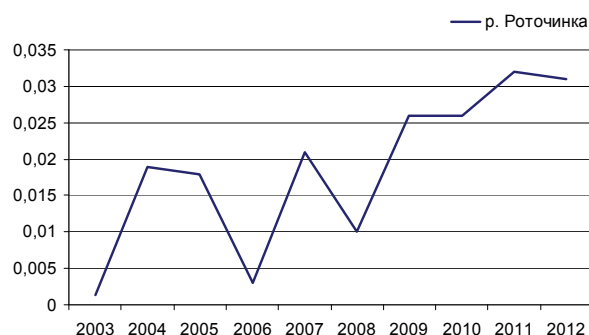


Рис. 2. Середньорічний вміст фенолів (мг/л) у водах р. Роточинка, м. Борислав (2003—2011 рр.). ГДК для фенолів 0,001 мг/л

У недощовий період року вміст фенолів у поверхневих та підземних водах м. Борислава, як правило, нижчий, чим у дощовий і становить переважно 0—10 ГДК. У дощовий період року чи танення снігу вміст фенолів зростає до 20—40 ГДК, а іноді і вище.

Це добре видно з рис. 3, на якому показано зміну концентрації фенолів у водах криниць вздовж вулиці Куліша.

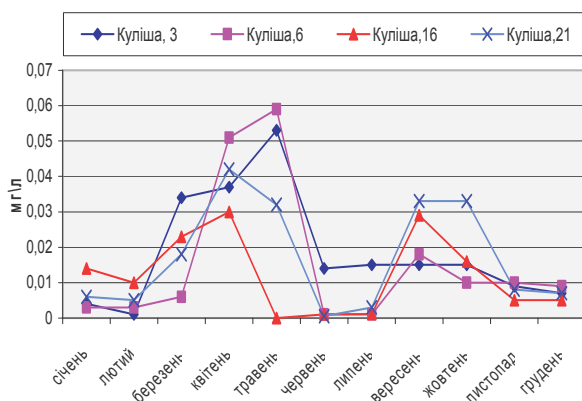


Рис. 3. Зміна концентрації фенолу в підземних водах (по вул. Куліша) впродовж 2005 року, м. Борислав

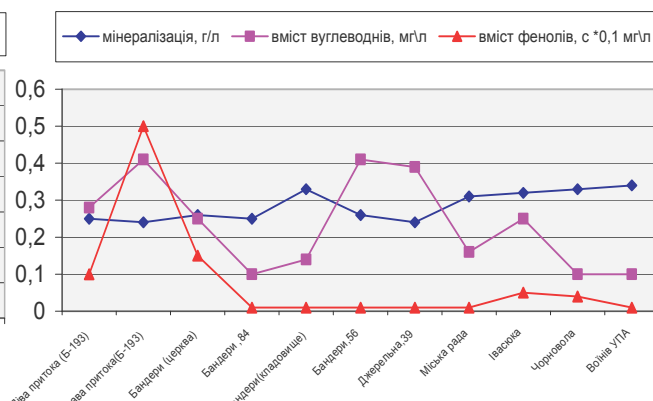


Рис. 4. Вміст солей, вуглеводнів, фенолів у воді контрольних ділянок вздовж русла р. Тисмениця

Чітко простежуються два максимуми концентрації фенолів березень—червень і вересень—жовтень. Саме ці періоди року (2005 р.) були найбільш дощовими. Атмосферні опади вимивають із нафтозабруднених ґрунтів шкідливі речовини, що попадають у поверхневі та підземні води м. Борислава.

З метою встановлення зв'язку між нафтовим та фенольним забрудненням, а також сезонністю простежено зміну мінералізації, вмісту нафтопродуктів та фенолів вздовж русла р. Тисмениця. Як видно з рис. 4, підвищення чи зменшення вмісту нафтопродуктів супроводжується відповідним підвищенням чи зниженням вмісту фенолів, і навпаки — збільшенням чи зниженням мінералізації. Тобто відстежена динаміка розвитку забруднення вод фенолами та вуглеводнями вздовж русла річки Тисмениці вказує на нафтове походження фенольного забруднення.

Те, що забруднені ґрунти є джерелом надходження токсичних речовин у підземні води показало, також дослідження вмісту важких металів у водах криниць, розташованих в зоні впливу озокеритової шахти. Перевищення вмісту кадмію та марганцю відносно ГДК було зафіксовано як у во-

дах криниць вздовж вул. Петлюри, так і у відвалах озокеритовидобутку. Вміст кадмію у водах криниць був вищим за ГДК у 4—10 раз, а марганцю — в 1,25—7,5 раз (рис. 5—6). В досліджуваних ґрунтах м. Борислава встановлено перевищення вмісту марганцю в 2—4 рази відносно ГДК; кобальту — в 2—4 рази, кадмію — 2—3 рази, ванадію — 3—4 рази, свинцю — в 1—2 рази відносно фону. Вміст нафтопродуктів коливається в межах від 0,6 до 5—10 %.

