



**О. Г. Чайка<sup>1</sup>, О. О. Мацьків<sup>1</sup>, О. В. Стокалюк<sup>2</sup>, М. В. Руда<sup>1</sup>**

<sup>1</sup> Національний університет "Львівська політехніка", м. Львів, Україна

<sup>2</sup> Львівський державний університет безпеки життєдіяльності, м. Львів, Україна

## ДОСЛІДЖЕННЯ ВМІСТУ ВАЖКИХ МЕТАЛІВ У ҐРУНТІ НА ПРИЛЕГЛИХ ТЕРИТОРІЯХ АВТОЗАПРАВНИХ СТАНЦІЙ

Визначено вміст важких металів на прилеглих територіях автозаправних станцій. Встановлено, що забруднення поверхні землі транспортними викидами поблизу та на автозаправній станції нагромаджується поступово, залежно від кількості автотранспорту, що проїжджає через прилеглу трасу, дорогу, магістраль та заїжджає безпосередньо на автозаправні станції і зберігається дуже довго навіть після ліквідації дорожнього полотна. Підвищення екологічної та аварійної безпеки під час експлуатації автозаправних станцій разом з виконанням заходів зі зниження забруднення вод і ґрунтів потребує проведення контролю рівня концентрацій небезпечних речовин для унеможливлення перевищення санітарних, екологічних та вибухонебезпечних норм. Очевидно, що безумовною вимогою експлуатації автозаправних станцій є оцінювання впливу на навколишнє середовище забруднювальних речовин з визначенням їх концентрацій. Виявлено, що ступінь забруднення довкілля хімічними елементами, і передусім важкими металами, визначається відносно фонового вмісту елементів або гранично допустимої концентрації. З'ясовано, що основними забруднювальними металами, які можуть негативно впливати на господарську діяльність у прилеглих територіях і спричинять негативний вплив на здоров'я людини, є цинк та хром. Встановлено шкалу оцінки екологічної небезпеки забруднення ландшафтів автозаправними станціями. Запропоновано для підвищення екологічної безпеки автозаправних станцій здійснювати постійний моніторинг ґрунтового покриву в межах санітарно захисної зони та на прилеглих територіях, посилити вимоги до очисних та ресурсощадних систем та забезпечити виконання плану обов'язкової періодичної технічної діагностики обладнання автозаправних станцій.

**Ключові слова:** автозаправні станції; важкі метали; забруднювальні речовини; поллютанти; фонові концентрації; забруднені ґрунти.

**Вступ.** Особливе місце серед проблем, пов'язаних з екологічним станом довкілля, займають проблеми контролю забруднення навколишнього середовища, зокрема вод і ґрунтів поблизу автозаправних станцій (АЗС). Проблема забруднення ґрунтів та поверхневих вод під час роботи АЗС тісно пов'язана з бурхливим ростом автотранспорту країни. Кожна автозаправна станція є джерелом викиду шкідливих і небезпечних речовин. При цьому за останні роки істотно збільшилась кількість АЗС, розташованих у приміській смузі, житлових кварталах, безпосередньо біля великих торгових і розважальних комплексів. Постійне зростання кількості АЗС, а також об'ємів реалізованого пального, потребує детального підходу до вивчення впливу роботи АЗС на навколишнє середовище. Автозаправні станції на сьогодні входять до основних джерел забруднення навколишнього середовища.

Підвищення екологічної та аварійної безпеки під час експлуатації АЗС разом з виконанням заходів зі зни-

ження забруднення вод і ґрунтів потребує проведення контролю рівня концентрацій небезпечних речовин для унеможливлення перевищення санітарних, екологічних та вибухонебезпечних норм. Очевидно, що безумовною вимогою експлуатації автозаправних станцій є оцінювання впливу на навколишнє середовище забруднювальних речовин з визначенням їх концентрацій (Radomska, 2010).

**Постановка проблеми.** Зростання попиту на послуги АЗС та жорстка конкуренція серед нафтотрейдерів призводять до нарощування мережі АЗС, її максимального наближення до споживачів, забезпечення цілодобової роботи та збільшення обсягу послуг. Все це збільшує техногенне навантаження у містах і розширює діапазон негативних впливів на навколишнє середовище.

