

УДК 630\*266:630\*114, DOI 10.31210/visnyk2018.04.18  
© 2018

*Гупал В. В., кандидат сільськогосподарських наук,  
Чорнявська І. Р., аспірант*

*(науковий керівник – кандидат сільськогосподарських наук В. В. Гупал)  
Український науково-дослідний інститут лісового господарства  
та агролісомеліорації ім. Г. М. Висоцького*

## ВМІСТ ВАЖКИХ МЕТАЛІВ У ҐРУНТАХ ЗАХИСНИХ ЛІСОВИХ НАСАДЖЕНЬ ПРИЗАЛІЗНИЧНИХ ТЕРИТОРІЙ

*Рецензент – доктор сільськогосподарських наук, професор В. П. Пастернак*

*Описано поліфункціональне значення захисних лісових насаджень на шляхах залізничного транспорту та вказано на необхідність вивчення їх лісомеліоративних функцій. Проведено дослідження щодо шкідливого впливу залізничного транспорту на довкілля та істотного забруднення ґрунту рухомими формами важких металів у захисних лісових насадженнях різної конструкції уздовж транспортних магістралей. Надано геохімічну оцінку ґрунтів за вмістом важких металів через гранично допустиму концентрацію (ГДК) та класифікацію хімічних елементів за класами небезпечності. Досліджено залежність між вмістом важких металів у ґрунті та відстанню від колійного полотна. Виявлено рівень забруднення під впливом техногенного середовища залізниць та поширення з відстанню від залізничного полотна рухомих форм свинцю, кадмію, цинку, міді, нікелю, кобальту, хрому, заліза та марганцю у ґрунтах захисних лісових насаджень.*

**Ключові слова:** залізничний транспорт, захисні лісові смуги, забруднення ґрунту, рухомі форми важких металів, гранично-допустима концентрація (ГДК), класи небезпечності хімічних елементів.

**Постановка проблеми.** У даний час особливої актуальності набувають дослідження щодо питань взаємодії залізничного транспорту – як найважливішої складової транспортного комплексу – із довкіллям.

Постійне забруднення навколишнього природного середовища вимагає негайного вирішення назрілих еколого-економічних проблем для забезпечення екологічно чистого майбутнього і активізації природоохоронної діяльності.

Важливим є також дослідження впливу меліорантів на зниження токсичної дії важких металів.

У вирішенні цих питань на залізничних шляхах беззаперечно домінуюча роль належить лісо-

вим насадженням, які виконують захисні та меліоративні функції [11].

**Аналіз останніх досліджень і публікацій, у яких започатковано розв'язання проблеми.** Важливу роль відіграє техногенна діяльність, що може спричинити надходження поллютантів, зокрема важких металів, у кількостях, токсичних та небезпечних для живих організмів.

Шкідливі речовини частково затримуються захисними лісонасадженнями, частина потрапляє на поверхню ґрунту і поступово переходять у нижні горизонти, а решта поширюється на прилеглі території. Під дією вітру поллютанти поширюються на земельні угіддя та прилеглі поля, що є не менш шкідливим фактором впливу як на природне середовище, так і на життя та здоров'я населення [9]. Накопичення важких металів у ґрунті безпечно лише доти, доки рослини здатні протистояти їх транслокації в організм [5].

У виробничій діяльності транспорту найчастіше використовуються такі хімічні елементи як свинець, цинк, кадмій та мідь. Внаслідок накопичення в природному середовищі вони становлять серйозну небезпеку через їх високу активність і токсичні властивості [1, 6, 7, 9].

Пріоритетність визначення рухомих форм важких металів полягає в тому, що вона є найбільш небезпечною, адже елементи в такій формі виносяться за межі смуги, враховуючи сприятливу для цього міграційну структуру, тоді як геохімічно нерухомі чи малорухомі елементи становлять загрозу в разі зростання їх концентрації [4]. Вони мають здатність накопичуватись у сільськогосподарських культурах, а споживання їх людиною ставить під загрозу її існування [1].

