

УДК [504.054:546.95:581.5] (477+438)

С. С. Волощинська

*Волинський національний університет ім. Лесі Українки*

## **БІОІНДИКАЦІЯ СТАНУ ЗАБРУДНЕННЯ ДОВКІЛЛЯ ВАЖКИМИ МЕТАЛАМИ (НА ПРИКЛАДІ АВТОМАГІСТРАЛІ «КИЇВ – ВАРШАВА»)**

Проаналізовано стан забруднення токсикантами природного середовища уздовж автомагістралі «Київ – Варшава». Висвітлено особливості розподілу *Pb* у ґрунтовому покриві та накопичення цього елемента рослинністю за вегетативними органами. Подана динаміка розподілу токсиканта у сільськогосподарських культурах, які вирощуються на території досліджень. Проведено порівняльний аналіз вмісту пігментів у листових пластинках рослин.

S. S. Voloschynska

*Lesya Ukrainka Volyn National University*

## **BIOINDICATION OF THE HEAVY METALS ENVIRONMENTAL POLLUTION (ON THE EXAMPLE OF HIGHWAY «KYIV-WARSAW»)**

The state of pollution of natural environment along the highway «Kyiv – Warsaw» is analysed. It is indicated on the variety of plants' species and on the basic pollutant of the environment. The peculiarities of *Pb* distribution in the soil and *Pb* concentration in the vegetative organs of predominant vegetation are lighted up. Dynamics of the toxicant distribution in crops is presented. The comparative analysis of pigments' contents in the plants' laminae was carried out.

### **Вступ**

За тривалої дії джерел забруднення відбувається значне збільшення валового вмісту мікроелементів. Ґрунт накопичує забруднення, водночас нейтралізуючи дію токсикантів завдяки складним адсорбційним процесам [3; 11]. Нагромадження важких металів у ґрунті і рослинах – один із показників забруднення атмосфери газами та пилом. Вивчення забруднення природного середовища токсикантами – важливий напрямок досліджень, оскільки забруднювальні речовини негативно впливають не лише на компоненти біосфери, а й на здоров'я людей [1; 7; 13].

Ґрунти характеризуються стійкістю до хімічного забруднення, накопичуючи або нейтралізуючи токсиканти. Хімічне забруднення – результат не лише надходження шкідливих речовин, а і здатності до самоочищення [5]. У розвинених країнах завдяки заходам, спрямованим на зменшення техногенного впливу, цей тип забруднень відійшов на другий план, поступившись першим місцем радіаційному забрудненню. У нашій державі небезпека хімічного забруднення навколишнього середовища залишається на першому місці. Також гостро постає проблема автотранспорту як головного джерела викидів *Pb* [5; 8; 14]. Даний елемент є фітотоксикантом, що викликає отруєння навіть за малих концентрацій. Часто відмічають різну концентрацію важких металів у вегетативних органах рослин, пов'язаних із видоспецифічністю метаболізму рослин і з властивостями самих важких металів [15; 16].

Мета наших досліджень полягає в оцінці інтенсивності забруднення урбанізованого середовища важкими металами, встановленні видового складу рослинності уздовж автомагістралі «Київ – Варшава», визначенні накопичувальної здатності вегетативних органів рослин.

Техногенез має межу, при перевищенні якої антропогенний вплив на біосферу може стати катастрофічним [9]. Від рівня вмісту важких металів у ґрунті залежить їх кількість у рослинах, і, як правило, якість рослинної продукції. Між ними існує прямий, хоча і непропорційний зв'язок: чим вища концентрація металів у ґрунті, тим більше їх у рослинах [6]. Проте важкі метали у певних кількостях необхідні для протікання біохімічних і фізіологічних процесів у рослинах. За нестачі цих металів порушується ріст і розвиток рослин, виникають різні хвороби та аномалії. Але за високих концентрацій у навколишньому середовищі даних хімічних елементів у рослинах теж спостерігаються різні порушення росту та розвитку, викликані отруєнням металами [2; 3].