Невідповідне проектування і будівництво комунікаційних систем, недосконалі ізоляції резервуарів, аварійні ситуації, порушення правил виконання технологічних процесів призводять до надходження в навко-

### Інформація про авторів:

**Чайка Оксана Григорівна**, канд. техн. наук, ст. викладач, кафедра екологічної безпеки та природоохоронної діяльності.

Email: okcanachajka@gmail.com

**Мацьків Олена Олександрівна**, канд. техн. наук, асистент, кафедра цивільної безпеки. Email: o.olex.ul@gmail.com

**Стокалюк Олег Володимирович**, канд. техн. наук, доцент, кафедра інженерного забезпечення саперних та піротехнічних робіт.

Email: stokoleg@gmail.com

**Руда Марія Віталіївна**, канд. техн. наук, асистент, кафедра екологічної безпеки та природоохоронної діяльності.

Email: marichkarmv@gmail.com

**Цитування за ДСТУ:** Чайка О. Г., Мацьків О. О., Стокалюк О. В., Руда М. В. Дослідження вмісту важких металів у ґрунті на прилеглих територіях автозаправних станцій. Науковий вісник НЛТУ України. 2018, т. 28, № 10. С. 62–65.

**Citation APA:** Chaika, O. G., Matskov, O. O., Stokalyuk, O. M., Ruda, M. V. (2018). Study of heavy metals content in the soil of adjacent territories of petrol stations. *Scientific Bulletin of UNFU*, 28(10), 62–65. <https://doi.org/10.15421/40281013>

лишне середовище токсичних речовин, небезпечних для працівників АЗС та мешканців прилеглих територій (Hryshko et al., 2012; Zaporozhets et al., 2017).

Незважаючи на широке розповсюдження АЗС, комплексної оцінки їхнього впливу на навколишнє середовище досі не здійснено. Проте саме з цими об'єктами пов'язане надходження забруднювачів у повітря, ґрунт і підземні води та їх подальша міграція у відкриті водні об'єкти (Hryshko et al., 2012).

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Забруднення навколишнього середовища поблизу місць розміщення АЗС та автомагістралей досліджено останнім часом у працях (Radomska, 2010; Sheikina & Myśliuk, 2008). У зазначених роботах особливу увагу приділено визначенню концентрації важких металів (Pb, Mn, Cd, Cu, Zn) у ґрунтовому покриві вздовж транспортних магістралей індустріально-урбанізованих територій (Hryshko et al., 2012; Swinomatka.wordpress, 2018; Franchuk & Radomska, 2009; Bilyk et al., 2009).

Забруднення поверхні землі транспортними викидами поблизу та на автозаправній станції нагромаджується поступово, залежно від кількості автотранспорту, що проїжджає через прилеглу трасу, дорогу, магістраль та заїжджає безпосередньо на АЗС, і зберігається дуже довго, навіть після ліквідації дорожнього полотна (закриття дороги, траси, магістралі, або повна ліквідація шляху та асфальтного покриття) (Franchuk & Radomska, 2009). Для майбутнього покоління, яке найімовірніше відмовиться від автомобілів у їх сучасному вигляді, транспортне забруднення ґрунтів стане найбільшчим і найважчим наслідком минулого. Можливо, що навіть під час ліквідації побудованих нашим поколінням доріг, забруднений металами та канцерогенами ґрунт доведеться просто прибрати з поверхні.

Різні хімічні елементи, особливо метали, що нагромаджуються у ґрунтах, засвоюють рослини і через них по харчовому ланцюгу переходять в організм тварин і людини. Частина з них розчиняється і виноситься ґрунтовими водами, потім потрапляє в річки, водойми і вже через питну воду може потрапити у людський організм (Bilyk et al., 2009).

**Мета роботи** – визначити вміст важких металів на прилеглих територіях АЗС.

**Результати дослідження та їх обговорення.** Ступінь забруднення довкілля хімічними елементами, і передусім важкими металами, визначається відносно фонового вмісту елементів або гранично допустимої концентрації (ГДК) у ньому.

