

# ЕКОЛОГІЧНА ЗАГРОЗА ОРНИМ ЗЕМЛЯМ ВІД АВТОМОБІЛЬНИХ ДОРІГ

*Автомобільні дороги є джерелом забруднення довкілля. У 2016—2017 роках у Васильківському районі Київської області були проведені дослідження на орних землях, що безпосередньо прилягають до автотраси Київ — Одеса. Облікові ділянки площею 25 м<sup>2</sup> у 4-разовій повторності обирали на відстані від полотна автомобільної дороги 5 м, 10, 20, 40, 80, 160, 320, 640 і 1280 м. Зразки ґрунту відбирали з орного шару 0—30 см.*

*Аналіз вмісту в ґрунті важких металів проводили в Інституті фізіології та генетики НАН України. Визначення елементного складу в дослідних зразках здійснювали методом ІСР-MS на емісійному мас-спектрометрі Agilent 7700х.*

## **важкі метали, накопичення, токсичність, орний шар, концентрація**

Науково-технічний прогрес дав можливість сучасній людині одержати у своє розпорядження великі обсяги енергії. За рівнем енергетичної оснащеності людина стала могутнім фактором впливу у планетарному масштабі [1]. Вона здатна переміщати мільйони кубічних метрів гірських порід, створювати гігантські водосховища, літати в космос, створювати невідомі природі матеріали, пересуватись з небаченою раніше швидкістю [2].

На жаль, науково-технічний прогрес разом з безумовно позитивними результатами для людства має і небажаний побічний вплив, який стає все більш значним. Антропогенне навантаження на природу в результаті науково-технічного прогресу стає загрозливо великим і створює реальну небезпеку існуванню на планеті самої людини [3]. Інтенсивне знищення лісів, зростання площ пустель, глобальне забруднення прісних вод, активні ерозійні процеси на орних землях, постійне зменшення видової різноманітності всіх форм життя призводить до втрати здатності біоценозів підтримувати гомеостаз і ще більше ускладнює наслідки втручання людини у життя планети [4].

Сучасний стан довкілля настійно

**О.О. ІВАЩЕНКО,**  
доктор сільськогосподарських наук

**В.О. АНДРЕЄВ**  
Інститут захисту рослин НААН  
вул. Васильківська, 33, м. Київ,  
03022, Україна  
e-mail: herbology@ukr.net

вимагає комплексного дослідження і вирішення ще однієї гострої проблеми сучасного землеробства: антропогенного забруднення орних земель побічними речовинами виробничої діяльності людини, у тому числі і використання автомобілів [5].

На перший погляд — яку проблему для інтенсивного аграрного виробництва може створювати сучасний автомобіль? Зручний і надійний демократичний транспортний засіб, швидкий, маневрений, комфортний, здатний зручно переміщувати великі обсяги різних вантажів у різні місця за принципом: «від воріт до воріт».

Всі названі якості автомобільного транспорту є об'єктивними, проте для роботи автомобілів необхідні двигуни внутрішнього згоряння, які працюють на вуглеводневому паливі.

Головні екологічні проблеми автомобільного транспорту у першу чергу полягають не скільки у традиційному паливі, скільки у продуктах його згоряння [6].

Спалювання суміші автомобільного палива з повітрям у циліндрах двигунів, як бензинових так і дизельних, відбувається за дуже жорстких умов: високий тиск, температура понад 1000°C, присутність хімічно активних речовин — вуглеводневого палива, вільного кисню, азоту, води, антидетонаційних присадок до палива, що містять тетраетил свинець або сполуки марганцю, металевих стінок циліндрів і поршнів, що містять у собі залізо, нікель, молібден, ванадій, хром, марганець та інші легуючі добавки [7, 8]. Всі названі речовини за високої температури у процесі горіння взаємодіють між собою і не лише звільняють

наявну у паливі енергію, яку двигун трансформує у механічну роботу, а й призводить до утворення великої кількості хімічно і біологічно активних речовин, що з вихлопними газами потрапляють у приземні шари повітря атмосфери.

