

УДК 504.53:622.276

## ДЕЯКІ ПИТАННЯ МЕТОДИКИ ОЦІНКИ СТАНУ ЗАБРУДНЕННЯ ҐРУНТІВ УНАСЛІДОК НАФТОГАЗОВИДОБУТКУ

**Н. Клімова**

*Львівський національний університет імені Івана Франка,  
вул. Дорошенка, 41, м. Львів, 79000, Україна*

Розглянуто найпоширеніші у нафтогазодобувних районах забруднювальні речовини та досліджено джерела їх утворення. Запропоновано методичні основи оцінки інтенсивності забруднення ґрунтів та оцінку шкалу екологічної небезпеки забруднення ландшафтів у районах інтенсивного впливу нафтогазового комплексу.

*Ключові слова:* нафтогазодобувні райони, забруднення, ґрунт, оцінка, методи.

Підприємства нафтогазового комплексу за рівнем шкідливого впливу на природне середовище вважають об'єктами підвищеного екологічного ризику. Вони є потенційними джерелами забруднення довкілля, що може статися в разі порушення технологічних режимів роботи устаткування чи аварійної ситуації. Деякі об'єкти забруднюють довкілля і за нормальних умов роботи, що зумовлено технологічними процесами. Зазначимо, що наслідки цього впливу відчуються не тільки на момент забруднення, а й ще кілька років після розшукових робіт. Це пов'язано з такими причинами [8]:

- постійним нарощуванням обсягів глибокого розвідування та експлуатації свердловин за умов пріоритетності техніко-економічних показників над екологічними;
- утворення та накопичення на денній поверхні відходів у різних агрегатних станах, у складі яких містилися забруднювальні речовини різних класів небезпеки;
- розглядом установки буріння як тимчасової споруди і як такої, що виконувала виробничі функції протягом короткого відрізка часу і тому не була обладнана технічними засобами очищення, нейтралізації та утилізації утворених відходів;
- відсутністю дбайливого ставлення до земельних та водних ресурсів;
- відсутністю достовірної інформації про наслідки негативного впливу відходів буріння на довкілля.

Нафтогазодобувні райони – типовий приклад техногенно-геологічних систем. Для них характерні низка ознак нафтохімічного забруднення ґрунтів, порід зони аерації, поверхневих, ґрунтових та підземних вод, рослинних груп, підґрунтового та приземного шару повітря, які є об'єктами різноманітних еколого-геологічних досліджень.

Нафтовидобуток, як чинник техногенного впливу, охоплює процеси будівництва та експлуатації нафтогазових свердловин, структурні елементи видобутку та накопичення вуглеводнів. Сучасна робота установки буріння є потенційним джерелом забруднення навколишнього середовища: ґрунтів, поверхневих та підземних вод, атмосфери. Головні забруднювачі навколишнього середовища під час будівництві свердловин – це бурові й

тампонажні розчини, оброблені хімреагентами, буровий шлам і бурові стічні води, пластові флюїди. Експертні оцінки НДІ технології буріння Держкомгеології України свідчать, що відходи буріння вміщують до 4–6% нафти та нафтопродуктів, до 60 г/л забруднювальної органіки, значну кількість розчинних солей, у тім числі таких токсичних, як іони хлору, натрію, магнію, гідрокарбонат-іон; показник кислотно-лужної рівноваги (рН) відходів становить 6–10.

Поширеними у нафтогазорозвідувальній, видобувній і переробній діяльності є фенольні комплекси. У деяких скупченнях нафти вміст фенолів досягає 0,2% від їхньої маси. Окиснення бензолу та толуолу пластових вод, термokatалітичні процеси на вибої свердловин під час їхнього буріння або переробки вуглеводнів на паливо, а також застосування під час будівництва свердловин реагентів, окисненого бітуму та інших призводять до надходження в довкілля значної кількості фенолів.