**1. Лісівничо-таксаційна характеристика лісових смуг на залізничній лінії Люботин-Ворожба за даними пробних площ**

№ ПП	S, га	Склад захисного насадження	A, років	H сер., м	D сер., см	Бонітет	ТУМ	Повнота	M, м <sup>3</sup> ·га <sup>-1</sup>	Підлісок
1	0,4	4ДЗКлгЗЯзел	67	17	18	II	D <sub>2</sub>	0,8	204,5	Акж, Свб
2	0,4	4Дз2Бст2Кля1Яз1Акб	87	15,5	22	IV	D <sub>2</sub>	0,9	199,5	Відс.

**2. Нормативні забруднення ґрунтів земельних ділянок транспортних та промислових зон, міських зон промислової забудови**

Забруднювач	Градації рівнів забруднення ґрунтів земельних ділянок третьої категорії та рівнів вмісту забруднювачів (мг/кг ґрунту)			
	допустимий	помірний	високий	небезпечний
Cd	<ОДК	ОДК-5	5-20	>20
Pb	<ОДК	ОДК-400	400-600	>600
Zn	<ОДК	ОДК-1500	1500-3000	>3000
Cu	<ОДК	ОДК-300	300-500	>500
Co	<15	15-150	150-300	>300
Ni	<40	40-150	150-500	>500
Cr	<60	60-500	500-800	>800
Mn	<1100	1100-2000	2000-3000	>3000

**Мета роботи** – дослідити забруднення рухомими формами важких металів ґрунту в захисних лісових насадженнях під впливом техногенного середовища залізниць та поширення рухомих форм металів із відстанню від залізничного полотна.

**Матеріали і методи.** Дослідження проводили у суху, безвітряну та сонячну погоду. Зразки ґрунту відбиралися від залізничної колії перпендикулярно до лісової смуги за методикою МВВ 31-497058-015-2003 [8]. Відбір зразків на відстані 50 та 100 м проводили на прилеглих полях за смугами. Проби ґрунту брали на глибині 15 см в п'ятикратній повторюваності. За контроль було вибрано поле, захищене смугою, яке знаходиться на відстані близько 5 км від транспортних шляхів. Зразки на контрольній ділянці, за відсутності колії, починали брати з початку полезахисної смуги.

Під час досліджень захисних лісових смуг пробні площі (ПП) закладали відповідно до загальноприйнятих у лісівництві й лісовій таксації методів [2] (табл. 1).

Дослідження вмісту важких металів було проведено на території «Сумської дистанції» Південної залізниці, у захисних лісових смугах лінії Люботин-Ворожба у 11 виділі на 214 км у Харківській області (ПП №1) та у 22 виділі на 137 км у Сумській області (ПП №2), а також на полях,

прилеглих до цих насаджень.

Насадження ПП №1 вітрозахисне ажурної конструкції. Головною породою є дуб звичайний (*Quercus robur* L.), а супутні породи – клен гостролистий (*Acer platanoides* L.) та ясен зелений (*Fraxinus lanceolata* Borkh.).

Підлісок – карагана дерев'яниста (*Caragana arborescens* Lam.) та свидина біла (*Cornus alba* L.).

Снігозахисна лісова смуга ПП №2 щільної конструкції. Головною породою є дуб звичайний (*Quercus robur* L.), супутніми породами є берест (*Ulmus minor* Mill.), клен – явір (*Acer pseudo-platanus* L.), ясен звичайний (*Fraxinus excelsior* L.) та робінія звичайна (*Robinia pseudoacacia* L.).

Проведено рекогносцирувальне обстеження території залізничної магістралі Люботин-Ворожба у межах Харківської області, однієї з головних внутрішніх залізничних ліній. Вона призначена в основному для руху пасажирських поїздів, приміських електропотягів та вантажних перевезень.

За класами небезпечності в ГОСТ 17.4.1.02-83 подано класифікацію важких металів, в якій враховано їх токсичність і персистентність у ґрунті та рослинах, гранично допустиму концентрацію у ґрунті, міграційні властивості. Основну увагу приділено елементам, вміст яких виявився найбільшим у проаналізованих зразках ґрунту [3].

Геохімічна оцінка ґрунтів за вмістом важких металів традиційно виконується через порівняння їх фактичного вмісту у ґрунті за О. П. Виноградовим (табл. 2), гранично допустимої концентрації (ГДК) або орієнтовно допустимої концентрації (ОДК) [10].