Серед таких природних речовин, як вуглекислий газ (CO<sub>2</sub>) і водяна пара (H<sub>2</sub>O), присутні безумовно небезпечні: чадний газ (CO), бензопірен, окисли азоту різного рівня (NO, NO<sub>2</sub>, NO<sub>3</sub>), низка сполук, що містять важкі метали (Pb, Be, Mo, Zn, V, Al) та інші [9]. Всі названі речовини проявляють високу біологічну активність і їх необхідно, як мінімум, нейтралізувати для того щоб вони не потрапляли у біологічні цикли кругообігу в довкіллі. Потоки повітря переносять ці речовини на значну відстань від автомобільних доріг і розсіюють у напрямі руху вітрів на площі полів, що прилягають до автомобільних магістралей. Перенесені полютанти (речовини, що є продуктами техногенного забруднення), після осадження на поля включаються у ґрунтово-поглинальний комплекс орного шару і проявляють свій вплив на біологічні об'єкти як ґрунтового комплексу так і рослин, що тут вегетують [10]. Тому дослідження особливостей накопичення сполук важких металів — полютантів у ґрунті на полях, що прилягають до автомобільних доріг з інтенсивним рухом автомобільного транспорту, є актуальними.

*Умови та методи дослідження.* Дослідження проведені у 2016—2017 рр. на орних землях у Васильківському р-ні Київської обл., що безпосередньо прилягають до автотраси Київ — Одеса. Ґрунт полів, де відбирали зразки для аналізів, темно-сірий опідзолений, середньосуглинковий на карбонатному лесі, типовий для північної частини Лісостепу України.

Облікові ділянки площею 25 м<sup>2</sup> у 4-разовій повторності розміщували на відстані від полотна автомобільної дороги: 5 м, 10, 20, 40, 80, 160, 320, 640, 1280 м. Зразки ґрунту

відбирали з орного шару (0–30 см) в 5-ти точках на ділянках кожного повторення і після ретельного перемішування брали середній зразок масою 2 кг. Аналіз вмісту в ґрунті важких металів проводили в Інституті фізіології та генетики НАН України. Визначення елементного складу в дослідних зразках здійснювали методом ІСР-МС на емісійному мас-спектрометрі Agilent 7700х. Зразки висушували до сухої маси і озолювали в азотній кислоті (осч) за допомогою мікрохвильової прободіготовки Milestone Start D. Одержаний екстракт доводили до 50 мл водою 1-го класу (18 Мом), підготовленою на системі очищення води Scholar-UV Nex Up 1000 (Human Corporation, Корея).

Результати дослідів опрацьовували статистично згідно зі стандартними методиками [11, 12], за допомогою програми Excel та з математичною обробкою даних за допомогою професійного пакету програм для статистичного аналізу Statistica 8,0.

**Результати досліджень.** Автомобільний транспорт використовує двигуни внутрішнього згоряння (бензинові та дизельні), де використовується вуглеводневе паливо. Регулярний рух по полотну дороги зумовлює постійне викидання у приземний шар повітря продуктів згоряння автомобільного палива. Потіки повітря розносять продукти згоряння від полотна доріг на площі, що прилягають до автострад, де вони поступово осідають на поверхню ґрунту та рослинність у формі пилу й газів. У продуктах згоряння автомобільного палива і технологічних присадок, які в ньому присутні, в приземний шар атмосфери регулярно надходять різні сполуки важких металів, у першу чергу у формі тетраетил-свинцю (ТЕС).

В результаті дихання таким газозованим вихлопними газами і запиленим повітрям жителі і працівники, які знаходяться не невеликій відстані від автомобільних магістралей, отримують до 90 мкг на добу сполук свинцю, у тому числі і у формі ТЕС (тетраетил свинцю —  $(C_2H_5)_4Pb$ ) через легені. Велика площа контакту альвеол легень людини з повітрям (110–125 м<sup>2</sup>) призводить до швидкого проникнення поллютантів, у тому числі і сполук свинцю, у кров.

Находить свинець і його сполуки в організм людини також з водою та їжею, що була вирощена на територіях, прилеглих до автомобільних доріг, з інтенсивним рухом автотранспорту. Величина такого надходження важкого металу в організм може досягати 250–300 мкг/на добу.

Сполуки свинцю, особливо ТЕС, добре розчиняються в органічних розчинниках, жирах і ліпідах, де можуть накопичуватись. Тетраетил свинець  $((C_2H_5)_4Pb)$  дуже отруйний і належить до 1 класу небезпечних речовин, він є канцерогеном.

Дослідженнями у 2016–2017 рр. встановлено, що вміст сполук свинцю у зразках ґрунту, залежно від відстані до дороги Київ — Одеса, був неоднаковим. Найбільша концентрація сполук свинцю — 11,402 мкг/кг була зафіксована безпосередньо (за 5 м) біля полотна дороги.