### **Матеріал і методи досліджень**

Для дослідження рослинності, здатної накопичувати важкі метали у значних кількостях, відібрані проби домінантних видів рослин з обох боків автомагістралі «Київ – Варшава». Формували об'єднані проби для кожного виду рослин, у яких визначали вміст важких металів у надземній фітомасі та кореневій системі трав'янистих рослин у зольних розчинах на атомно-адсорбційному спектрофотометрі. Для характеристики процесів трансформації токсичних речовин у ґрунті та їх транслокації в рослинах відібрані також зразки ґрунту. Проведений аналіз вмісту *Co*, *Cd*, *Mn*, *Cu*, *Pb*, *Zn* і розрахунок коефіцієнтів переходу в системі «ґрунт – рослина».

### **Результати та їх обговорення**

У формі твердих відходів промисловості у довкілля щорічно потрапляє 20–30 млрд. т різних речовин, із них 50 % – органічних. Із твердими відходами на поверхню ґрунтів надходять полютанти природного середовища [10]. В Україні за рік викидається в атмосферу близько 16 млн. т токсичних речовин. Найшкідливішими у цих викидах і відходах є важкі метали. Як правило, забруднення важкими металами носить локальний характер. Найзабрудненіші території зустрічаються поблизу промислових центрів, потужних виробництв і транспортних магістралей.

Потрапляючи у ґрунт, важкі метали постійно мігрують, переходячи у ту чи іншу форму хімічних сполук. Частина їх піддається гідролізу, може утворювати важкорозчинні сполуки та закріплюватись у ґрунтовому середовищі. Більшість сполук важких металів акумулюється у підстильці та гумусовому горизонті. Їх розподіл по поверхні залежить від характеру та особливостей джерела забруднення, метеорологічних особливостей регіону, геохімічних факторів і ландшафту. Метали включаються у біологічний кругообіг, передаються по ланцюгах живлення.

Рослини, як і всі живі організми, можуть протидіяти підвищенню концентрації важких металів лише до певної межі. А подальше підвищення концентрації спричиняє пригнічення та загибель живих організмів. Збільшення вмісту даних елементів у верхніх шарах ґрунту збіднює видовий склад рослин і мікроорганізмів, погіршує умови росту та розвитку культурних рослин [4; 14]. Тому вздовж автомагістралі «Київ – Варшава» були відібрані не лише проби ґрунту на вміст важких металів, а й зразки різних видів рослин. Установлено, що головним забруднювачем природного середовища є *Pb*, джерелом якого є вихлопні гази автомобілів. При проведенні моніторингу нами встановлено, що середньодобова інтенсивність вантажопотоку становить 4400 автомашин.

Вміст даного елемента у ґрунті перевищує природний фон у 13,5 рази з північного боку (0 м), а з південного – у 18,5 рази (0 м). Певна відмінність зумовлена переважаючим західним напрямком вітрів. Але для характеристики стану забруднення природного середовища доцільно визначати не лише рухомі форми забруднювальних речовин у ґрунті, а й коефіцієнт переходу важких металів у системі «ґрунт – рослина». Даний показник відображає відношення вмісту металу у рослині (суха маса) до його рухомих форм у ґрунті. Вміст *Pb* у ґрунті на узбіччі автомагістралі становить 14,8 мг/кг. Найвищий коефіцієнт накопичення характерний для *Plantago major* L. (0,49) та *Artemisia vulgaris* L. (0,40), а найнижчий – для *Erisium arvense* L. (0,11) (табл. 1).