**Результати досліджень.** Свинець – важкий метал І класу небезпеки і його вважають одним із найтоксичніших хімічних елементів, навіть у незначних кількостях. Забруднення свинцем атмосферного повітря, ґрунту і води поблизу транспортних магістралей створює загрозу ураження цим хімічним елементом населення, що проживає в цих районах, і насамперед дітей, які більш чутливі до впливу важких металів.

У ґрунтах найвищий вміст свинцю досягав 4,7 мг/кг на відстані 50 м від залізничної колії на ПП №2. На ПП №1 на відстані 30 м від магістра-

лі кількість майже однакова – 4,55 мг/кг, проте на такій же відстані на ПП №2 було виявлено найменшу кількість – 1,615 мг/кг (рис. 1).

Цинк – важкий метал І класу небезпеки. В умовах підвищеної вологості характерна висока міграція цинку у ґрунті. Для розподілу рухомих форм цинку виявлено тенденцію максимального вмісту у ґрунтах на відстані 10 і 20 м від залізничної колії ПП №1 відповідно – 4,82 мг/кг і 5,22 мг/кг, а мінімальну кількість виявлено на 50м ПП №2 – 0,89 мг/кг (рис. 2).

Кадмій є одним із найбільш важливих металів під час вивчення проблеми забруднень, так він є широко поширений в світі і має токсичні властивості: може накопичуватись в організмах і екосистемах. Його сполуки є надзвичайно токсичними, навіть, у незначних концентраціях. І клас небезпеки (рис. 3).

