

УДК 550.423:504.064.2

НОРМУВАННЯ ПОЕЛЕМЕНТНОГО ТА ПОЛІЕЛЕМЕНТНОГО ЗАБРУДНЕННЯ ҐРУНТУ ВАЖКИМИ МЕТАЛАМИ ЗА ДОПОМОГОЮ ҐДК

Яковишина Т. Ф., к.с.-г.н., доц.

Кафедра екології та охорони навколишнього середовища, Державний вищий навчальний заклад “Придніпровська державна академія будівництва та архітектури”, вул. Чернишевського, 24-а, 49600, Дніпропетровськ, Україна, тел. +38 (0562) 469371, e-mail: t_yakovyshyna@ukr.net, ORCID ID: 0000-0002-5924-7847

Анотація. Постановка проблеми. Завдяки своїм екологічним функціям, як то родючість, підтримка енергетичного, газо-атмосферного, водного балансу, ґрунт є незамінним та невідновним компонентом в урбоєкосистемі, що, по-перше, виконує роль сполучної ланки між її іншими абіотичними та біотичними складовими, а, по-друге, виступає біогеохімічним бар’єром на шляху міграції різноманітних токсикантів. Найбільш небезпечними забруднювачами урбоєкосистем є важкі метали (ВМ), умовно до цієї групи входять елементи з атомною масою більш ніж 50 а.п.м. (Ni, Cu, Zn, Cd, Pb, Hg та ін.), котрі мають властивості металів або металоїдів і є токсичним для людини і біоти. Тому нормування елементного та поліелементного забруднення ґрунту урбоєкосистем ВМ має велике науково-практичне значення для стійкого розвитку мегаполісів, адже дає змогу встановити рівень екологічної небезпеки за санітарно-гігієнічними показниками для населення.

Мета. Полягала у нормуванні надлишкового вмісту ВМ ґрунту урбоєкосистем за допомогою санітарно-гігієнічного показника – ҐДК шляхом порівняння відповідності оцінок елементного та поліелементного забруднення на прикладі м. Дніпропетровська. Для екологічної оцінки забруднення ґрунтів урбоєкосистеми м. Дніпропетровська ВМ була сформована мережа екомоніторингу шляхом нанесення сітки (2 км × 2 км) на його територію, що, в свою чергу, надало можливість виділити 65 ключових ділянок відбору проб. У відібраних зразках визначали валовий вміст Cd, Pb, Zn, Cu і Ni атомно-абсорбційним методом після кислотної обробки ґрунту. Нормування поелементного забруднення ґрунту ВМ проводили за ступенем деградації, а поліелементного – використовуючи індекс забруднення ґрунту (ІЗГ). **Висновок.** Науково підтверджена необхідність застосування санітарно-гігієнічного нормативу – ҐДК для нормування забруднення ґрунту урбоєкосистем ВМ, адже це надає змогу встановити його ступень небезпеки для здоров’я населення. На території м. Дніпропетровська спостерігаються окремі hot spots за Cu, Zn та Pb, внаслідок накладання яких за значеннями ІЗГ встановлено, що більша частина ґрунтів відноситься до категорій проблемної та забрудненої ВМ. Доведено, що визначенням ІЗГ, як середнього із сумачії по елементам нівелює кратність за групами токсичності окремих ВМ, отже запропонований інтегральний сумарний показник не завжди відбиває ступінь екологічної небезпеки при порушенні санітарно-гігієнічних норм.

Ключові слова: нормування, ґрунт, важкі метали, екологічна оцінка, забруднення.

НОРМИРОВАНИЕ ПОЭЛЕМЕНТНОГО И ПОЛИЭЛЕМЕНТНОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ ПОЧВЫ ТЯЖЁЛЫМИ МЕТАЛЛАМИ С ПОМОЩЬЮ ПДК

Яковишина Т. Ф., к.с.-х.н., доц.

Кафедра экологии и охраны окружающей среды, Государственное высшее учебное заведение “Приднепровская государственная академия строительства и архитектуры”, ул. Чернышевского, 24-а, 49600, Днепропетровск, Украина, тел. +38 (0562) 469371, e-mail: t_yakovyshyna@ukr.net, ORCID ID: 0000-0002-5924-7847

Аннотация. Постановка проблемы. Благодаря своим биологическим функциям, таким как плодородие, поддержка энергетического, газо-атмосферного, водного баланса, почва является незаменимым и невосполнимым компонентом в урбоэкоистеме, что, во-первых, выполняет роль связующего звена между ее другими абитическими и биотическими составляющими, а, во-вторых, выступает биогеохимическим барьером на пути миграции различных токсикантов. Наиболее опасными загрязнителями урбоэкоистем являются тяжелые металлы (ТМ), условно в эту группу входят элементы с атомной массой более 50 а.е.м. (Ni, Cu, Zn, Cd, Pb, Hg и др.), которые имеют свойства металлов или металлоидов и являются токсичным для человека и биоты. Поэтому нормирование элементного и полиэлементного загрязнения почвы урбоэкоистем ТМ имеет большое научно-практическое значение для устойчивого развития мегаполисов, ведь это позволяет установить уровень опасности согласно санитарно-гигиеническим показателям для населения. **Цель.** Заключалась в нормировании избыточного содержания ТМ почвы урбоэкоистем с помощью санитарно-гигиенического показателя – ПДК путем сравнения соответствия оценок элементного и полиэлементного загрязнения на примере г. Днепропетровск. Для экологической оценки загрязнения почв урбоэкоистемы г. Днепропетровская ТМ была сформирована сеть экомониторинга путем нанесения сетки (2 км × 2 км) на его территорию, что, в свою очередь, позволило выделить 65 ключевых участков отбора проб. В отобранных образцах определяли валовое содержание Cd, Pb, Zn, Cu и Ni атомно-абсорбционным методом после кислотной обработки почвы. Нормирование поэлементного загрязнения почвы ТМ проводили по степени деградации,

