

## ТЕХНОГЕННЕ НАВАНТАЖЕННЯ СХІДНОЇ ПРОМЗОНИ М. ЖИТОМИРА НА РОСЛИННИЙ ПОКРИВ ПРИЛЕГЛИХ ТЕРИТОРІЙ

Л.Д. Романчук, Т.П. Федонюк, Р.Г. Федонюк

*Житомирський національний агроекологічний університет*

*Наведено результати досліджень особливостей накопичення важких металів у ґрунті та фітомасі дикорослої рослинності з території, яка зазнає впливу Східної промзони м. Житомира. Діяльність підприємств Східної промзони зумовлює надходження в атмосферу неорганічного пилу, до складу якого входять токсичні сполуки та важкі метали, які переносяться на значні відстані, осідають та накопичуються у компонентах прилеглих екосистем. Визначено, що в нелокалізованому пилу накопичуються значні концентрації Mn, Zn, Pb, Cu, Fe, які зумовлюють підвищені рівні цих металів і у рослинному покриві екосистем.*

**Ключові слова:** важкі метали, забруднення, пил, емісія, накопичення.

Північна частина України, у т.ч. і м. Житомир, не належать до промислово розвиненого регіону, однак останнім часом кількість промислових об'єктів у області інтенсивно зростає. Особливого розвитку набули об'єкти хімічної, будівельної та легкої промисловості. У Житомирі кількість таких підприємств зросла у десятки разів, цілком закономірно, що їх поява неминуче призводить до збільшення техногенного навантаження на прилеглі до них екосистеми [1, 2].

Особливе занепокоєння викликає Східна промзона міста, яка об'єднує понад 40 різноспрямованих за характером виробництва підприємств. Серед них найбільше екологічне навантаження на прилеглі екосистеми чинить група промислових об'єктів, таких як ТОВ «Izovat», «Estrella», «Евроголд» та ін. Зважаючи на місцезонаштування досліджуваного промислового вузла, його слід розглядати як частину агросфери, адже у межах двокілометрової зони цих підприємств розміщуються сільськогосподарські угіддя, водні об'єкти, об'єкти лісового фонду, а також житлові мікрорайони.

Для всіх цих підприємств існують нормативи щодо допустимих викидів пилу

у навколишнє природне середовище та встановлено санітарно-захисні зони з максимальною величиною для заводів «Izovat» та «Estrella» — 300 м. Однак висока сконцентрованість хімічних, будівельних, переробних та низки інших підприємств на незначній території та накладання санітарно-захисних зон одна на одну ускладнює цю проблему. Розвиток промислового виробництва у східній частині м. Житомира, викиди якого становлять значну частку від валових викидів Житомирської обл., дає підстави віднести територію, прилеглу до джерела забруднення, до локальної техногенної геохімічної аномалії, що і обумовило актуальність комплексних екологічних досліджень надходження полютантів у природні екосистеми, їх акумуляції, міграції та реакції компонентів.

З огляду на це, метою роботи було встановлення особливостей техногенного забруднення території внаслідок діяльності підприємств Східної промзони та їх впливу на агроекосистеми, забруднення ґрунтів важкими металами; якості продукції рослинництва з наступним обґрунтування критеріїв стану довкілля та екологічної безпеки населення у зоні довготривалого впливу вказаних підприємств.

## МАТЕРІАЛИ ТА МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕНЬ

Для визначення впливу діяльності підприємств Східної промзони на елементи екосистем визначали вміст Mn, Zn, Pb, Cu та Fe у ґрунті та трав'янистій дикорослій рослинності досліджуваної території. Дослідження проводили відповідно до вимог чинних ДСТУ [3–10] та інших методичних матеріалів [11]. Зразки ґрунту і рослин відбирали у 20-ти місцях – по п'ять точок у чотирьох напрямках руху від зовнішніх меж підприємств Східної промзони.