У разі високого ступеня забруднення ґрунтів відбувається не тільки процес зміни та перебудови співвідношення мікроорганізмів, яке дуже сильно відрізняється від незабрудненого, але й зміна деяких хімічних та фізичних властивостей ґрунту. Доти, доки важкі метали міцно зв'язані зі складовими частинами ґрунту і важкодоступні, їх негативний вплив на ґрунт і навколишнє середовище буде незначним. Проте, якщо ґрунтові умови сприяють переходу важких металів у ґрунтовий розчин, з'являється пряма загроза забруднення ґрунтів, виникає можливість їх проникнення в рослини, а також в організми людей і тварин, які споживають ці рослини. Окрім цього, важкі метали можуть бути забруднювачами рослин і водоймищ внаслідок використання мулу стічних вод. Загроза забруднення ґрунтів і рослин залежить від виду рослин, форм хімічних сполук у ґрунті,

наявності елементів, що протидіють впливу важких металів і речовин, які утворюють з ними комплексні сполуки, адсорбції і десорбції, кількості доступних форм цих металів у ґрунті та ґрунтово-кліматичних умов. Отже, негативний вплив важких металів істотно залежить від їх рухомості, тобто розчинності (Bilyk et al., 2009).

У разі середнього ступеня забруднення вміст важких металів впливає тільки на ґрунтову біоту. У ґрунті починаються процеси перерозподілу різних груп мікроорганізмів та їх адаптація до умов забруднення (Sheikina & Myśliuk, 2008).

Процес визначення елементного складу важких металів у відібраних пробах ґрунтів здійснювали у навчально-науковій лабораторії екологічного контролю та експертизи Національного університету "Львівська політехніка" в Інституті сталого розвитку ім. В. Чорновола, на флуоресцентному аналізаторі EXPERT-3L. Дослідження ґрунтів здійснювали у 8 місцях навколо АЗС, на відстані 50 та 100 м.

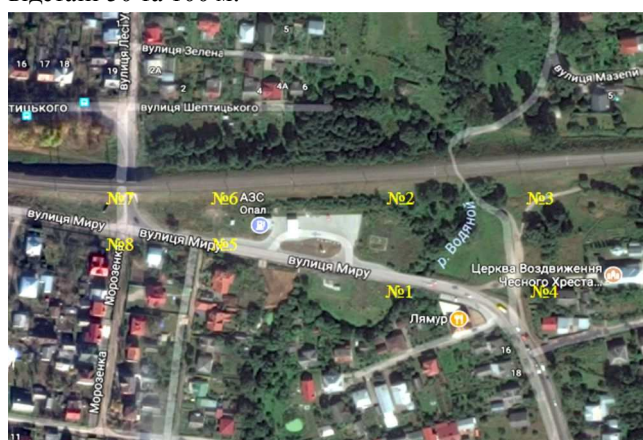


Рис. 1. Мапа відбору проб ґрунту в с. Зимна вода

За результатами досліджень встановлено вміст хімічних елементів у відібраних зразках ґрунту. Результати подано у табл. 1. Оскільки основною метою цієї роботи визначення вмісту важких металів у ґрунтах, для наступних розрахунків використовували лише значення їх концентрацій.

Табл. 1. Показники вмісту хімічних елементів у ґрунтах

№ з/п	Вміст хімічних елементів у ґрунтах, мг/кг									
	Cu	Zn	Sr	Zr	Pb	Cr	Sn	V	Ti	Fe
1	740	900	950	3680	690	420	730	630	21070	170340
2	910	2180	1030	3150	720	600	330	960	28050	206560
3	230	1470	900	3280	710	620	790		24160	100430
4	-	850	1030	2980	610	3300	670		25380	106480
5	530	3190	680	2530	560	-	570		24070	79730
6	960	710	-	500	-	720	-		3140	789080
7	450	1570	1120	2850	760	470	530		23010	152580
8	210	540	630	1170	450	-	-	560	15460	70060

Оцінювання небезпечності забруднення ґрунтів хімічними елементами проводили за показником коефіцієнта концентрації хімічних елементів ( $K_c$ ), інтенсивністю забруднення  $P_j$ , а також за шкалою оцінки екологічної безпеки, градацію якої розроблено на підставі вивчення стану здоров'я населення, що мешкає на територіях з різними рівнями забрудненості ґрунтів (табл. 2). Коефіцієнт концентрації хімічних елементів у ґрунтах, який характеризується співвідношенням вмісту хімічного елемента у ґрунтовому покриві до його фонового значення, розраховано за такою формулою:

$$K_c = C_i / \Phi_i, \quad (1)$$

де:  $C_i$  – вміст хімічного елемента в конкретному об'єкті, мг/кг;  $\Phi_i$  – фоновий вміст хімічного елемента у ґрунті, мг/кг (табл. 3). Результати розрахунків подано в табл. 4.