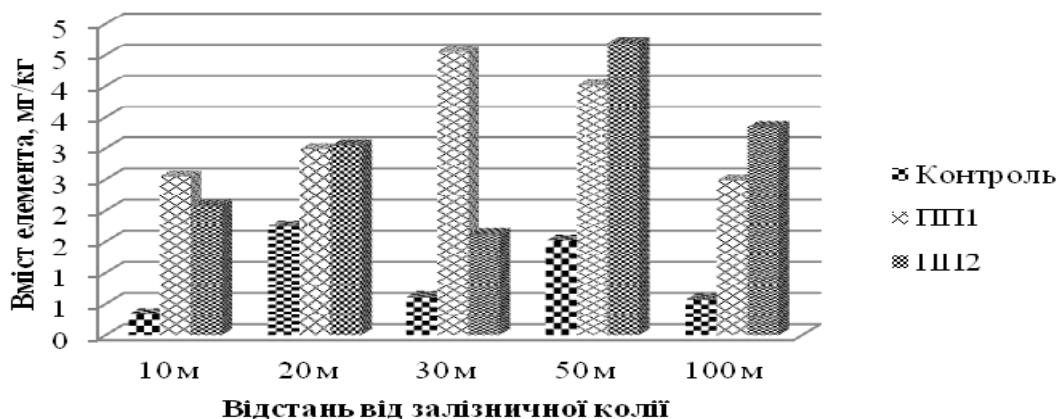


Рис. 1. Вміст рухомих сполук свинцю у ґрунтах на відстані від залізниці

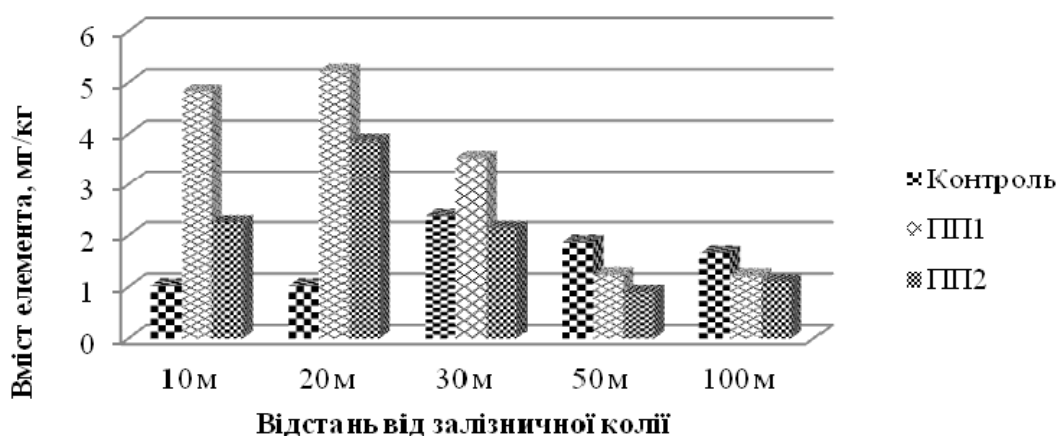


Рис. 2. Вміст рухомих сполук цинку у ґрунтах на відстані від залізниці

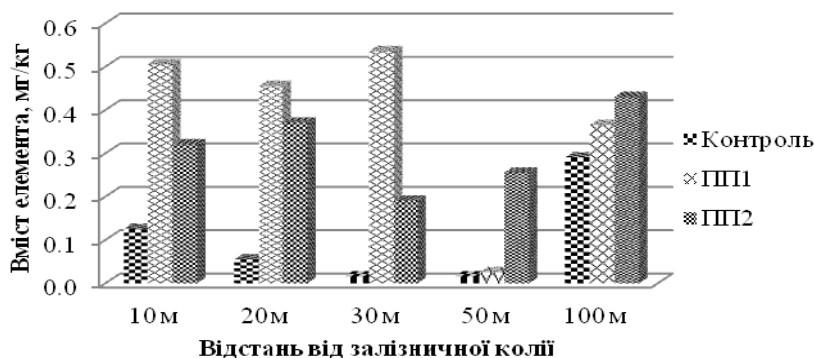


Рис. 3. Вміст рухомих сполук кадмію у ґрунтах на відстані від залізниці

Найвищий вміст кадмію у ґрунтах на ПП №1 досягав 0,455–0,535 мг/кг на відстані від залізничної колії до 30 м. А найменшу кількість – 0,025 мг/кг було встановлено на ПП №1 в 50 м від магістралі.

Мідь – хімічний елемент, який належить до важких металів II класу небезпеки. Вміст рухомих форм Cu у ґрунтах захисних лісонасаджень призалізничних територій досягав максимального значення на відстані 20 м від залізничної колії на ПП №2 – 1,795 мг/кг, а на ПП №1 аж на відстані 100 м – 0,625 мг/кг. Мінімальну кількість міді виявлено на відстані 10 м від колійного полотна ПП №1 – 0,11 мг/кг (рис. 4).

Нікель – це токсичний хімічний елемент, особливо його розчинні сполуки, які найчастіше потрапляють в організм з питною водою. Важкий метал II класу небезпеки. Найвищі показники нікелю виявлено на відстані 100 м від залізничної колії ПП №2 – 2,72 мг/кг, а на ПП №1 на відстані 30 м – 2,56 мг/кг. Найменша кількість елемента становить 1,035 мг/кг на 20 м від колійного полотна ПП №2 (рис. 5).

Кобальт – це хімічний елемент, який відноситься до II класу небезпеки. Його пил токсичний. Також кобальт входить до складу жароміцних, затверділих корозієстійких сплавів (рис. 6).