У зразках ґрунту, які відбирали на відстані у два рази більшій за попередній варіант (10 м), концентрація сполук свинцю у орному шарі була меншою — до 7,864 мкг/кг ґрунту (68,9% від попередньої). Найбільше пилоподібних часток продуктів згоряння автомобільного палива, що містять сполуки свинцю, осідає безпосередньо біля полотна дороги. Менші за розміром тверді частки і газоподібні речовини, що потрапляють у повітряні потоки в результаті роботи двигунів внутрішнього згоряння, проявляють високий рівень парусності. Такі частки дуже легкі, тому сила тяжіння слабо проявляє свій вплив на траєкторію їх руху. Конвекційні потоки повітря і вітер здатні перемішувати їх на великі відстані.

Аналізи наступних зразків ґрунту з орного шару, які відбирали на відстані від дороги послідовно за 40, 80, 160, 320, і 640 м, виявили концентрацію сполук свинцю в межах 7,721–7,221 мкг/кг. Тобто на таких відстанях від джерела забруднення осадження сполук свинцю перш за все у формі дрібних пилоподібних часток з потоків повітря відбувається відносно рівномірно (табл. 1).

### 1. Рівень забруднення орних земель важкими металами (мкг/кг ґрунту) біля автотраси Київ — Одеса у 2016–2017 рр.

Важкі метали	Місце відбору проб ґрунту на відстані від полотна дороги, м								
	5	10	20	40	80	160	320	640	1280
Pb	11,402	7864	8,205	7,721	7,355	7,374	7,539	7,221	6,845
Be	0,460	0,347	0,353	0,324	0,286	0,286	0,277	0,272	0,267
B	18,029	8,746	8,709	7,603	5,894	6,412	5,559	5,566	5,658
Al	15162,327	14473,976	15327,057	14826,262	13724,615	14156,25	14149,324	14096,950	13622,955

твердих часток, що мають субмолекулярні розміри і формуються в результаті процесів горіння, потрапляють у приземні шари атмосфери. Після змішування з повітрям частки продуктів горіння знижують свою концентрацію і будуть перенесені від дороги на різні відстані. Рух часток продуктів горіння автомобільного палива у приземних шарах атмосфери може бути описаний за відомою формулою Стокса і залежить від дії багатьох факторів: напрямку вітрів, сили вітру, наявності на шляху потоків повітря природних (присутність деревної рослинності) і штучних (будівлі) перешкод, особливостей рельєфу, особливостей погоди (опади, сонячна погода), формування висхідних потоків в атмосфері та інші. Високий рівень парусності і малий вплив сили тяжіння твердих часток продуктів горіння у тому числі і сполук берилію (Be), забезпечує їх перенесення на великі відстані. В результаті процесів транслокації такі частки все таки осідають на поверхню рослин або ґрунту.

Частки продуктів горіння після потрапляння на ґрунт включаються у систему хімічних і біологічних взаємозв'язків з компонентами ґрунтового поглинального комплексу. Сполуки берилію у твердому стані є хімічно інертними. Проте за наявності достатньої кількості вологи і низьких показників рН середовища у орному шарі ґрунту сполуки берилію здані частково переходити у розчинний стан і включатись у біологічні цикли, у тому числі і надходити через кореневі волоски в тканини рослин.

У формі розчинів або колоїдів сполуки берилію здатні разом з поверхневими водами переміщуватись як по ґрунтовому профілю так і в горизонтальній площині.

Перенесення поллютантів, у тому числі і сполук берилію, від місця їх формування (двигуни внутрішнього згоряння і полотно автомобільної дороги) на орні землі і їх акумуляція у орному шарі ґрунту має свою специфіку.

Порівняно з іншими важкими металами берилій і його сполуки найбільш інтенсивно накопичуються безпосередньо біля полотна дороги. З аналізів зразків ґрунту, які відбирали на різній відстані від дороги, встановлено, що найвищий рівень присутності такого важкого металу був зафіксований у пробах ґрунту, які відбирали на відстані 5 м від по-

лотна дороги. Вміст сполук берилію становив 0,460 мкг/кг ґрунту.