**Табл. 2. Шкала оцінки екологічної небезпеки забруднення ґрунтів**

№ з/п	Категорія інтенсивності забруднення ґрунтів	Інтенсивність забруднення ґрунту, $P_j$	Зміна показників здоров'я населення
1	Допустима	Менше 15	Найнижчий рівень захворюваності, мінімальна частота функціональних відхилень
2	Безпечна	16–30	Збільшення загальної захворюваності населення
3	Небезпечна	31–50	Збільшення загальної захворюваності, хронічні захворювання, порушення функціонального стану серцево-судинної системи
4	Дуже небезпечна	Більше 50	Збільшення загальної захворюваності дітей, порушення репродуктивної функції жінок

**Табл. 3. Значення фонового вмісту мікроелементів**

№ з/п	Назва металу	Фоновий вміст хімічних елементів у ґрунті, мг/кг
1	Cu	200
2	Zn	250
3	Sr	1000
4	Zr	2150
5	Rb	420
6	Cr	300
7	Sn	420
8	Ti	19290
9	Fe	72700

**Табл. 4. Результати розрахунків**

№ з/п	Коефіцієнт концентрації хімічних елементів у ґрунті $K_c$								
	Cu	Zn	Sr	Zr	Pb	Cr	Sn	Ti	Fe
1	3,7	3,6	0,95	1,71	1,64	1,4	1,74	1,09	2,34
2	4,55	8,72	1,03	1,46	1,71	2	0,78	1,45	2,84
3	1,15	5,88	0,9	1,52	1,69	2,06	1,88	1,25	1,38
4	-	3,4	1,03	1,39	1,45	11	1,59	1,31	1,46
5	2,65	12,76	0,68	1,18	1,33	-	1,35	1,24	1,09
6	4,8	2,84	-	0,23	-	2,4	-	0,16	10,85
7	2,25	6,28	1,12	1,32	1,8	1,56	1,26	1,19	2,1
8	1,05	2,16	0,63	0,54	1,07	-	-	0,80	0,96

Інтенсивність забруднення ґрунтів розраховано згідно з формулою (2), з урахуванням показника коефіцієнта концентрації хімічних елементів, помножений на коефіцієнт класу небезпечності кожного елемента:

$$P_j = \sum(K_c \times M_i), \quad (2)$$

де:  $K_c$  – коефіцієнт концентрації мікроелемента;  $M_i$  – значення індексу небезпеки (табл. 5).

**Табл. 5. Значення індексу небезпеки важких металів**

Клас	Мікроелементи	Значення індексу небезпеки $M_i$
I	Pb, Cd, Hg, F, Zn, As, Se, бенз(а)пірен	4,1 і більше
II	Cu, Co, Cr, Ni, Mo, Sb, B, Mn	2,6–4
III	V, Ba, Mn, Sr, Al	0,1–2,5

У табл. 6 подано дані розрахунку інтенсивності забруднення ґрунтів  $P_j$  для кожного хімічного елемента.

Згідно з нашими розрахунками встановлено, що основними забруднювальними елементами, які можуть негативно впливати на господарську діяльність у прилеглих територіях АЗС і сприяти негативному впливу на здоров'я людини, є цинк і хром. Оскільки цинк, згідно зі значенням інтенсивності забруднення  $P_j$ , для Zn(min) = 8,86 та Zn(max) = 52,32 відповідає, за шкалою

оцінки екологічної небезпеки забруднення ландшафтів, – чотирьом зонам, а саме: 8,86–15 – допустима; 16–30 – помірно небезпечна; 31–50 – небезпечна; 50–52,32 – дуже небезпечна. Аналогічно, щодо хрому: Cr(min) = 5,6, Cr(max) = 44, тому категорії небезпечності за хромом відповідають трьом зонам -5,6–15 – допустима; 16–30 – помірно небезпечна; 31–44 – небезпечна.