Будівництво й розробка нафтогазових свердловин супроводжуються надходженням у приповерхневу гідролітосферу деяких мікроелементів, у тім числі важких токсичних металів, що містяться у рідких відходах буріння.

Характерними забруднювачами довкілля у нафтопромислових районах є також амонійні, нітратні та інші азотовмісні сполуки, які супроводжують нафтогазові поклади, приконтурні води або утворюються внаслідок термічних та інших реакцій у разі застосування реагентів під час буріння, випробування та експлуатації свердловин.

Отже, досвід еколого-геологічних досліджень свідчить про те, що характерними для ґрунтів нафтопромислових районів є такі забруднювальні речовини [1]:

- нафтопродукти;
- феноли;
- важкі метали (Cr, Mn, Fe, Co, Ni, Cu, Zn, Pb, Cd, V);
- азотні сполуки (іони нітрату та амонію).

Міграція вуглеводневих флюїдів спричинює також високу загазованість приповерхневих відкладів. Шляхи, які полегшують висхідну міграцію – це тектонічно послаблені зони та старі неправильно ліквідовані виробки (свердловини, шахти-колодязі). Частину вуглеводнів сорбують породи, деякі розчиняються у ґрунтових водах, а решта надходить в атмосферне повітря й може накопичуватись у різних замкнутих спорудах і природних порожнинах, створюючи загрозу для здоров'я та безпеки людей.

Проблеми техногенного впливу нафтовидобутку на ґрунти ландшафтів розглянуто в працях А.І. Перельмана [6], Л.Л. Малишевої [5], М.А. Глазовської [2], Ю.І. Піковського (1988), Н.П. Солнцевої (1988), Н.Е. Журавля, Т.А. Клочко, А.Н. Васільєва (1997) та вивчено науковцями Львівського відділення Українського державного геологорозвідувального інституту (ЛВ УкрДГРІ), які провели геохімічні дослідження впливу на екологію м. Борислав пластових флюїдів Бориславського нафтога-зоконденсатного родовища [1].

А.І. Перельман дав розширену геохімічну характеристику ландшафтів, схарактеризував розподіл і міграцію хімічних елементів у ландшафті, особливу увагу приділивши техногенній міграції. Важливе значення він надав використанню геохімії ландшафту для розшуків корисних копалин та охорони навколишнього середовища.

Стан, динаміка і діагностика ґрунтових екосистем, забруднених нафтою, нафтопродуктами і промисловими водами, – предмет дослідження М.А. Глазовської, Ю.І. Піковського і Н.П. Солнцевої. Ці вчені навели експериментальні дані, які засвідчують вплив забруднювальних речовин на геохімію, морфологію ґрунтів та

екологію мікроорганізмів, комплекс ґрунтових тварин, ферментну активність ґрунтів та фотосинтез рослин.

Суть, принципи і методи прикладних ландшафтно-геохімічних досліджень викладені В.М. Гуцуляком [4]. Дослідник розглянув питання структурно-функціональної організації та екогеохімії урбанізованих ландшафтів, стійкості геосистем до техногенних хімічних навантажень, методики визначення інтегрального показника екологічної небезпеки. В методичних рекомендаціях В.М. Гуцуляк визначив завдання з екогеології (ландшафтної екології) і, зокрема, обчислення еколого-геохімічних показників природного середовища, оцінки екологічної ситуації, складання відповідних карт.

Методику екологічної оцінки техногенного впливу на ландшафт і його складові – геологічний субстрат, рельєф, ґрунтовий і рослинний покрив, гідросферу й атмосферу – розробили О.М. Адаменко, Я.О. Адаменко, Л.В. Міщенко, О.М. Журавель та ін. Залежно від аналітичних даних за вмістом хімічних елементів-забрудників, вони розраховували геохімічні коефіцієнти та показники, які дають змогу якісно оцінити екологічний стан усіх компонентів ландшафту, скласти відповідні карти і спрогнозувати зміни навколишнього середовища.