Точки спостережень розміщувалися на різних відстанях (100–2000 м) від джерела забруднення за напрямками переважаючих вітрів. Координати точок спостережень, де відбирали зразки ґрунту та трав'янистої рослинності, фіксували GPS-навігатором Magellan для картографування території об'єкта (рис. 1). Перший маршрут було закладено у напрямку руху переважаючого північно-західного вітру, тобто у південно-східній частині території джерела емісії. У цій місцевості переважають дер-

нові глейові піщані та супіщані ґрунти ( $\text{pH}_{\text{водне}} 7,5$ , вміст гумусу – 1,98–3,88%). Другий маршрут закладено у східному напрямку, де переважають світло-сірі опідзолі ( $\text{pH}_{\text{водне}} 7,3$ –7,4, вміст гумусу – 1,58–2,61%), сірі опідзолі ( $\text{pH}_{\text{водне}} 7,27$ , вміст гумусу – 2,76%) ґрунти. Третій маршрут – на північний схід від джерела техногенної емісії – характеризується переважанням дернових глейових ґрунтів з  $\text{pH}_{\text{водним}} 7,1$  та вмістом гумусу 2,2–2,8%. У цьому напрямку вітри не такі сильні, як у південно-східному та північному, але ця територія розміщується між джерелами посиленої техногенної емісії і може зазнавати багаторазового техногенного забруднення внаслідок руху поверхневого стоку. Четвертий маршрут спрямовано на північ від джерела техногенної емісії, на території якого переважають дернові глейові ґрунти з  $\text{pH}_{\text{водним}} 7,2$  та вмістом гумусу 2,5–2,8%.

Під час проведення досліджень використовували низку стандартизованих методів та методик [9, 10]. Зразки ґрунту



Рис. 1. Локалізація джерела емісії та основні напрямки проведення маршрутних досліджень в зоні впливу підприємств Східної промзони м. Житомира

відбирали методом «конверта» — чотири точки у кутах ділянки і одна у центрі. Біля кожної точки відбирали ще по чотири проби. Тобто фактично один зразок складався з 20 точкових проб.

Зразки дикорослої рослинності відбирали у тих самих точках спостережень, що і зразки ґрунту. Загальна маса зразка — 1 кг сирової маси. Зразок об'єднував 10 точкових проб. Визначення вмісту рухомих форм важких металів у ґрунті здійснювали у відділі лабораторно-інструментального контролю Державної екологічної інспекції у м. Житомирі із застосуванням буферної амонійно-ацетатної витяжки (рН 4,8) на атомно-абсорбційному спектрофотометрі [3]. Отримані дані концентрацій важких металів оцінювали за відповідними методиками [5, 7, 8, 12].

Математичне моделювання проводили за допомогою пакета прикладних програм Microsoft Excel та STATISTICA 6.

## РЕЗУЛЬТАТИ ТА ЇХ ОБГОВОРЕННЯ

У східній частині м. Житомира розміщується близько 45 стаціонарних джерел викидів забруднювальних речовин, специфіка роботи яких передбачає виділення значних обсягів пилу та інших газопилових викидів. Виявлено, що внаслідок технологічної обробки сировини в пилових вики-

дах містяться високі концентрації важких металів Mn, Zn, Pb, Cu та Fe. На період активної вегетації рослин припадає 62% цих викидів.

Як свідчать результати досліджень, трав'яний покрив нагромаджував більше елементів — складових пилу — в південно-східному і південному напрямках, у 2–4 рази менше — у східному та північно-східному напрямках. Виявлено, що з віддаленням від Східної промзони найбільше в надземній фітомасі нагромаджується Mn, Zn та Fe. Це зумовлено високою концентрацією цих елементів у дрібнодисперсній фракції пилу.

Уміст Cu вимірювався у межах середніх значень, за винятком територій, які безпосередньо межують із джерелом емісії — 100 та 200 м.

Слід наголосити, що рухомі форми Cu розподілялися так: з посиленням впливу переважаючого північно-західного вітру відбувалася найінтенсивніша емісія території. Найбільше Cu накопичувалося на відстані від 1 км ( $12,18 \pm 0,152$  мг/кг), із наближенням до джерела емісії його концентрація зростала (до  $16,21 \pm 0,113$  мг/кг), за межами 1-кілометрової зони концентрація Cu у рослинах знижувалася, однак все одно перевищувала значення ГДК (5 мг/кг) [8]. Напрямки руху південного та