**Табл. 6. Інтенсивність забруднення ґрунтів  $P_j$**

№ з/п	Інтенсивність забруднення ґрунтів $P_j$								
	Cu	Zn	Sr	Zr	Pb	Cr	Sn	Ti	Fe
1	14,8	14,76	2,37	4,27	6,72	5,6	4,35	2,73	5,85
2	18,2	35,75	2,57	3,65	7,01	8	1,95	3,63	7,1
3	4,6	24,1	2,25	3,8	6,93	8,24	4,7	3,13	3,45
4	-	13,94	2,57	3,47	5,94	44	3,97	3,28	3,65
5	10,6	52,32	1,7	2,95	5,45	-	3,37	3,1	2,73
6	19,2	11,64	-	0,57	-	9,6	-	0,4	27,13
7	9	25,75	2,8	3,3	7,38	6,24	3,15	2,98	5,25
8	4,2	8,86	1,57	1,35	4,39	-	-	2	2,4

**Висновки.** Аналізуючи отримані дані, можна зазначити, що найбільшу концентрацію цинку виявлено у поверхневих зразках ґрунту (проби № 2, 3 та 5), що розміщені на відстані 50 та 100 м від ССЗ (див. рисунок) та згідно з оцінковою шкалою інтенсивності забруднення перебувають у зонах небезпечній та дуже небезпечній, що спричиняє збільшення загальної захворюваності дітей, хронічні захворювання, порушення функціонального стану серцево-судинної системи, порушення репродуктивної функції жінок. Щодо хрому, то найбільшу його концентрацію виявлено у зразках проби № 4, що розміщена на відстані 100 м від СЗЗ. Отже, перевищення концентрації цих важких металів створює екотоксичну зону забруднення ґрунту та призводить до його деградації.

Для підвищення екологічної безпеки АЗС пропонуємо здійснювати постійний моніторинг ґрунтового покриву в межах санітарно-захисної зони та на прилеглих територіях, посилити вимоги до очисних та ресурсощадних систем та забезпечити виконання плану обов'язкової періодичної технічної діагностики обладнання АЗС.

## Перелік використаних джерел

- Bilyk, T. I., Shtyka, O. S., Padalka, A. O., & Tsurkan, K. O. (2009). Ekotoksylolichna otsinka zabrudnennia na svynets ґрунту ta roslynnosti bilia avtotozapravnykh stantsii. *Naukoiemni tekhnologii*, 3, 1–3. [In Ukrainian].
- Franchuk, G. M., & Radomska, M. M. (2009). Otsiniuvannia zabrudnennia ґруntiv naftoproduktamy vnaslidok diialnosti avtozapravnykh stantsii. *Vismyk NAU*, 1(38), 46–49. [In Ukrainian].
- Hryshko, V. M., Syshchykov, D. V., Piskova, O. M., Danylchuk, O. V., & Mashtaler, N. V. (2012). *Vazhki metaly: nadkhodzhenia u ґруnty, translokatsiia u roslynakh ta ekolohichna bezpeka*. Donetsk: Donbas, 304 p. [In Ukrainian].
- Radomska, M. M. (2010). Otsinka ekolohichnoi sytuatsii v zoni vplyvu AZS. *Ekolohichna bezpeka derzhavy: Vseukr. nauk.-prakt. konf. studentiv ta aspirantiv*, (pp. 195–196), April 27–28, Kyiv. Kyiv: NAU. [In Ukrainian].
- Sheikina, O. Yu., & Mysliuk, O. O. (2008). Ekolohichna otsinka zabrudnennia miskykh ґруntiv vazhkymy metalamy vzdovzh osnovnykh transportnykh mahistranei mista Cherkasy. *Ekolohiia dovkillia ta bezpeka zhyttiediialnosti*, 1, 61–65. [In Ukrainian].
- Swinomatka.wordpress. (2018). *Rynok Ukrainy: hravtsi, sfery vplyvu*. Retrieved from: <http://swinomatka.wordpress.com>. [In Ukrainian].
- Zaporozhets, O. I., et al. (Eds). (2017). *Ekolohichna bezpeka derzhavy. Tezy dopovidei KhI Vseukrainskoi naukovo-praktychnoi konferentsii molodykh uchennykh i studentiv*, (pp. 28–31) April 20, Kyiv. Kyiv: NAU. [In Ukrainian].