Необхідність розробки природоохоронних рекомендацій оцінки якості відходів буріння під час будівництва нафтогазових свердловин висвітлена І.М. Фесенком [8]. Учений також обґрунтував потребу проведення бурових робіт з урахуванням контролю стану ґрунтів на земельних ділянках, відведених для будівництва свердловин, на підставі переліку пріоритетних показників.

Однак перспективною сьогодні є оцінка інтенсивності забруднення ґрунтів, яка охоплює аналіз та врахування синергічної дії багатоелементного впливу нафтогазовидобутку. Тому ми мали на меті розробити методичні аспекти оцінки екологічного стану ґрунтового покриву внаслідок нафтогазовидобутку з урахуванням комплексності його впливу.

З огляду на те, що у нафтогазодобувних районах найбільша частка припадає на хімічний тип техногенного впливу, для екологічної оцінки цих районів доцільно застосовувати ландшафтно-геохімічний підхід.

Ландшафтно-геохімічний підхід є одним із просторово-системних підходів до аналізу й оцінки екологічного стану територій, він дає змогу на підставі визначення геохімічного фону території з'ясувати ступінь забрудненості та видовий склад забруднень, їхні міграційні здатності залежно від хімічного складу й фізико-хімічних властивостей компонентів геосистем, імовірність і можливі місця накопичення забруднювальних речовин, геохімічну здатність ландшафтів до самоочищення від забруднень, геохімічні складові екологічного стану геосистем [5].

З 60-х років ХХ ст., завдяки усвідомленню важливості екологічних проблем, ландшафтно-геохімічні дослідження масово розпочали в усіх установах, організаціях і вищих навчальних закладах географічного та геологічного профілю. Саме потреба вирішення екологічних проблем сьогодення, передусім, пов'язаних з посилюваним хімічним забрудненням навколишнього середовища, вплинула на екологічну спрямованість сучасних ландшафтно-геохімічних досліджень. Нині екологічний напрям ландшафтно-геохімічних досліджень стає головним. У системі показників стану природних і природно-антропогенних ландшафтів провідне місце посідають геохімічні, що легко пояснити їхньою виразністю, високим рівнем розробки методів визначення вмісту хімічних елементів у довірчій та багаторічною практикою використання багатьох хімічних показників.

Будь-яку екосистему характеризують головними (базовими) і другорядними (допоміжними) показниками. Головні (базові) показники стану компонентів навколишнього середовища, що визначають їхні якісні та кількісні характеристики, можна зачислити до двох головних груп: рівні забруднення хімічними елементами та сполуками (кількісні характеристики) та механізми захисту компонентів навколишнього середовища від техногенного впливу (якісні характеристики).

Грунтовий покрив – порівняно стабільний компонент геосистеми, що має практично необмежену можливість щодо накопичення, утримання та переробки забруднювальних речовин. Стан цього компонента можна визначати такими базовими показниками:

- рівнем забруднення хімічними елементами і сполуками;
- ступенем активності процесів самоочищення, деструктуризації мінеральних речовин;
- здатністю щодо природного збереження та відновлення родючості;
- родючістю як основою відтворення рослинного і, як наслідок, тваринного світів (тобто як природний ресурс).

У разі забруднення приповерхневої частини ґрунту найнебезпечнішими є нафтопродукти та рідкі відходи буріння, які, потрапляючи у ґрунт, окислюють його (внаслідок високої концентрації водних іонів) та сприяють інтенсивному витісненню кисню. Це зумовлює незворотні зміни агрохімічних властивостей ґрунту та знижує його агрономічну цінність. Ареал можливого поширення поверхневих форм літосферного забруднення в разі проєктованого будівництва обмежений контуром бурового майданчика.

Для визначення рівня забруднення ґрунтів нафтогазовидобувних районів хімічними елементами використовують коефіцієнти концентрації хімічних елементів  $K_{ci}$  [4]:

$$K_{ci} = \frac{C_i}{C_\phi}, \quad (1)$$

де  $C_i$  – вміст елемента (сполуки) у ґрунтах, мг/кг;  $C_\phi$  – природний фон (концентрація) елемента в ґрунтах, мг/кг.