Збільшення відстані відбору проб до 10 метрів від автостради і їх аналіз виявили менші показники акумуляції сполук берилію порівняно з попередніми пробами. Накопичення сполук берилію досягло 0,347 мкг/кг ґрунту або 75,4% від показників акумуляції на відстані 5 м до полотна дороги.

На відстані 40 метрів від джерела продукування поллютантів (автомобільної дороги) концентрація аерозолів у повітрі стає істотно нижчою, меншими є і показники забруднення орного шару берилієм та його сполуками. У пробах, відібраних на відстані 40 м, присутність сполук берилію становила 0,3243 мкг/кг ґрунту, тобто зниження показників акумуляції цього важкого металу в орному шарі становило 29,6%. За збільшення дистанції відбору проб від полотна дороги у два рази, тобто до 160 м, зафіксували накопичення сполук берилію 0,286 мкг/кг ґрунту, або зниження рівня забруднення досягло 37,8% від максимального показника у досліді.

Наступне збільшення дистанції від автомобільної дороги для відбору проб з орного шару мало впливало на зменшення показників акумуляції сполук берилію (Be) в орному шарі. Навіть на відстані 1280 м (максимальна в досліді дистанція відбору проб ґрунту для аналізів) рівень забруднення становив 0,267 мкг/кг ґрунту.

Зниження рівня забруднення на максимальній від дороги дистанції становило 58,1% від показників накопичення сполук берилію у ґрунті безпосередньо біля автостради (на відстані 5 м).

Отже, за наявності джерела забруднення довкілля важким металом збільшення відстані мало знижує рівень забруднення орних земель.

Найбільш радикальним шляхом оздоровлення природи є нейтралізація сполук берилію на місці їх формування. За неможливості такого рішення доводиться застосовувати способи нейтралізації сполук берилію в орному шарі ґрунту з метою недопущення їх надходження в біологічні цикли кругообігу. Для цього потрібно щоб сполуки берилію були у нерозчинному стані, тобто недоступними для засвоєння рослинами.

Важливу роль в житті рослин проявляє хімічний елемент бор (B). Сполуки бору відіграють важливу

роль у процесі росту та розвитку рослин. У процесі органогенезу такі речовини забезпечують своєчасне і достатнє формування провідних систем рослин, у першу чергу розвиток ситоподібних трубочок і клітин супутників, якими пересуваються розчинені у воді органічні речовини. Саме для виконання транслокації синтезованої у процесі фотосинтезу в хлоропластах листків глюкози після її перетворення у цукрозу, посіви буряків цукрових обробляють мікроелементами, у першу чергу сполуками бору. Водночас значна присутність сполук бору в орному шарі ґрунту і його надмірне надходження в клітини рослин створює низку проблем, тобто сполуки бору здатні бути і факторами забруднення та негативного впливу на довкілля.

Аналіз зразків ґрунту на полях, що прилягають до автомобільної магістралі Київ — Одеса виявив присутність сполук бору в усіх пробах. Водночас рівень акумуляції таких речовин у орному шарі на різній відстані від джерела забруднення (полотно дороги) мав певні закономірності змін.

Сполуки бору, що присутні у вихлопних газах автомобілів, традиційно є твердими частками, що мають розміри від 0,001 до 0,00001 мм і малу масу. Більші за масою частки осідають на прилеглі території безпосередньо біля автомобільної дороги. Про це свідчать показники накопичення сполук бору (B) у пробах ґрунту, які відбирали у досліді на відстані 5 м від полотна дороги. Рівень акумуляції таких речовин досягав 18,029 мкг/кг ґрунту.

Проте, вже на відстані від полотна автомобільної дороги 10 м присутність у орному шарі сполук бору знижувалась до 8,746 мкг/кг ґрунту, або на 51,5% від рівня акумуляції у пробах попереднього варіанту дослідів.

Менші за розмірами тверді частки продуктів згоряння автомобільного палива, що потрапляють у приземні шари атмосфери, потоками повітря переносяться на значні відстані і поступово осаджуються на поверхню ґрунту. Високий рівень парусності таких часток сприяє їх розсіюванню на відстані, що можуть бути виміряні кілометрами.

У пробах, які відбирали з орного шару на відстані 40 м від дороги, присутність сполук бору становила 7,603 мкг/кг ґрунту. Величина рівня

аккумуляції поллютанту в орному шарі становила 42,2% від рівня накопичення сполук бору у пробах біля автомобільної дороги (на відстані 5 м).