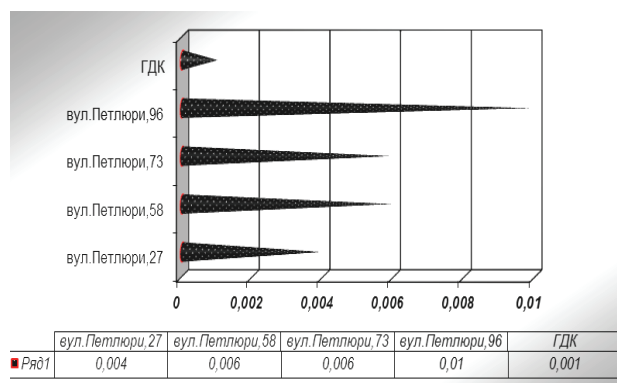


Рис. 5. Вміст кадмію (мг/л) у воді криниць по вул. Петлюри, м. Борислав 2012 р.

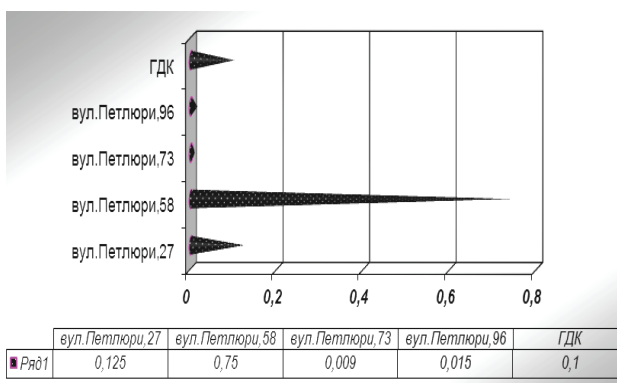


Рис. 6. Вміст марганцю (мг/л) у воді криниць по вул. Петлюри, м. Борислав 2012 р.

Найзабрудненішими є відвальні ґрунти озокеритової шахти («Висипи»), які є насипними, нещільними, розмиваються дощовими потоками. Посилений поверхневий стік води вимиває з териконів нафтові відходи та важкі метали, які потрапляють у річку Тисменицю та ґрунтові води, забруднюючи останні. «Висипи» височіють поряд з центральною густонаселеною частиною міста. В теплу пору року під дією сонця нафтопродукти інтенсивно випаровуються в повітря. Таким чином, настає комплексне забруднення прилеглої території: повітря, ґрунту, підземних та поверхневих вод вуглеводнями та важкими металами. Одним із шляхів зменшення негативного впливу відвалів озокеритової шахти на довкілля м. Борислава є їх рекультивация.

Для вирішення екологічних проблем нафтозабруднених територій, на прикладі м. Борислава, авторами вивчалися перспективи використання вищих рослин для рекультивации нафтозабруднених ґрунтів. Були опробовані рослини: осока шорсткволосиста, боб кормовий, льон звичайний, кукурудза звичайна, ячмінь звичайний, овес посівний, квасоля, ріпак, конюшина лучна, верба плакуча, береза, обліпиха крушиновидна, алича. Найкращі результати щодо очистки ґрунтів від нафтового забруднення показало використання рослин обліпихи крушиновидної (*Hippophae rhamnoides* L.), яка успішно адаптується до екстремальних умов нафтозабрудненого ґрунту, покращує його фізико-хімічні властивості, збагачує азотовмісними сполуками, зменшує кількість нафти у ґрунті, розростається у куртини, що дозволяє підвищити ступінь очищення як на рівнинних, так і на насипних нафтозабруднених ґрунтах. Цей спосіб забезпечує очистку ґрунтів від нафтового забруднення до 92,7 % (табл. 1).

Таблиця 1

Вплив рослин обліпихи крушиновидної на біодеградацію нафти у ґрунті упродовж 4 років зростання (Вихідне забруднення ґрунту 123 г/кг)

	Часовий період рекультивации			
	0-й рік	1-й рік	2-й рік	4-й рік
Концентрація нафти у ґрунті, г/кг	123	26,5	13,9	9,0
Сумарне очищення ґрунту, %	0	77,5	88,7	92,7

Значно зменшується і токсичність ґрунту. Так, дослідження токсичності нафтозабруднених і рекультивованих ґрунтів тест-культурою льоном звичайним (*Linum usitatissimum* L.), показало, що на четвертий рік росту обліпихи на ґрунті, за початкового забруднення нафтою 123 г/кг, відносна схожість насіння тест-культури *L. usitatissimum* зростає від 0 % до 108,6 %, відносна довжина кореня і відносна висота пагона до 163,39 % та 142,44 % відповідно (табл. 2).