## ИССЛЕДОВАНИЯ СОДЕРЖАНИЯ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ В ПОЧВЕ НА ПРИЛЕГАЮЩИХ ТЕРРИТОРИЯХ АВТОЗАПРАВОЧНЫХ СТАНЦИЙ

Определено содержание тяжелых металлов на прилегающих территориях автозаправочных станций. Установлено, что загрязнение поверхности земли транспортными выбросами вблизи и на автозаправочной станции накапливается постепенно, в зависимости от количества автотранспорта, который проезжает через прилегающую трассу, дорогу, магистраль и заезжает непосредственно на автозаправочные станции, и сохраняется очень долго, даже после ликвидации дорожного полотна. Повышение экологической и аварийной безопасности при эксплуатации АЗС вместе с выполнением мероприятий по снижению загрязнения вод и почв требует проведения контроля уровня концентраций опасных веществ для предотвращения превышения санитарных, экологических и взрывоопасных норм. Очевидно, что безусловным требованием эксплуатации автозаправочных станций является оценка воздействия на окружающую среду загрязняющих веществ с определением их концентраций. Определено, что степень загрязнения окружающей среды химическими элементами, и в первую очередь тяжелыми металлами, определяется относительно фоновой концентрации элементов или предельно допустимой концентрации. Выявлено, что основными загрязняющими металлами, которые могут негативно влиять на хозяйственную деятельность в прилегающих территориях и способствовать негативному влиянию на здоровье человека, является цинк и хром. Установлена оценочная шкала опасности загрязнения ландшафтов автозаправочными станциями. Предложено для повышения экологической безопасности автозаправочных станций осуществлять постоянный мониторинг почвенного покрова в пределах санитарно защитной зоны и на прилегающих территориях, ужесточить требования к очистным и ресурсосберегающим системам и обеспечить выполнение плана обязательной периодической технической диагностики оборудования автозаправочных станций.

**Ключевые слова:** автозаправочные станции; тяжелые металлы; фоновая концентрация; загрязненные почвы; загрязняющие вещества; поллютанты.

O. G. Chaika<sup>1</sup>, O. O. Matskov<sup>1</sup>, O. M. Stokalyuk<sup>2</sup>, M. V. Ruda<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Lviv Polytechnic National University, Lviv, Ukraine

<sup>2</sup> Lviv State University of Life Safety, Lviv, Ukraine

## STUDY OF HEAVY METALS CONTENT IN THE SOIL OF ADJACENT TERRITORIES OF PETROL STATIONS

The content of heavy metals in the soil of adjacent areas of filling stations is determined. The contamination of the earth surface by vehicle emissions near or at a filling station is found to accumulate gradually, depending on the number of vehicles passing through the adjacent track, road, and highway and enter directly the filling station, and last for quite a long time even after the elimination of the roadway. Improving environmental and disaster safety in the operation of filling stations along with the implementation of measures to reduce water and soil pollution require monitoring of concentrations of hazardous substances to prevent excess health, environmental, and explosive norms. It is obvious that the absolute requirement to operation of filling stations is to assess the environmental impact of pollutants, determining their concentrations. It is revealed that the degree of environmental pollution by chemical elements, especially heavy metals, is determined to be relative to the background content of elements or the maximum allowable concentration. The major polluting metals, which can have a negative impact on economic activity in adjacent areas and contribute to the negative impact on human health, are defined to be zinc and chromium. The scale of the danger of pollution of landscapes by filling stations is obtained. The authors propose to improve the environmental safety of filling stations, implement permanent monitoring of soils within the sanitary protection zone and in adjacent areas, tighten requirements for pollution-reducing and resource-saving systems and ensure the implementation of the mandatory periodical technical diagnostics of the equipment of filling stations. Having analysed the data obtained, we can note that the highest concentration of zinc detected in surface soil samples. With a high degree of soil pollution being not only a process of change and rebalancing of microorganisms, which differs from the uncontaminated, but the changes in some chemical and physical soil properties. According to the calculations we have found that the main polluting elements that may have a negative impact on economic activity in adjacent areas of filling stations and contribute to a negative impact on human health.

**Keywords:** filling stations; heavy metals; background concentration; contaminated soil; pollutant.