На відстані 80 м у пробах присутність сполук бору виявилась меншою і становила 5,894 мкг/кг ґрунту, або 32,7% від показників накопичення поллютанту в орному шарі біля дороги.

Збільшення відстані від полотна дороги до 640 м виявило зменшення показників аккумуляції сполук бору в орному шарі до 5,566 мкг/кг ґрунту. Величина накопичення поллютанту в ґрунті становила 30,9% від максимального у дослідях рівня.

На відстані відбору проб, яка була максимальною в дослідях (1280 м), аккумуляція сполук бору в орному шарі залишалася на рівні, виявленому у пробах, відібраних на попередніх дистанціях від полотна дороги.

Специфіку надходження поллютанту сполук бору в орний шар ґрунту від автомобільної дороги правомірно пояснити тим фактом, що у продуктах горіння палива двигунів внутрішнього згоряння такі речовин перебувають лише у формі твердих часток різного розміру. Відносно великі частки у приземному шарі атмосфери рухаються згідно з формулою Стокса і під дією сили тяжіння поступово осаджуються на прилеглі до дороги території переважно на відстані 5–10 м.

Менші за розмірами тверді частки продуктів горіння, що містять у своєму складі сполуки бору, мають малу масу і високу парусність, тому потоки повітря легко переміщують їх на відстані, що можуть бути вищими кілометрами.

Автомобільна траса є джерелом забруднення орного шару сполуками алюмінію (Al). Як відомо, алюміній і його сполуки є одними з найбільш поширених елементів земної кори. Вони присутні, у першу чергу, в різних формах глини. Сполуки алюмінію здатні проявляти амфотерні властивості. За умов високого рівня кислотності середовища (рН менше 6,0) сполуки алюмінію набувають розчинності і переходять у ґрунтовий розчин поглинального комплексу.

Висока концентрація сполук алюмінію у розчиненому стані ґрунтового поглинального комплексу негативно впливає на більшість рослин сільськогосподарських культур, особливо проростків і сходів.

Сполуки алюмінію блокують процеси трансмембранного переносу речовин, особливо сполук азоту, з ґрунтового розчину до цитоплазми корневих волосків коренів рослин.

Проте, навіть на фоні значної присутності сполук алюмінію в орному шарі ґрунту на орних землях, присутність автомобільної дороги і регулярне надходження на орні землі продуктів спалювання палива двигунів внутрішнього згоряння, як поллютантів, проявляє вплив на величину їх аккумуляції.

Аналізи проб, відібраних з орного шару на відстані 5 м від полотна дороги, виявили присутність поллютанту 15162,327 мкг/кг ґрунту. Збільшення відстані відбору проб до 40 м виявило зменшення показників аккумуляції сполук алюмінію до 14826,262 мкг/кг ґрунту. Зниження рівня концентрації становило 2,2%. Враховуючи величину присутності алюмінію і його сполук у орному шарі такі зміни невеликі і правомірно говорити лише про тенденцію змін з наростанням відстані відбору зразків ґрунту від дороги. На відстані 80 м від джерела забруднення (полотна автостради) зразки ґрунту містили сполук алюмінію 13724,615 мкг/кг. Рівень накопичення поллютанту в орному шарі був 90,5% від величини аккумуляції на відстані 5 м від дороги. Тобто із збільшенням відстані від дороги тенденція попередніх аналізів ґрунту була підтверджена достовірним зниженням рівня аккумуляції у орному шарі сполук алюмінію.

На максимальній у дослідях відстані від джерела забруднення (автомобільної дороги) що становила 1280 м рівень присутності у орному шарі сполук алюмінію був на рівні 13622,955 мкг/кг ґрунту. Тобто зниження рівня концентрації сполук цього важкого металу у орному шарі порівняно з максимальним показником у дослідях становив 10,2%.

Такі зміни рівня аккумуляції сполук алюмінію у орному шарі в результаті збільшення відстані від дороги і зменшення концентрації продуктів горіння автомобільного палива у приземному шарі повітря доводять реальний вплив такого забруднення.

На орних землях поллютанти у формі сполук алюмінію, що присутні у вихлопних газах двигунів внутрішнього згоряння, доповнюють присутні у орному шарі природні сполуки цього металу. Відповідно,

для уникнення негативного впливу сполук алюмінію на рослини та інші біологічні об'єкти ґрунтового комплексу необхідно підтримувати у середовищі рівень рН 6,5–7,5.