**Токсичність нафтозабрудненого ґрунту на 4-й рік рекультивациі обліпихою крушиновидною**  
(Початкове забруднення — 123 г нафти на 1 кг ґрунту)

Ґрунт	Токсичність за <i>L. usitatissimum</i>			Ґрунтові мікроорганізми	
	відносна схожість насіння, %	відносна довжина кореня, %	відносна висота пагона, %	гетеротрофи	деструктори нафти
Не рекультивований	0	0	0	2×104	5×102
Рекультивований	108,6	163,4	142,4	2×108	3×105
У радіусі 4 м від рекультиваційної ділянки	88,6	181,3	52,4	4×106	6×105

При цьому, зменшується токсичність не лише на ділянці, де росте обліпиха, але й на відстані 4—6 м від ділянки, завдяки розростанню кореневої системи обліпихи. Відносна схожість насіння *L. usitatissimum* на ґрунті, взятого на відстані 4 м від фіторемераційної ділянки, уже складає 88,6 %, відносна довжина кореня — 181,25 %, а відносна висота пагона — 52,37 %, в той час як відповідні початкові параметри на нерекультивованому ґрунті становили 0 % (див. табл. 2).

### Висновки

Отже, сучасні підходи проведення комплексного екологічного моніторингу на прикладі м. Борислава, дали повну оцінку досліджуваної території, а спільне використання як хімічних, так і біологічних методів забезпечило одночасне визначення рівня нафтохімічного забруднення ґрунту та його здатність до відновлення. Найкращі результати щодо очистки ґрунтів показало використання рослин обліпихи крушиновидної (*Hipporhae rhamnoides* L.), що дозволяє вважати її найперспективнішою культурою для рекультивациі нафтозабруднених ґрунтів.

### СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Экологический мониторинг нефтегазовой отрасли. Физико-химические и биологические методы / [М. Н. Саксенов, А. Д. Абалаков, Л. В. Данько и др.]. — Иркутск : Иркутский ун-т, 2005. — 114 с.
2. Кодина Л. А. Геохимическая диагностика нефтяного загрязнения почвы. Восстановление нефтезагрязненных почвенных экосистем / Под ред. М. А. Глазковой. — М. : Наука, 1988. — С. 112—122.
3. Огняник М. С. Оціночний моніторинг в дослідженнях геологічного середовища, забрудненого легкими нафтопродуктами / М. С. Огняник, Н. К. Парамонова, Ю. В. Загородній // Збірник наукових праць Інституту геохімії навколишнього середовища. — К. : ІГНС, 2011. — Вип. 19. — С. 151—158.
4. Margesin R. Potential of cold-adapted microorganisms for bioremediation of oil-polluted alpine soils / R. Margesin // International Biodeterioration and Biodegradation. — 2000. — № 46. — P. 3—10.
5. Suominen L. Evaluation of the Galega-Rhizobium galegae system for the bioremediation of oil contaminated soil / L. Suominen, M. Jussila, K. Makclainen // Environmental Pollution. — 2000. — Vol. 107. — P. 239—244.
6. Використання рослин для рекультивациі ґрунтів забруднених нафтою і нафтопродуктами / [Н. Джура, О. Романюк, Я. Гонсьор та ін.] // Екологія та ноосферологія. — 2006. — Т. 17, № 1—2. — С. 55—60.
7. Джура Н. Реакції осоки шершавої на нафтове забруднення / Н. Джура, О. Цвілюк, О. Терек // Вісник Львівського університету. Серія біологічна. — 2006. — Вип. 42. — С. 142—146.
8. Відновлення нафтозабрудненого ґрунту за участю рослин *Carex hirta* L. / [Н. М. Джура, О. М. Мороз, І. Б. Русин та ін.] // Основи формування продуктивності сільськогосподарських культур за інтенсивних технологій вирощування : зб. наук. пр. Уманського державного аграрного університету. — К., 2008. — С. 197—203.
9. Терек О. І. Фізіологічні аспекти адаптації рослин до нафтозабрудненого ґрунту / О. І. Терек, О. І. Величко, Н. М. Джура // Фізіологія рослин: проблеми та перспективи розвитку : зб. наук. пр. — К. : Логос, 2009. — Т. 1. — С. 217—225.
10. Фітотестування як експрес-метод оцінки токсичності нафтозабруднених ґрунтів / [М. З. Горон, Н. М. Джура, О. І. Романюк та ін.] // Вісник Львівського університету. Серія біологічна. — 2012. — Вип. 58. — С. 185—192.

Рекомендована кафедрою моделювання та моніторингу складних систем

Стаття надійшла до редакції 8.10.2013  
Рекомендована до друку 14.10.2013

**Романюк Ольга Іванівна** — старший науковий співробітник, **Шевчик Леся Зеновійвна** — аспірантка.  
Відділення фізико-хімії горючих копалин, Інститут фізико-органічної хімії і вуглекімії ім. Л. М. Литвиненка НАН України