Вміст нафтопродуктів, фенолів і сполук азоту нормують за номенклатурою санітарного стану, тобто вони не віднесені до пріоритетних забрудників довкілля, що здатні до стійкого накопичення. Вміст нафтопродуктів у ґрунтах регламентують за тимчасово допустимою концентрацією (ТДК). Розрахунок ТДК виконав Український науково-дослідний інститут ґрунтознавства і агрохімії (УкрНДІГА, м. Харків), Міжвідомчий екологічний центр НАН України та Міністерство екологічної безпеки України:

$$\begin{aligned} \text{ТДК}_n &= 4000 \text{ мг/кг,} \\ \text{ТДК}_\phi &= 1,28 \text{ мг/кг.} \end{aligned}$$

Рівень забруднення ґрунтів нафтопродуктами та фенолами визначають за ступенем перевищення їхнього вмісту ТДК (табл. 1).

Стан забруднення ґрунтів важкими металами оцінюють за вмістом як валових, так і рухомих форм. У разі визначення стану забруднення ґрунтів важкими металами необхідно враховувати не тільки порівняння фонового (кларки) і фактичного вмісту елементів у ґрунті, а й значення граничнодопустимої концентрації (ГДК) у ґрунті та рослинах [7]. За цими показниками так оцінюють екологічний стан ґрунтів [7]:

Таблиця 1

Показники рівня забруднення ґрунтів нафтопродуктами та фенолами [7], мг/кг

Рівень забруднення	Нафта і нафтопродукти	Феноли
Перший (допустимий)	<ГДК <sub>н</sub>	<ГДК <sub>ф</sub>
Другий (низький)	100–200	–
Третій (середній)	2 000–3 000	1–5
Четвертий (високий)	3 000–5 000	5–10
П'ятий (дуже високий)	>5 000	>10

- сприятливий – вміст валових форм важких металів у ґрунті є на рівні кларків, у рослинній продукції – нижче ГДК;

- задовільний – вміст валових форм важких металів у ґрунті дещо перевищує кларки, але не сягає ГДК, а в рослинній продукції – нижче ГДК, рухомих форм – на рівні ГДК;

- передкризовий – вміст валових форм важких металів у ґрунті – на рівні ГДК, у рослинній продукції – на рівні ГДК, рухомих форм у ґрунтах – у 1,5–2,0 рази вище, ніж ГДК;

- кризовий – вміст валових форм важких металів у ґрунті – у 2–10 разів, у рослинній продукції – у 1,1–1,5 рази вищий, ніж ГДК, рухомих форм у ґрунтах – у десятки разів вищий, ніж ГДК;

- катастрофічний – вміст важких металів у ґрунтах – у десятки й сотні разів вищий, ніж ГДК, у рослинній продукції – у десятки разів перевищує ГДК, а рухомих форм важких металів – у сотні разів вищий, ніж ГДК.

Іони нітрату та амонію досить швидко виносяться з ґрунту, а тому поширення цих сполук доцільно досліджувати тільки у водах.

Крім того, оцінюють вибухонебезпечність підґрунтових газів за відношенням виявленої суми горючих газів до розрахованого значення нижнього порога їхньої вибуховості. Для кожної точки випробування нижній поріг вибуховості багатокомпонентних горючих газів у суміші з повітрям розраховують за формулою[3]:

$$P = 100 / \left( \frac{C_1}{P_1} + \frac{C_2}{P_2} + \dots + \frac{C_i}{P_i} \right), \quad (2)$$

де  $P$  – нижній поріг вибуховості суміші горючих газів, об. %;  $C_1, C_2, \dots, C_i$  – об'ємна частка горючих газів у суміші, виявлена під час досліджень, %, ( $C_1 + C_2 + \dots + C_i = 100$  %);  $P_1, P_2, \dots, P_i$  – нижні пороги вибуховості горючих компонентів газу, об. % (табл. 2).