Таблиця 1

Стан забруднення *Pb* домінуючої рослинності уздовж автотраси

Вид рослин	Вміст <i>Pb</i> на узбіччі автотраси, мг/кг	<i>K<sub>n</sub></i>
Осот польовий ( <i>Erisium arvense</i> L.)	1,62	0,11
Деревій звичайний ( <i>Achillea millefolium</i> L.)	3,24	0,22
Полин гіркий ( <i>Artemisia absinthium</i> L.)	3,63	0,24
Полин звичайний ( <i>Artemisia vulgaris</i> L.)	5,91	0,40
Кульбаба лікарська ( <i>Taraxacum officinale</i> Wigg.)	2,57	0,17
Морква дика ( <i>Daucus carota</i> L.)	2,03	0,14
Подорожник звичайний ( <i>Plantago major</i> L.)	7,34	0,49

Оскільки рослини характеризуються різною накопичувальною здатністю, то дану величину можливо використати для біомоніторингу. Концентрація *Pb* відмінна не лише у різних видів рослин, а й має суттєві розбіжності щодо накопичення його у їх вегетативних органах (рис. 1).

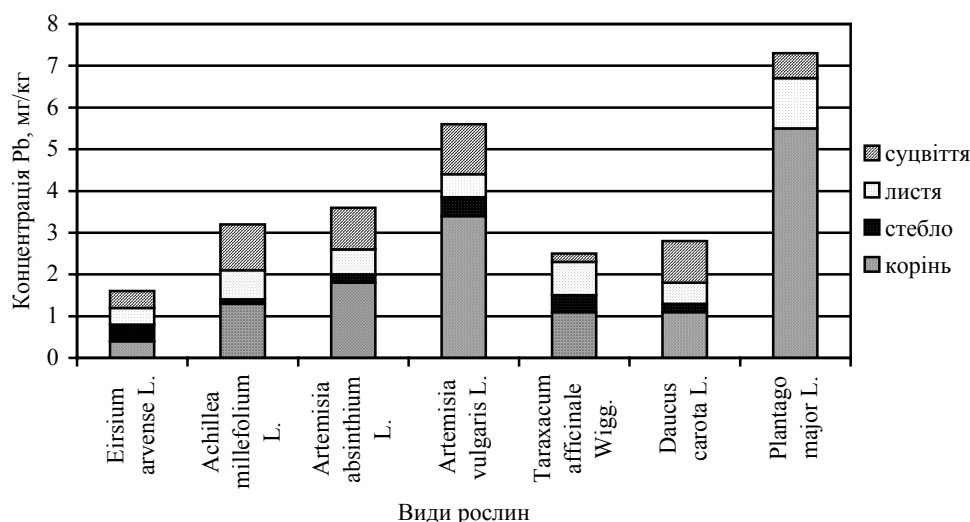


Рис. 1. Вміст *Pb* у вегетативних органах домінуючої рослинності вздовж автомагістралі «Київ – Варшава»

Найбільший вміст *Pb* має коренева система: основним джерелом важких металів є ґрунт, найменша концентрація зустрічається у стеблах проаналізованих рослин. Максимальну кількість *Pb* виявлено у кореневій системі подорожника звичайного та полину звичайного. Це зумовлено фізіологічними особливостями даних рослин: добре розвинена коренева система міститься у поверхневих шарах ґрунту, де значна концентрація

важких металів має доступну для рослин форму. Мінімальну кількість *Pb* акумулювала коренева система осоту польового, середня забрудненість властива для полину гіркого, кульбаби лікарської, моркви дикої. Листкова поверхня інтенсивніше забруднена у подорожника звичайного. Щодо забрудненості генеративних органів слід зазначити, що найбільший вміст *Pb* мали суцвіття *Artemisia vulgaris* L. (1,2), *Achillea millefolium* L. (1,1), *Artemisia absinthium* L. (1,0) та *Daucus carota* L. (1,0). Всупереч очікуваним даним, суцвіття *Taraxacum officinale* L. найменше забруднені *Pb*.