Рис. 4. Вміст рухомих сполук міді у ґрунтах на відстані від залізниці

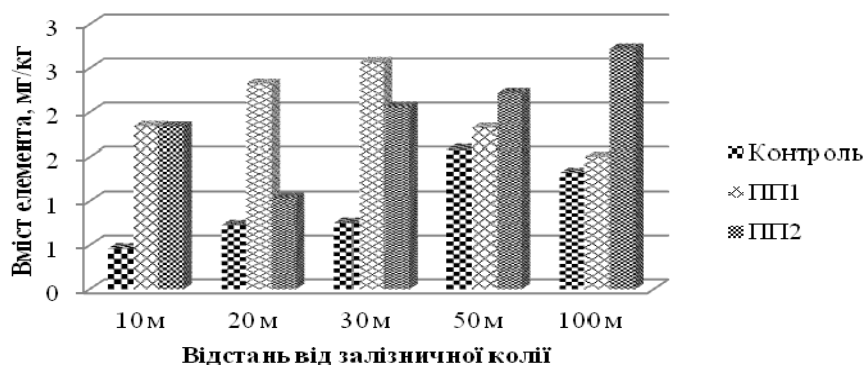


Рис. 5. Вміст рухомих сполук нікелю у ґрунтах на відстані від залізниці

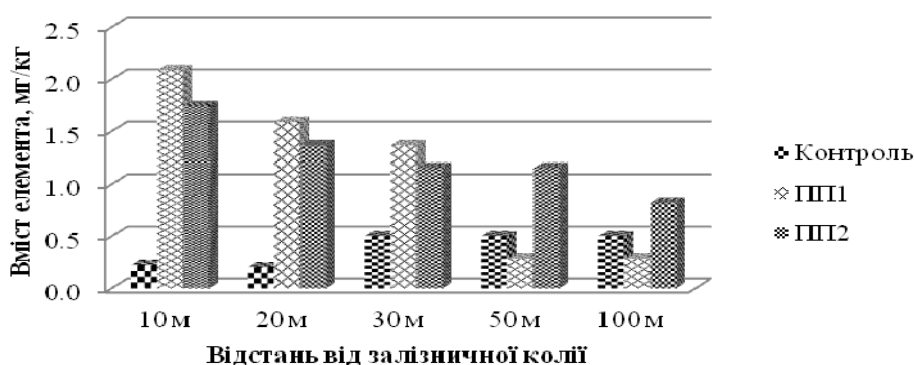


Рис. 6. Вміст рухомих сполук кобальту в ґрунтах на відстані від залізниці

У ґрунтах на ПП №1 найвищий вміст кобальту досягав 2,085 мг/кг на відстані 10 м від залізничної колії, а найменший показник однаковий – на відстані 50 і 100 м від магістралі кількість – 0,285 мг/кг.

Хром відноситься до II класу небезпеки. Його сполуки належать до групи найсильніших канцерогенних речовин. Аналізуючи розподіл рухомих форм хрому виявлено, що максимальний вміст у ґрунтах на відстані 10 м від залізничної колії ПП №2 і ПП №1 становить 2,15 мг/кг і 1,80 мг/кг відповідно, а мінімальну кількість виявлено на 100 м ПП №1 – 0,245 мг/кг (рис. 7).

Залізо – це один з найбільш поширених елементів в природі. Відноситься до III класу небезпеки. Буває в природі в трьох станах. Найшкідливіший стан металу – це іржа (рис. 8).

Вміст рухомих форм Fe у ґрунтах захисних лісонасаджень з відстанню від залізничної колії збільшувався і досяг максимального значення на

обох пробних площах на 30 м ПП №1 – 5,68 мг/кг та ПП №2 – 4,52 мг/кг. Мінімальну кількість заліза виявлено на відстані 10 м від колійного полотна ПП №2, а саме – 1,665 мг/кг.

Марганець – це важкий метал, який відноситься до III класу небезпеки. Присутність марганцю понад норму шкідливо впливає на організм людини, що виражається в руйнуванні центральної нервової системи (рис. 9).

Найвищий вміст марганцю у ґрунтах на ПП №1 та ПП №2 досягав відповідно 22,41 та 18,615 мг/кг в 10 метрах від залізничної колії. А найменшу кількість – 8,73 мг/кг було встановлено на ПП №1 в 100 м від магістралі. Показники марганцю перевищують рівень ГДК (>3000 мг/кг) в 7 разів. Показники хімічного елементу відносяться до небезпечного рівня забруднення ґрунтів третьої категорії, навіть на контрольній ділянці.