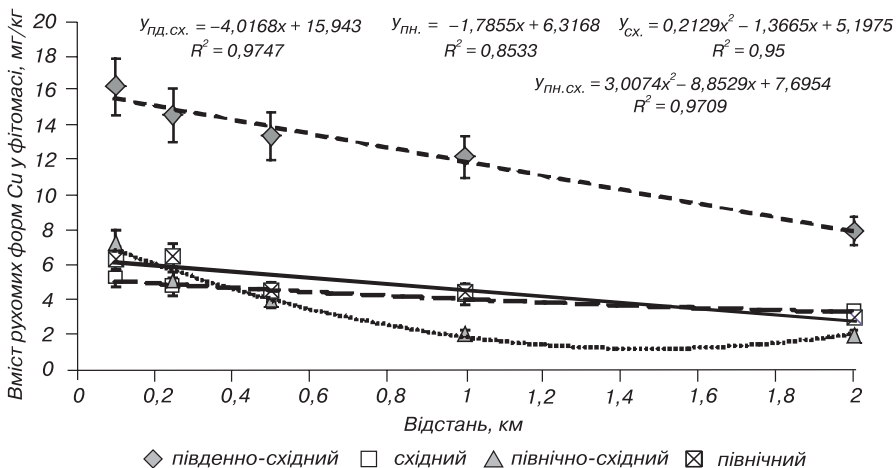


Рис. 2. Уміст рухомих форм Cu у компонентах агрофітоценозів на різній відстані від підприємств Східної промзони м. Житомира,  $M \pm m$ , мг/кг ( $n = 5$ )

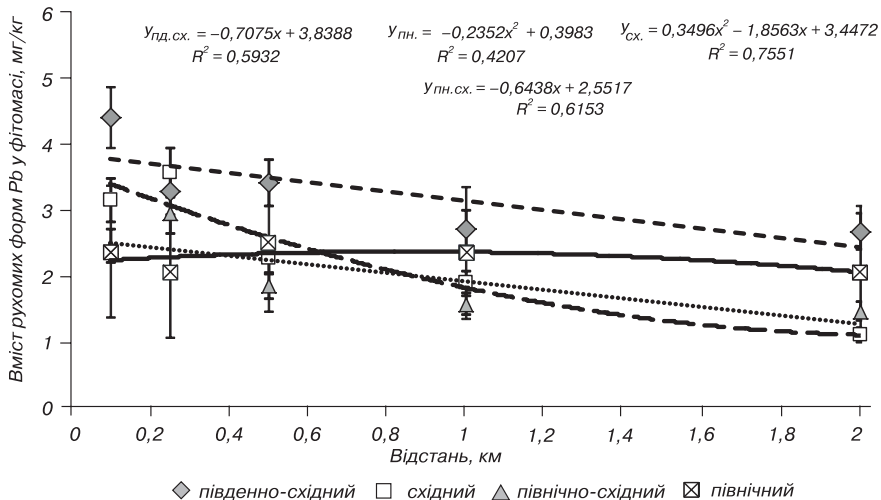
південно-західного вітру виявилися менш критичними щодо інтенсивної міграції  $Cu$ , де вміст рухомих форм елемента перевищував значення ГДК лише на відстані до 250 м, далі поступово спадав. Максимальний уміст рухомих форм  $Cu$  за цих умов сягав  $6,49 \pm 0,022$  та  $7,30 \pm 0,025$  мг/кг відповідно. Найменш критичним був напрямок руху західного вітру (у досліджуваній зоні трапляється не часто), максимальну концентрацію рухомих форм  $Cu$  за таких умов зафіксовано лише у безпосередній близькості від джерела емісії – на відстані 100 м –  $5,24 \pm 0,014$  мг/кг.