Розподіл токсиканта у сільськогосподарських культурах, які вирощуються уздовж автомагістралі на забороненій санітарній зоні, проаналізовано у в таблиці 2. Серед досліджених рослин картопля виявилась акумулятором *Pb* (різниця відносно буряка – 2,4 раза). Найбільша кількість цього забруднювача накопичується в листках, а найменша – у коренеплодах буряка та бульбах картоплі. Столони картоплі двох сортів були очищені для додаткового визначення концентрації *Pb* безпосередньо у бульбах і лушпинні. Встановлено, що в очищених бульбах картоплі і лушпинні сорту Санте вміст металу однаковий, а у картоплі сорту Бородянка лушпиння накопичило 0,85 мг/кг *Pb*, що дещо більше, ніж в очищених бульбах (0,75 мг/кг) (рис. 2).

Таблиця 2

Вміст *Pb* у сільськогосподарських культурах, мг/кг

Об'єкт досліджень	Листя	Стебло	Коренеплід (бульба)
Картопля	11,5 ± 0,53	5,2 ± 0,25	1,2 ± 0,06
Буряк столовий	4,9 ± 0,24	2,3 ± 0,11	2,5 ± 0,12

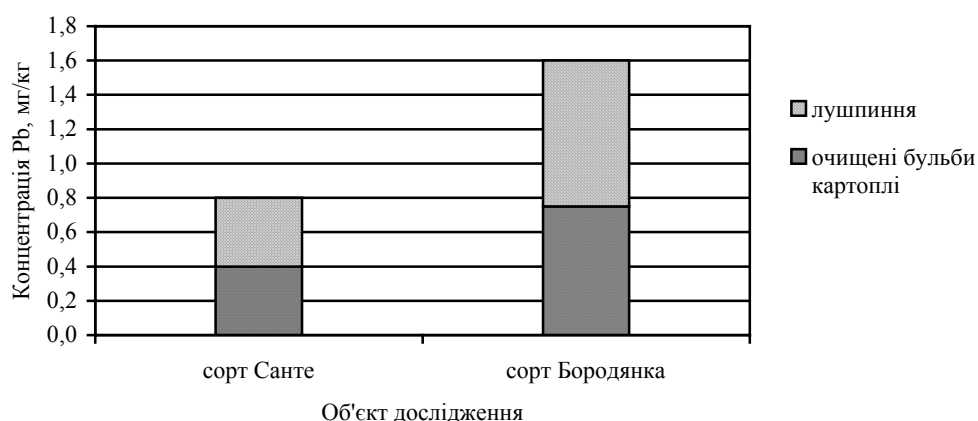


Рис. 2. Вміст *Pb* у бульбах картоплі різних сортів, вирощених уздовж автомагістралі «Київ – Варшава»

Із представлених на рисунку 2 даних видно, що концентрація *Pb* у картоплі Бородянка вдвічі більша, ніж у сорту Санте. Важкі метали, концентруючись у рослинах, викликають зміни у фізіолого-біохімічних процесах. Враховуючи негативний вплив надмірної кількості токсикантів, визначали вміст пігментів у рослинах, які проростають на придорожній смузі автомагістралі. Проведено порівняльний аналіз даних, отриманих при дослідженні рослинних зразків із чистої зони. Встановлено зменшення кількості пігментів у листових пластинах рослин у забрудненій зоні. Також відмічена певна відмінність у кількості хлорофілу та каротиноїдів у різних видів рослин.

## Висновки

У ґрунтовому покриві і рослинності території, розміщеної уздовж міжнародної автомагістралі «Київ – Варшава», накопичилась значна кількість важких металів, зокрема *Pb*. Найбільша накопичувальна здатність характерна для *Plantago major* L. (7,3 мг/кг), *Artemisia vulgaris* L. (5,9 мг/кг), *Artemisia absinthium* L. (3,6 мг/кг), коефіцієнт накопичення також найвищий (0,49, 0,40, 0,24 відповідно). Вивчаючи вміст *Pb* у вегетативних органах домінантної рослинності, відзначили найбільшу концентрацію в кореневій системі, а найменшу – у суцвітті. Вміст токсиканта в листі картоплі – 11,5 мг/кг, буряка – 4,9 мг/кг, у підземних органах картоплі – 1,2 мг/кг, буряка – 2,5 мг/кг. Бульби картоплі сорту Бородеянка накопичують удвічі більше *Pb*, ніж сорту Санте (0,8 проти 0,4 мг/кг).