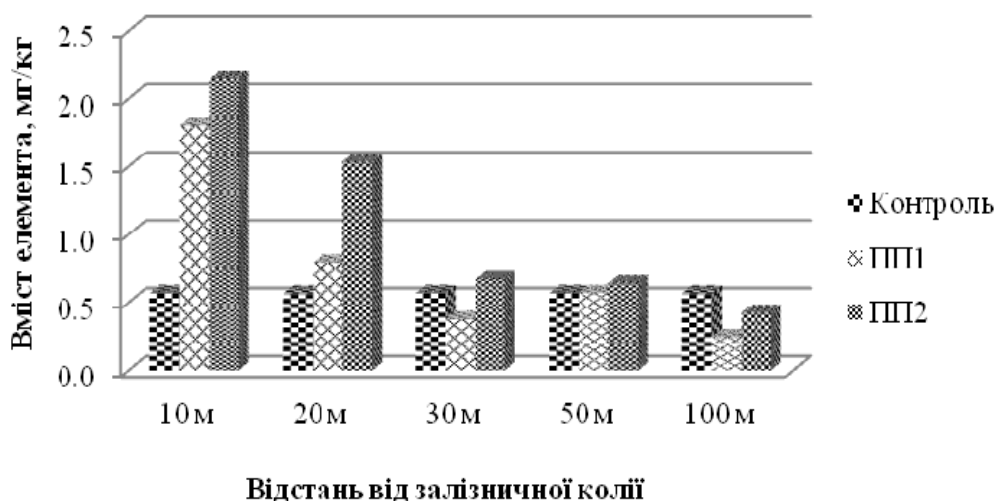


Рис. 7. Вміст рухомих сполук хрому в ґрунтах на відстані від залізниці

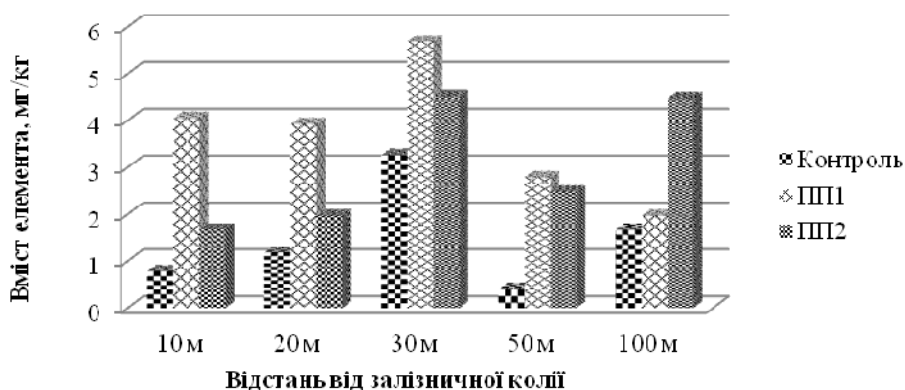


Рис. 8. Вміст рухомих сполук заліза у ґрунтах на відстані від залізниці

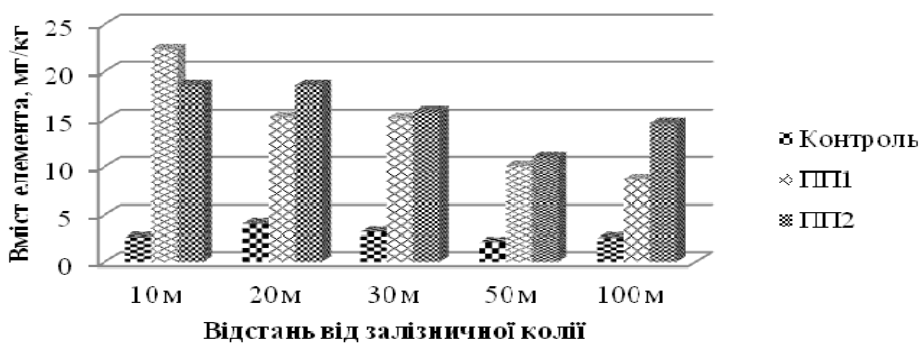


Рис. 9. Вміст рухомих сполук марганцю у ґрунтах на відстані від залізниці

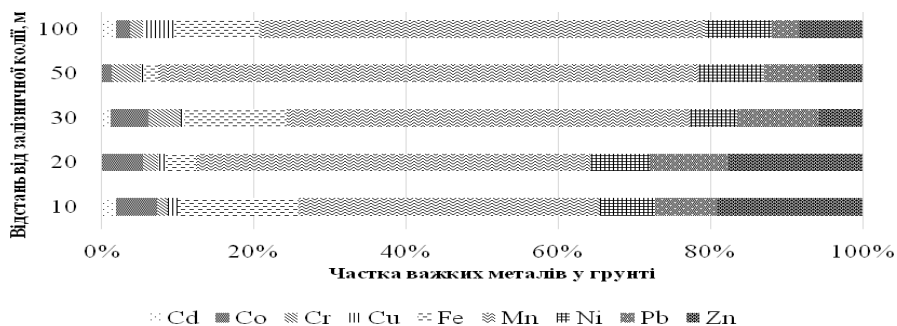


Рис. 10. Вміст рухомих форм важких металів у ґрунті на ПП№1

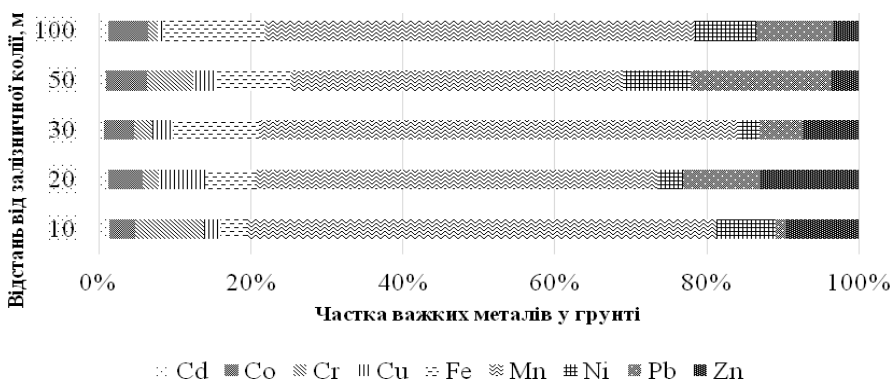


Рис. 11. Вміст рухомих форм важких металів у ґрунті на ПП№2

На рис. 10 і 11 зображено частки всіх хімічних елементів у ґрунті приколійних захисних насаджень за даними пробних площ.

Проаналізувавши дані двох пробних площ, ми встановили, що частка Mn на них найбільша, яка в середньому становить 55 %, а цинк, свинець і залізо коливається близько 9 %, що в 6 разів менше вмісту марганцю. Решта важких металів (Cd, Cu, Co, Ni, Cr) займають незначні відсотки вмісту в ґрунті, які коливаються до 5 %.

**Висновки.** Досліджено рівень забруднення під впливом техногенного середовища залізниць та поширення з відстанню від залізничного полотна рухомих форм свинцю, кадмію, цинку, міді, нікелю, кобальту, хрому, заліза та марганцю у ґрунтах захисних лісових насаджень.

На контрольній ділянці досліди показали, що всі хімічні елементи, окрім марганцю, були на мінімальному рівні.