Інтенсивність забруднення ґрунту визначають за допомогою показника інтенсивності забруднення природного компонента  $P_j$  [4]:

$$P_j = \sum_{i=1}^n (K_{ci} \times M_i), \quad (3)$$

де  $K_{ci}$  – коефіцієнт концентрації хімічного елемента;  $M_i$  – значення індексу небезпечності (токсичності) хімічного елемента відповідно до класу небезпечності (4,1 і більше – перший клас, 2,6–4,0 – другий клас, 0,5–2,5 – третій клас, до 0,5 – четвертий клас);  $n$  – кількість врахованих елементів (нафтопродукти, феноли, важкі метали).

Таблиця 2  
Вибухонебезпечні межі головних вуглеводневих газів метанового ряду [1]

Головні вуглеводневі газы метанового ряду	Нижня та верхня вибухонебезпечні межі	
	%	г/м <sup>3</sup>
Метан	3,1–16,0	95–500
Етан	3,1–15,0	39–188
Пропан	1,9–9,5	35–174
Бутан	1,6–8,5	38–205
Пентан	1,35–8,0	41–140
Гексан	1,2–7,4	43–265
Гептан	1,1–6,0	–
Октан	0,8–6,0	35–280
Нонан	0,7–2,9	–

Формула розрахунку індексу небезпечності  $M_i$  така [4]:

$$M_i = A \times S / L \times M \times \Gamma ДК, \quad (4)$$

де  $A$  – атомна маса відповідного елемента;  $M$  – молекулярна маса хімічної сполуки, в яку входить цей елемент;  $S$  – розчинність у воді хімічної сполуки, в яку входить цей елемент, мг/л;  $L$  – середнє арифметичне з шести ГДК хімічних речовин у різних харчових продуктах (у м'ясі, рибі, молоці, хлібі, овочах, фруктах); ГДК – гранично допустимі концентрації елементів у ґрунті.

Схема визначення інтенсивності забруднення ґрунтового покриву показана на рисунку.

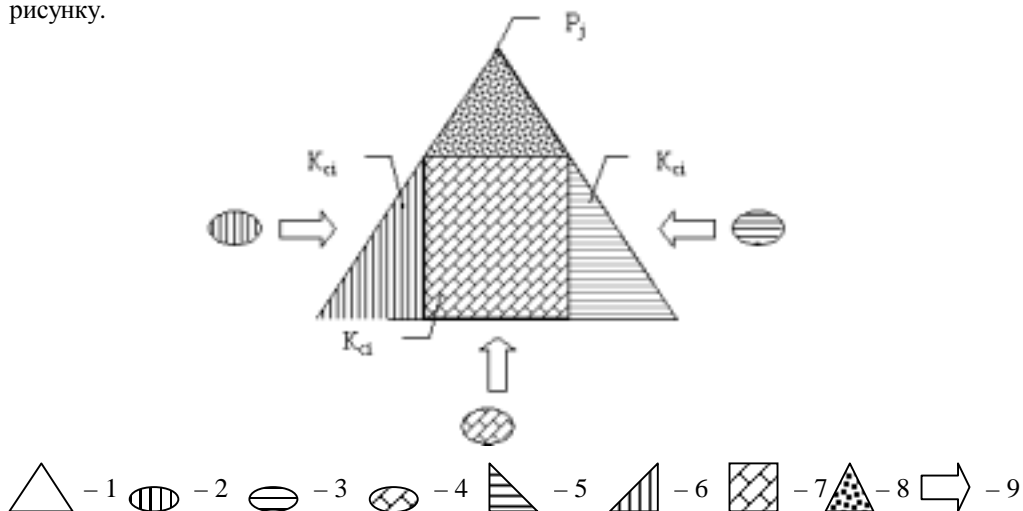


Схема визначення інтенсивності забруднення ґрунтового покриву: 1 – ґрунтовий покрив; 2 – нафта; 3 – феноли; 4 – важкі метали; 5–7 – рівень забруднення ґрунту фенолами, нафтою та важкими металами; 8 – інтенсивність забруднення ґрунту фенолами, нафтою і важкими металами; 9 – напрям впливу забруднювальних речовин.