## Бібліографічні посилання

1. **Алексеев Ю. В.** Тяжелые металлы в почвах и растениях. – Л.: Агропромиздат, 1987. – 140 с.
2. **Ачасова А.** Просторова неоднорідність вмісту важких металів у ґрунті // Вісник аграрної науки. – 2003. – № 3. – С. 77–78.
3. **Балюк С.** Оцінка забруднення зрошувальної води і ґрунтів важкими металами // Вісник аграрної науки. – 2003. – № 1. – С. 65–68.
4. **Загрязнение почв и растительности тяжелыми металлами** / В. А. Большаков, Н. Я. Гальпер, Г. А. Клименко и др. – М.: Наука, 1976. – 79 с.
5. **Васильева Л. И.** Формы тяжелых металлов в почвах урбанизованных и заповедных территорий / Л. И. Васильева, В. Б. Кадацкий // Геохимия. – 1998. – № 4. – С. 426–429.
6. **Головатый С. Е.** Зависимость между содержанием тяжелых металлов в почве, растениях и концентрацией их в цельном молоке // Почвенные исследования и применение удобрений. – Вып. 24. – Мн., 1997. – С. 182–188.
7. **Дмитриев М. Т.** Санитарно-химический анализ загрязняющих веществ в окружающей среде / М. Т. Дмитриев, Н. И. Казнина. – М.: Химия, 1989. – 261 с.
8. **Зайцева Н. В.** Влияние на здоровье населения выбросов свинца автотранспортом / Н. В. Зайцева, Т. И. Тырыкина, М. А. Землякова // Гигиена и санитария. – 1999. – № 3. – С. 3–4.
9. **Картава О. Ф.** Вплив техногенних навантажень на ландшафтно-геохімічний стан міських агломерацій // Людина та довкілля. – 2001. – № 3. – С. 35–40.
10. **Картава О. Ф.** Еколого-географічні дослідження ерозії ґрунтів в умовах інтенсивних антропогенних навантажень / О. Ф. Картава, Я. О. Мольчак // Україна та глобальні процеси. – Луцьк–Київ: Вежа, 2000. – Т. 2. – С. 86–90.
11. **Обухов А. И.** Биохимия тяжелых элементов в городской среде / А. И. Обухов, О. М. Лепнева // Почвоведение. – 1989. – № 5. – С. 64–75.
12. **Ревич Б. А.** Загрязнение окружающей среды и здоровье населения // Введение в экологическую энциклопедию. Учебное пособие. – М., 2001. – 264 с.
13. **Сагт Ю. Е.** Геохимические принципы выявления зон воздействия промышленных выбросов в городских агломерациях / Ю. Е. Сагт, Р. С. Смирнова // Ландшафтно-геохимическое районирование и охрана среды. Вопросы географии. – Вып. 120. – М.: Мысль, 1983. – С. 43–57.
14. **Федоренко О. І.** Основи екології / О. І. Федоренко, О. І. Бондар, А. В. Кудін. – К.: Знання, 2006. – 543 с.
15. **Diez T.** Schwermetallgehalte und Schwermetallanreicherung in landwirtschaftlich genutzten Boden Bayerns / T. Diez, H. Krauss // Bayer. Landwirt. Jahrb. – 1992. – Bd. 69, N 3. – S. 343–355.
16. **Survey of the plant kingdom for the ability to bind heavy metals through phytochelatin** / W. Gekeler, E. Grill, E.-L. Winnacker, M. Zenk // Z. Naturforsch. – 1989. – Bd. 44, N 5–6. – S. 361–369.

Надійшла до редколегії 21.04.2008