Сполуки важких металів поширюються приблизно на однакову відстань від колії і не перевищують ГДК, за виключенням марганцю.

Відповідно, у зразках ґрунтів зафіксовано перевищення фонових значень ГДК вмісту важко-

го металу III класу небезпеки – марганцю Mn – 22,41 мг/кг. Показники перевищують рівень ГДК (>3000 мг/кг) в 7 разів. За кількістю забруднювача на пробних площах цей елемент відноситься до небезпечного рівня забруднення ґрунтів земельних ділянок третьої категорії, навіть на контрольній ділянці.

Більш чітка залежність між вмістом важких металів у ґрунті та відстанню від залізничного полотна прослідковується для хімічних елементів Zn, Co та Mn в дубово-кленовій захисній лісосмузі в Харківській області, а також Cr та Mn в лісонасажденні Сумської області. Для всіх інших елементів, за результатами наших досліджень, залежність між накопиченням важких металів та відстанню від залізничної магістралі нерівномірна. Це пояснюється тим, що частина важких металів поглинається захисною лісовою смугою, а отже насадження виконує свої лісівничо-меліоративні функції. Також це може бути пов'язано з дією вітрів, що спричиняють нерівномірне перенесення хімічних елементів і з міграційними процесами сполук важких металів у ґрунті.

## БІБЛІОГРАФІЯ

1. *Волощинська С. С.* Біоіндикація стану забруднення довкілля важкими металами (на прикладі автомагістралі «Київ-Варшава»). Вісник Дніпропетровського університету. Біологія, Екологія. Дніпропетровськ, 2008. – Вип. 16, т. 2. – С. 24–28.