За  $P_j$  визначають категорію інтенсивності забруднення ґрунтів (табл. 3)

Таблиця 3

Оцінна шкала екологічної небезпеки забруднення ландшафтів  
(за інтенсивним показником забруднення ґрунтів) [4]

Категорія інтенсивності забруднення ґрунтів	$P_i$
Допустима	До 15
Помірно небезпечна	16–30
Небезпечна	32–50
Дуже небезпечна	Понад 50

Отже, діяльність нафтогазової галузі, зокрема нафтогазовидобутку, має значний та різноманітний негативний вплив на ґрунтовий покрив. Запропонована методика дає змогу кількісно оцінити рівень забруднення ґрунтів окремими елементами (нафта, феноли, важкі метали) та зачислити ґрунти до відповідної категорії за інтегральним показником інтенсивності забруднення природного компоненту. Особливість цих підходів та, що вони допомагають оцінити небезпеку забруднення ґрунтів у районах інтенсивного впливу нафтогазового комплексу з урахуванням не лише комплексу пріоритетних забруднювальних речовин, а й значення індексу небезпечності хімічного елемента відповідно до класу його небезпечності. Крім того, оцінюють вибухонебезпечність підґрунтових газів, що є однією з найголовніших проблем “старих” родовищ.

1. Геохімічні дослідження впливу на екологію м. Борислав пластових флюїдів Бориславського нафтогазоконденсатного родовища: Звіт про НДР / Львів. від-ня Укр. держ. геологорозв. ін-ту. Інв. № 25253564. – Львів, 2001. – 58 с.
2. Глазовская М.А. Состояние, динамика и диагностика почвенных экосистем, загрязненных нефтью, нефтепродуктами и промышленными водами // Восстановление нефтезагрязненных почвенных экосистем: Сб. науч. тр. – М.: Наука, 1988. – С. 7–50.
3. Горновский И.Т., Назаренко Ю.П., Некряч Е.Ф. Краткий справочник по химии. – К.: Наук. думка, 1987.
4. Гуцуляк В., Присакар В. Геоэкологичне картування: Метод. вказівки до практичних занять. – Чернівці: ЧНУ, 2004. – 50 с.
5. Малишева Л.Л. Ландшафтно-геохімічна оцінка екологічного стану території. – К.: РВЦ „Київ. ун-т”, 1998. – 264 с.
6. Перельман А.И. Геохимия ландшафта: Учеб. пособ. – М.: Высш. шк., 1975. – 342 с.
7. Позняк С.П., Красеха Є.Н., Кім М.Г. Картографування ґрунтового покриву. – Львів: ЛНУ ім. І. Франка, 2003. – 500 с.
8. Фесенко І.М., Решетов І.К., Фесенко М.М. Оцінка та контроль впливу відходів буріння нафтогазових свердловин на ґрунти // Екологія довкілля та безпека життєдіяльності. – 2001. – №3. – С. 36–40.

**SOME QUESTIONS OF THE METHODIC OF SOIL POLLUTION STATE VALUE AS A  
RESULT OF OIL AND GAS MINING**

**N. Klimova**

*Ivan Franko National University of Lviv,  
Doroshenko Str., 4, UA – 79 000 Lviv, Ukraine*

The most spreading in oil and gas mining regions substances were examined and the sources of their formation were explored. The methodical basis of value of the intensity of soil pollution and value scale of the ecological danger of landscapes pollution in the regions of the intensive oil and gas complex influence were suggested.

*Key words:* oil and gas mining regions, pollution, soil, value, methods.

Стаття надійшла до редколегії 08.07.2005

Прийнята до друку 28.07.2005