## ВИСНОВКИ

1. Автомобільні дороги з інтенсивним рухом транспорту є серйозним джерелом забруднення орних земель продуктами згоряння палива двигунів, що містять важкі метали та їх сполуки, у тому числі берилій (Be), бор (B) та алюміній (Al).
2. Найбільший рівень концентрації сполук берилію, бору та алюмінію у орному шарі ґрунту (0–30 см) було зафіксовано безпосередньо біля полотна дороги (відстань 5 м). Величина аккумуляції становила: Be — 0,460 мкг/кг, B — 18,029 мкг/кг, Al — 15162,327 мкг/кг ґрунту.
3. Збільшення відстані від джерела забруднення (автомобільної дороги) забезпечувало зниження рівня забруднення орного шару ґрунту. На максимальній відстані відбору проб ґрунту (1280 м) від дороги зниження рівня аккумуляції сполук берилію було 41,9%, бору — 69,1%, алюмінію — 10,2%.

## ЛІТЕРАТУРА

1. Дмитрук Ю.М. Еколого-геохімічний аналіз ґрунтового покриву агроєкосистем. Чернівці: Рута, 2006. 328 с.
2. Prasad, M.N.V., Freitas, H.M.O. (2013). Metal hyperaccumulation in plants—Biodiversity prospecting for phytoremediation technology. *Electronic Journal of Biotechnology* 6 (3): 285–321.
3. Бреславець А.І. Техногенно забруднені ґрунти та шляхи їх поліпшення. Проблеми охорони навколишнього природного середовища та екологічної безпеки: зб. наук. пр. / під ред. Г.Д. Коваленко. Харків: Райдер, 2009; 31: 189–202.
4. Рейтерс Н.Ф. Экология (теория, законы, правила, принципы и гипотезы). Москва: Россия молодая, 1994. 325 с.
5. Velma V., Tchounwou P.B. (2011). Hexavalent chromium-induced multiple biomarker responses in liver and kidney of goldfish, *Carassius auratus*. *Environ. Toxicol.*, vol. 26, no 6, P. 649–656.
6. Смирнов М.И. Сравнительная гигиеническая оценка токсичности и опасности ионов хрома в воде с учетом влияния на развитие экспериментального атеросклероза: Автор. дис. ... канд. мед. наук. — Москва, 1984. 20 с.
7. Трахтенберг И.М., Колесников В.С., Лукоченко В.П. Тяжелые металлы во внешней среде: Современные гигиенические и токсикологические аспекты. Минск: Наука і техника, 1994. 285 с.
8. Bopp L., Ehrlich H. (2000). *Ensimatic*



reduction of Cr6+ by a strain of *Pseudomonas fluorescens*. Abstr. annu. meet. amer. soc. microbial. Washington, D.C. — P. 212—216.

9. Tokunaga T.K., Wan J., Hazen T.C. [et al.]. (2003) Distribution of Chromium Contamination and microbial activity in soil aggregates. *J. Environ. Qual.* Vol. 32. P. 541—549.

10. Thurman D.A. (1981). Mechanism of metal tolerance in higher plants. Effect of heavy metal pollutants on plants: in 2 vol. Ed. Lepp N. W. — L. N. Jersey: Applied Science Publ. V. 2. P. 239—249.

11. Эрмантраут Э.Р. Статистический анализ многофакторных экспериментов. Полевые эксперименты для устойчивого развития сельской местности. — Санкт-Петербург-Пушкин, 2003. С. 70—73.

12. Афифи А.А., Эйзен С.П. Статистический анализ. Подход с использованием ЭВМ. Москва: Мир, 1982. 488 с.

Ивашенко А.А., Андреев В.О.

**Экологическая угроза пахотным землям от автомобильных дорог**

*Автомобильные дороги есть источником загрязнения внешней среды и имеют*

свои особенности. Исследования были проведены в 2016—2017 годах на пахотных землях Васильковского района Киевской области, что непосредственно прилегают к автодороге Киев — Одесса.

Учетные делянки площадью 25 м<sup>2</sup> в 4-кратной повторности располагали на расстоянии от полотна дороги 5, 10, 20, 40, 80, 160, 320, 640 и 1280 м. Образцы почвы отбирали с пахотного слоя 0—30 см. Анализ содержания в почве тяжелых металлов проводили в Институте физиологии растений и генетики НАН Украины. Определение элементного состава в опытных образцах осуществляли методом ИС-МС на эмиссионном масс-спектрометре Agilent 7700х.