Аналогічна тенденція спостерігалася і з накопиченням рухомих форм  $Pb$ . Однак на всіх відстанях зафіксовано перевищення ГДК за вмістом  $Pb$  та  $Zn$  у рослинах. З віддаленням від джерела емісії у південно-східному напрямку концентрації рухомих форм  $Pb$  і  $Zn$  зменшувалися. Максимальна концентрація  $Pb$  була зафіксована на відстані 100 м –  $4,41 \pm 0,012$  мг/кг, майже вдвічі менші концентрації  $Pb$  виявлено на цій самій відстані у північно-східному та північному напрямках –  $2,45 \pm 0,013$  та  $2,36 \pm 0,004$  мг/кг відповідно (рис. 3). З віддаленням від джерела емісії вміст рухомих форм  $Pb$  знижувався, і на відстані 1 км був удвічі меншим (рис. 3). Максимальна

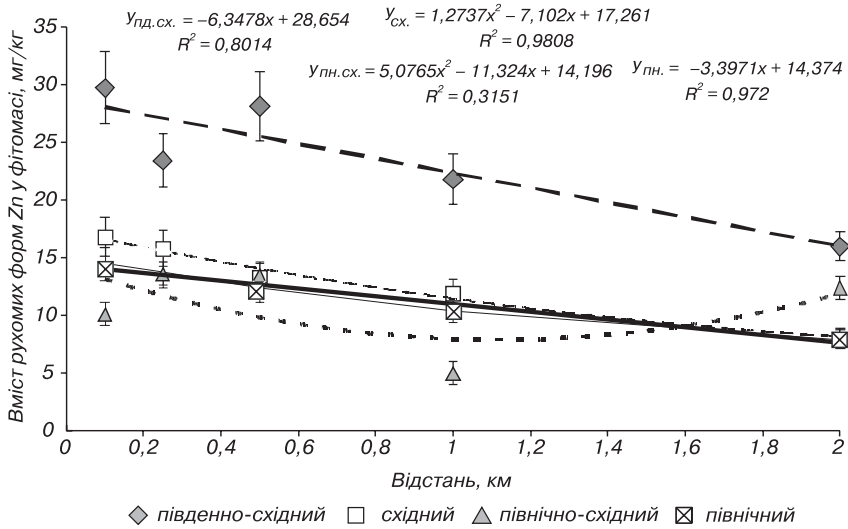
концентрація  $Zn$  спостерігалася на відстані 100 м –  $29,66 \pm 0,065$  мг/кг у південно-східному напрямку від джерела емісії, нижчі концентрації  $Zn$  зафіксовано на цій самій відстані у східному, північно-східному та північному напрямках –  $16,77 \pm 0,022$ ,  $10,05 \pm 0,053$  та  $14,43 \pm 0,024$  мг/кг відповідно. З віддаленням від джерела емісії вміст рухомих форм  $Zn$  знижувався, і на відстані 1 км був меншим більш ніж удвічі (рис. 4).

Дещо інший характер емісії порівняно з попередніми елементами спостерігався щодо рухомих форм  $Mn$ . Адже цей елемент становить значну частку дрібнодисперсного пилу, який з вітровими потоками переноситься на значні відстані і осідає у більш віддалених від джерела емісії ландшафтах.

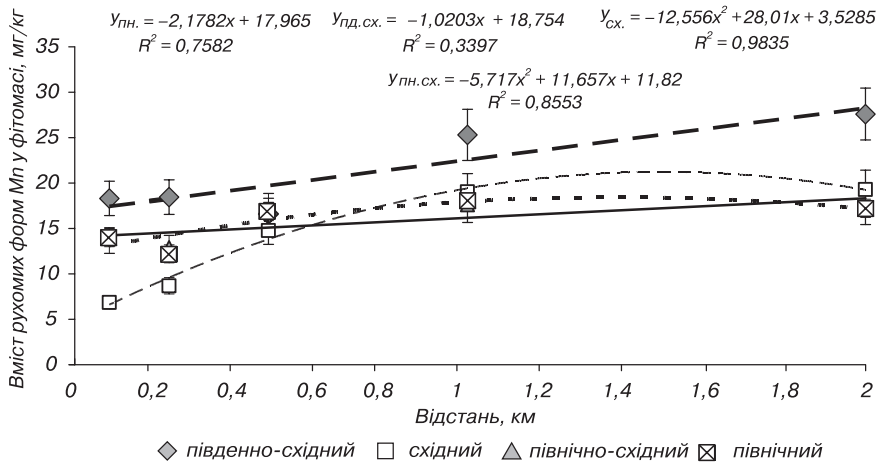
Слід відзначити високі концентрації рухомих форм  $Mn$  на всіх досліджуваних відстанях від джерела емісії, до того ж у напрямку переважаючого північно-західного вітру спостерігалися найвищі його концентрації у фітомасі рослин – максимальні значення вмісту  $Mn$  зафіксовано на відстані 1 та 2 км від джерела емісії –  $25,3 \pm 0,033$  та  $27,6 \pm 0,012$  мг/кг відповідно (рис. 5). Нижчі показники накопичення  $Mn$  зафіксовано за іншими напрямками руху від джерела емісії, однак загальна