2. *Воробьев Д. В.* Методика лесопатологических исследований. Киев, Урожай, 1967. – 386 с.

3. ГОСТ 17.4.1.02-83 [Електронний ресурс]. Охрана природы. Почвы. Классификация химических веществ для контроля загрязнения. М.:Стандартинформ, 2008. URL: <http://vsegost.com/Catalog/21/21047.shtml>

4. *Жовинский Е. Я.* Геохимия тяжелых металлов в почвах Украины. – К.: Наукова думка, 2002. – 213 с.

5. *Журавльова І. М.* Агрохімічні аспекти проявлення токсичності важких металів у системі ґрунт-рослина. Автореф. дис. на здобуття наук. ступеня канд. сільськогоспод. наук : спец. 06.01.04. – Х.: ННЦ ІГА, 2015. – 24 с.

6. *Кулик М. І., Лісняк А. А., Торма С.* Забруднення ґрунтового покриву важкими металами, привнесених відпрацьованими моторними мастилами. Вісник ХНУ ім. В.Н. Каразіна. – Харків : ХНУ ім. В.Н. Каразіна, 2016, серія «Екологія»,

Вип. 15. – С. 122–127.

7. *Лук'янчук Н. Г.* Біоіндикаційні методи досліджень виробничої діяльності залізниць. Науковий вісник НЛТУ України : зб. наук.-техн. праць. Львів : РВВ НЛТУ України, 2006. – Вип. 16.1. – С. 48–51.

8. Методика визначення складу та властивостей ґрунтів МВВ 31-497058-015-2003. / За ред. С.А. Балюк. – Харків : ІГА, 2004. – С. 212.

9. *Павлішина О. М.* Поглинальна здатність важких металів захисними лісовими насадженнями залізниць. Українська наука XXI століття: тези доп. Шостої Всеукр. наук.-практ. інтернет-конф. – К.:ТОВ «ТК Меганом», 2010. – Ч.1. – С. 34–39.

10. Фоновий вміст мікроелементів у ґрунтах України. / За ред. А. І. Фатєєва, Я. В. Пашенко. – Харків, 2003. – 71 с.

11. *Чорнявська І. Р., Гупал В. В.* Поширення важких металів у ґрунтах захисних лісових насаджень призалізничних територій. II міжнародна науково-практична інтернет-конференція «Сучасний рух науки», 28-29 червня 2018 р. – Дніпро : Міжнародний електронний науково-практичний журнал «WayScience», 2018. – С. 505–509.

ANNOTATION

**Hupal V.V., Chorniavska I. R.** The content of heavy metals in soils of protective forest plantations of railway territories.

The polyfunctional value of protective forest plantations on railway has been described. The necessity of studying their forest reclamation functions is indicated. Constant pollution of the environment requires the immediate solution of urgent environmental and economic problems to ensure a clean future. The influence of railway transport on the environment has been studied. Studies have been carried out on significant soil contamination by mobile forms of heavy metals in protective forest plantations along transport routes. The geochemical assessment of soils by the content of heavy metals is given in accordance with the maximum permissible concentration (MPC). Heavy metals were considered in accordance with the classification of chemical elements by hazard class. The dependence between the content of heavy metals in the soil and the distance from the track has been investigated. The level of pollution and the

spread of mobile forms of lead, cadmium, zinc, copper, nickel, cobalt, chromium, iron and manganese in the soils of protective forest plantations under the influence of the technogenic environment of railways was revealed. Compounds of heavy metals extend approximately at the same distance from the track and do not exceed the MPC, with the exception of manganese. At the control section, experiments showed that all chemical elements, except manganese, were at a minimum. After analyzing the test plot data, we found that the proportion of Mn in them is the greatest, (55% in average), and zinc, lead and iron fluctuate – about 9%, which is 6 times less than the manganese content. The rest of heavy metals (Cd, Cu, Co, Ni, Cr) occupy insignificant percentages in the soil, which range up to 5%.

**Key words:** *railway transport, protective forest plantations, soil pollution, mobile forms of heavy metals, maximum permissible concentration (MPC), hazard classes of chemical elements.*