**тяжелые металлы, накопление, токсичность, пахотный слой, концентрация**

Ivashchenko O., Andreev V.

**Ecological threat to arable lands from highways**

*Roads are a source of environmental pollution that has its own peculiarities. The re-*

search was carried out in 2016—2017 on arable land in Vasylykivsky district of the Kyiv region, which directly adjoins the Kyiv-Odessa highway. The accounts with the area of 25 m<sup>2</sup> in 4 repetitions were placed at a distance from the road of the road: 5, 10, 20, 40, 80, 160, 320, 640, 1280 m. Samples of soil were taken from acetic layer (0—30 cm).

Analysis of the content in the soil of heavy metals was conducted at the Institute of Physiology and Genetics of the National Academy of Sciences of Ukraine. Determination of the elemental composition in the experimental samples was carried out by the method of ISR-MS on the emission mass spectrometer Agilent 7700x.

**heavy metals, accumulation, toxicity, acetic layer, concentration**

Рецензент:

Ременюк С.О.,

кандидат сільськогосподарських наук, Інститут біоенергетичних культур і цукрових буряків НААН

Надійшла 09.01.2018

УДК 638.51/914.915

© Ю.П. Манько, 2018

# МЕТОДИКА

## довгострокового розрахункового прогнозу сходів бур'янів

*Викладено алгоритм опрацьованого розрахункового методу прогнозування появи сходів бур'янів у посівах сільськогосподарських культур у польових сівозмінах Правобережного Лісостепу України, предикторами якого слугують ясність рослин бур'янів у всіх фазах розвитку перед збиранням урожаю попередників і коефіцієнти прогнозу, виражені відношенням до тієї ясністі кількості сходів бур'янів у посівах наступних сільськогосподарських культур протягом їхнього вегетаційного періоду. За точністю (~30%) запропонований метод відповідає реально можливій, а затрати на його проведення в 7—10 разів менші порівняно з інструментальними і біологічними методами.*

**прогноз появи сходів бур'янів, точність, предиктор, верифікація, інструментальний метод прогнозу, біологічний та розрахунковий методи**

Важливим елементом системи інтегрованого контролю бур'янів у посівах сільськогосподарських культур у сучасному землеробстві є дов-

**Ю.П. МАНЬКО,**

доктор сільськогосподарських наук  
Національний університет біоресурсів і природокористування України  
вул. Героїв Оборони, 15, м. Київ, 03041  
e-mail: MankoYP@ukr.net

гостроковий прогноз очікуваного кількісного та ботанічного складу їхніх сходів протягом вегетаційного періоду культурних рослин, які будуть вирощувати на конкретному полі в наступному році. Для практичного землеробства найбільша актуальність довгострокового прогнозу появи сходів бур'янів зумовлена можливістю використання його для складання ефективної системи захисту посівів та своєчасного матеріального забезпечення її реалізації. Актуальність такого прогнозу зростає за сучасних технологій точного землеробства. Для здійснення довгострокового прогнозу появи сходів бур'янів зазвичай нині використовують два методи.

За першим, інструментальним [1-4] кількість очікуваних у наступному році сходів бур'янів визначають за величинами потенційної забур'яненості поля восени після основного обробітку ґрунту та нормативної польової схожості їхнього насіння. Прогноз появи сходів бур'янів за цим методом вимагає значних витрат часу і праці. До того ж виникають труднощі ідентифікації видової належності виділеного з ґрунту насіння бур'янів, що зазнало там істотних морфологічних змін.

Не менш трудомісткий прогноз сходів бур'янів і за біологічним методом, коли в полі відбирають моноліти площею 2500 см<sup>2</sup> з шару ґрунту 0—10 см, поміщають їх у ящиках у кімнати з температурою +20—22°C і підраховують сходи протягом 30 днів [5].

Сутність методичної проблеми полягає у відсутності опрацьованої методики прогнозу сходів бур'янів, яка б відповідала вимогам реальної точності, незначних витрат часу і праці для його здійснення.

**Мета дослідження** — опрацьовання маловитратного методу довгострокового прогнозу появи сходів бур'янів у посівах сільськогосподарських культур, який відповідає вимогам можливої точності.

**Матеріали та методика дослідження.** Для опрацьовання нового методу прогнозу сходів бур'янів, адекватного поставленій меті, про-