**Рис. 3.** Уміст рухомих форм  $Pb$  у компонентах агрофітоценозів на різних відстані від підприємств Східної промзони м. Житомира,  $M \pm m$ , мг/кг ( $n = 5$ )



**Рис. 4.** Уміст рухомих форм Zn у компонентах агрофітоценозів на різній відстані від підприємств Східної промзони м. Житомира,  $M \pm m$ , мг/кг ( $n = 5$ )



**Рис. 5.** Уміст рухомих форм Mn у компонентах агрофітоценозів на різній відстані від підприємств Східної промзони м. Житомира,  $M \pm m$ , мг/кг ( $n = 5$ )

тенденція міграції цього елемента була характерною і для них — із віддаленням від території Східної промзони концентрація рухомих форм Mn зростала.

Схожа тенденція спостерігалася і з накопиченням рухомих форм Fe (рис. 6).

Максимальні концентрації цього металу у фітомасі рослин спостерігалися не безпосередньо поблизу джерела емісії, а на певній відстані. Зокрема, максимальні

його концентрації зафіксовано на відстані від 250 м до 1 км: для південно-східного та північного напрямків (переважаючих вітрів) — на відстані 500 м ( $19,44 \pm 0,033$  та  $20,72 \pm 0,026$  мг/кг відповідно), у інших напрямках перенесення цього елемента було дещо слабшим, тому найвищі концентрації Fe зафіксовано на відстані 250 м у східному ( $20,92 \pm 0,015$  мг/кг) та у північно-східному ( $13,88 \pm 0,022$  мг/кг) напрямках.

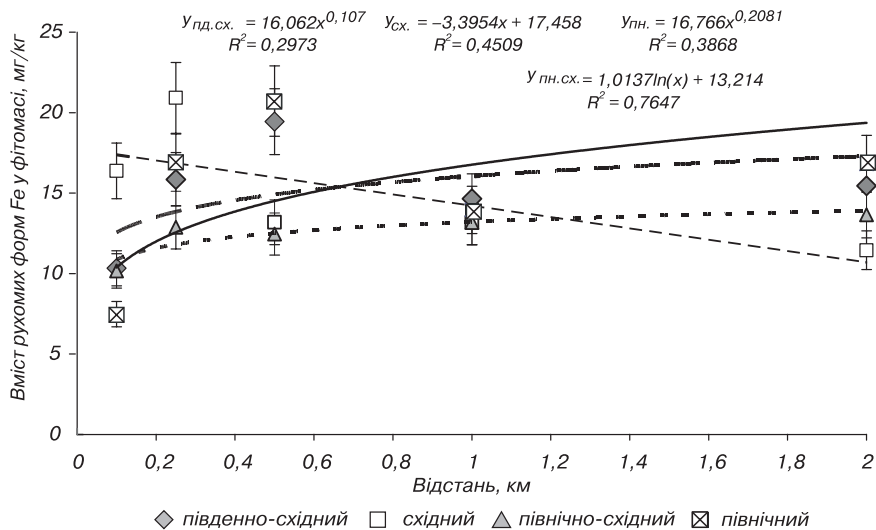


Рис. 6. Вміст рухомих форм Fe у компонентах агрофітоценозів на різній відстані від підприємств Східної промзони м. Житомира,  $M \pm m$ , мг/кг ( $n = 5$ )

## ВИСНОВКИ

Особливості накопичення двох груп металів у рослинних зразках території зони впливу підприємств Східної промзони м. Житомира відрізняються здатністю до повітряної міграції залежно від того, до якої фракції пилу вони належать. Діяльність підприємств, розташованих у цій зоні, зу-

мовлює надходження в атмосферу неорганічного пилу, до складу якого входять токсичні сполуки та важкі метали. Пил містить від 25 до 80% тонкодисперсних фракцій, що зумовлює його перенесення на відстань понад 2 км від джерела забруднення. В нелокалізованому пилу містяться значні концентрації Mn, Zn, Pb, Cu, Fe.

## ЛІТЕРАТУРА

1. Romanchuk L.D. The model of landscape vegetation influence on the mass transfer processes / L.D. Romanchuk, T.P. Fedonyuk, R.G. Fedonyuk // Biosystems Diversity. — 2017. — Vol. 25. — No. 3. — P. 203–209.
2. Romanchuk L.D. Radiomonitoring of plant products and soils of Polissia during the long-term period after the disaster at the Chernobyl Nuclear Power Plant / L.D. Romanchuk, T.P. Fedonuk, G.O. Khant // Regulatory Mechanisms in Biosystems. — 2017. — Vol. 8. — No. 3. — P. 444–454.
3. Якість ґрунту. Визначення вмісту рухомих сполук марганцю (цинку, кадмію, заліза, кобальту, міді, нікелю, хрому, свинцю) в ґрунті в буферній амонійно-ацетатній витяжці з рН 4,8 методом атомно-абсорбційної спектрофотометрії: ДСТУ 4770.1-9:2007. — [Чинний від 01.01.2009 р.]. — К.: Держстандарт України, 2009. — 9 с. — (Національний стандарт України).
4. Охорона навколишнього природного середовища. Комплекс стандартів у сфері охорони ґрунтів: ДСТУ 4976: 2008. — [Чинний від 01.01.2009 р.]. — К.: Держстандарт України, 2009. — 9 с. — (Національний стандарт України).
5. Якість ґрунту. Землі техногенно забруднені. Обстеження та використання: ДСТУ 7243:2011. — [Чинний від 2012-01-01]. — К., 2012. — 12 с. — (Національний стандарт України).
6. Якість ґрунту. Агрохімічна паспортизація земель сільськогосподарського призначення. Організаційні роботи під час польових досліджень: ДСТУ 7837:2015. — [Чинний від 2016-07-01]. — К.: УкрНДНЦ, 2016. — 11 с. — (Національний стандарт України).
7. Охорона ґрунтів. Деградація ґрунтів. Основні положення: ДСТУ 7874:2015. — [Чинний від 2016-07-01]. — К.: УкрНДНЦ, 2016. — 9 с. — (Національний стандарт України).
8. Охорона ґрунтів. Екологічне нормування антропогенного навантаження на ґрунтовий покрив. Основні положення: ДСТУ 7875:2015. — [Чинний від 2016-07-01]. — К.: УкрНДНЦ, 2016. — 5 с. — (Національний стандарт України).

9. Якість ґрунту. Відбирання проб. — Ч. 2. — Настанови з методів відбирання проб: ДСТУ ISO 10381-2:2004. — [Чинний від 2006-04-01]. — К.: Держспоживстандарт України, 2006. — 12 с. — (Національний стандарт України).
10. Ґрунти. Відбирання, упакування, транспортування і зберігання зразків: ДСТУ Б В.2.1-8-2001. — [Чинний від 01.04.2002 р.]. — К.: Держстандарт України, 2002. — 23 с. — (Національний стандарт України).
11. Методика суцільного ґрунтово-агрохімічного моніторингу сільськогосподарських угідь України / За ред. акад. О.О. Созінова і Б.С. Прістера. — К.: МСГ і П., 1994. — 162 с.
12. Охрана природы. Почвы. Классификация химических веществ для контроля загрязнения: ГОСТ 17.4.1.02-83. — [Введен в действие от 01.01.1985 г.]. — М.: Стандартиформ, 2008. — 4 с. — (Межгосударственный стандарт).

## REFERENCES

1. Romanchuk, L.D., Fedonyuk, T.P., Fedonyuk, R.G. (2017). The model of landscape vegetation influence on the mass transfer processes. *Biosystems Diversity*, 25 (3), 203–209 [in English].
2. Romanchuk, L.D., Fedonuk, T.P., Khant, G.O. (2017). Radiomonitoring of plant products and soils of Polissia during the long-term period after the disaster at the Chernobyl Nuclear Power Plant. *Regulatory Mechanisms in Biosystems*, 8 (3), 444–454 [in English].
3. Іакіст ґрунту. Vyznachennia vmistu rukhomykh spolkov marhantsiu (tsynku, kadmiu, zaliza, kobaltu, midi, nikeliu, khromu, svyntsiu) v ґрунти v bufernii amoniino-atsetatnii vytiazhtsi z pH 4,8 metodom atomno-absorbtsiinoi spektrofotometrii [Soil quality. The definition of the content of mobile compounds of manganese (zinc, cadmium, iron, cobalt, copper, nickel, chromium, lead) in the soil in the buffer ammonium-acetate the hood with a pH 4,8 method of atomic-absorption spectrophotometry]. (2009). *DSTU 4770.1-9:2007 from 01<sup>th</sup> January 2009*. Kyiv: Derzhstandart Ukrainy [in Ukrainian].
4. Okhorona navkolyshnoho pryrodnoho seredovshcha. Kompleks standartiv u sferi okhorony hruntiv [Protection of the environment. A set of standards in the field of soil protection]. (2009). *DSTU 4976: 2008 from 01<sup>th</sup> January 2009*. Kyiv: Derzhstandart Ukrainy [in Ukrainian].
5. Іакіст ґрунту. Zemli tekhnohenno zabrudneni. Obstezhennia ta vykorystannia [The quality of the soil. The lands are technically contaminated. Survey and use]. (2012). *DSTU 7243:2011 from 01<sup>th</sup> January 2012*. Kyiv: Derzhstandart Ukrainy [in Ukrainian].
6. Іакіст ґрунту. Ahrokhimichna pasportyzatsiia zemel silskohospodarskoho pryznachennia. Orhanizatsiini roboty pid chas polovykh doslidzhen [The quality of the soil. Agrochemical certification of agricultural land. Organizational work during field research]. (2016). *DSTU 7837:2015 from 01<sup>th</sup> July 2016*. Kyiv: UkrNDNTs [in Ukrainian].
7. Okhorona gruntiv. Dehradatsiia gruntiv. Osnovni polozhennia [Soil protection. Degradation of soils. Substantive provisions]. (2016). *DSTU 7874:2015 from 01<sup>th</sup> July 2016*. Kyiv: UkrNDNTs [in Ukrainian].
8. Okhorona gruntiv. Ekolohichne normuvannia antropohenno navantazhennia na ґруntovyi pokryv. Osnovni polozhennia [Soil protection. Ecological normulation of anthropogenic loading on the soil cover. Substantive provisions]. (2016). *DSTU 7875:2015 from 01<sup>th</sup> July 2016*. Kyiv: UkrNDNTs [in Ukrainian].
9. Іакіст ґрунту. Vidbyrannia prob. Chastyna 2. Nastanovy z metodiv vidbyrannia prob [The quality of the soil. Sampling Part 2. Guidance on sampling methods]. (2006). *DSTU ISO 10381-2:2004 from 01<sup>th</sup> April 2006*. Kyiv: Derzhspozhyvstandart Ukrainy [in Ukrainian].
10. Hrunty. Vidbyrannia, upakovannia, transportuvannia i zberihannia zrazkiv [Soils Sampling, packing, transportation and storage of samples] (2002). *DSTU B V.2.1-8-2001 from 01<sup>th</sup> April 2002*. Kyiv: Derzhstandart Ukrainy [in Ukrainian].
11. Sozinov, O.O., Pristera, B.S. (Eds.). (1994). *Metodyka sutsilnoho ґруntovo-ahrokhimichnoho monitorynhu silskohospodarskykh uhid Ukrainy [Method of solid ground-agrochemical monitoring of agricultural lands in Ukraine]*. Kyiv: MSH і P. [in Ukrainian].
12. Okhrana pryrody. Pochvy. Klassyfykatsiia khymycheskykh veshchestv dlia kontroliia zahriazneniia [Nature protection. Soils. Classification of chemical for pollution control]. (2008). *HOST 17.4.1.02-83 from 01<sup>th</sup> January 1985*. Moskva: Standartyinform [in Russian].