а полиэлементного – используя индекс загрязнения почвы (ИЗП). **Вывод.** Научно подтверждена необходимость применения санитарно-гигиенического норматива – ПДК для нормирования загрязнения почвы урбоекосистем ТМ, ведь это дает возможность установить ее степень опасности для здоровья населения. На территории г. Днепропетровска наблюдаются отдельные hot spots по Cu, Zn и Pb, в результате наложения которых по значениям ИЗП установлено, что большая часть почв относится к категориям проблемной и загрязненной ТМ. Доказано, что определение ИЗП, как среднего из суммации по элементам нивелирует кратность по группам токсичности отдельных ТМ, следовательно, предложенный интегральный суммарный показатель не всегда отражает степень опасности при нарушении санитарно-гигиенических норм.

Ключевые слова: нормирование, почва, тяжелые металлы, экологическая оценка, загрязнение.

RATIONING OF ELEMENTAL AND POLYELEMENTAL POLLUTION OF SOIL BY HEAVY METALS WITH MPC

Yakovyshyna T.F., *Ph.D., assistant professor*

Department of Ecology and Environmental Protection, State Higher Education Establishment “Pridneprovsk State Academy of Civil Engineering and Architecture”, 24-A, Chernishevskogo str., Dnipropetrovsk, 49600, Ukraine, tel. +38 (0562) 469371, e-mail: t_yakovyshyna@ukr.net, ORCID ID: 0000-0002-5924-7847

Summary. Raising of problem. According to biological functions, such as fertility, balance support of the energy, gas in atmosphere, water, soil is an indispensable and irreplaceable component in the urban ecosystem, something, firstly, plays role a link between its other abiotic and biotic components and, secondly, serves biogeochemical barrier to the migration of the various toxicants. In the urban ecosystems, the most dangerous pollutants are heavy metals (HM), conventionally, this group includes elements with an atomic mass of 50 a.m.u. (Ni, Cu, Zn, Cd, Pb, Hg and others). They have properties of metals or metalloids and are toxic to the humans and biota. Therefore, rationing of a rationing of the elemental and polyelemental pollution of the urban soil by HM has great scientific and practical importance for the sustainable development of megacities. It allows setting the level of danger according to the sanitary indicators for the population. **Purpose.** Conduct a rationing of excess content of HM in the urban soil using hygienic indicator - MAC by comparing the conformity assessment element and polyelement pollution on the example of Dnepropetrovsk. The ecological monitoring network has been formed by applying a grid (2 km × 2 km) on territory for ecological assessment of soil pollution of Dnepropetrovsk urboecosystem by HM. It is possible to identify 65 key sampling sites. The total content of Cd, Pb, Zn, Cu and Ni was determined in selected samples by the atomic absorption method after acid treatment of the soil. Rationing of the elemental and polyelemental pollution by HM was conducted according to the degradation degree and polyelement – using soil pollution index (SPI). **Conclusion.** Research confirmed the need for the application of the sanitary and hygienic standards – MACs for rationing of the urban soil pollution by HM, because this makes it possible to set the danger degree to the public health. There are some hotspots with Cu, Zn and Pb on the territory of Dnepropetrovsk. The categories of problem and polluted soils by HM have been found by imposing values of SPI. The determination of SPI as the average of the elements summation negates the multiplicity of toxic groups of the certain HM, therefore, proposed integrated total index does not necessarily reflect the danger degree in case of the violation of hygienic standards.

Key words: rationing, soil, heavy metals, ecological assessment, pollution.

Вступ. Завдяки своїм екологічним функціям, як то родючість, підтримка енергетичного, газо-атмосферного, водного балансу, ґрунт є незамінним та невідновним компонентом в урбоекосистемі, що, по-перше, виконує роль сполучної ланки між її іншими абіотичними та біотичними складовими, а, по-друге, виступає біогеохімічним бар'єром на шляху міграції різноманітних токсикантів. Найбільш небезпечними забруднювачами урбоекосистем є важкі метали (ВМ), умовно до цієї групи входять елементи з атомною масою більш ніж 50 а.п.м. (Ni, Cu, Zn, Cd, Pb, Hg та ін.), котрі мають властивості металів або металоїдів і є токсичним для людини і біоти. Деякі з них відомі як мікроелементи, приміром Cu, Zn, Mo, значущість яких в процесі метаболізму живих організмів науково доведена, проте в надлишкових кількостях вони здатні проявляти токсичні ефекти потрапляючи в організм людини. Тому нормування елементного та поліелементного забруднення ґрунту урбоекосистем ВМ має велике науково-практичне значення для стійкого розвитку мегаполісів, адже дає змогу встановити рівень

екологічної небезпеки за санітарно-гігієнічними показниками для населення.

Аналіз публікацій по темі. На разі існує два методологічних підходи щодо нормування забруднення ґрунту ВМ, а саме, по відношенню до фонові концентрації [8, 14, 15] та санітарно-гігієнічного нормативу – ГДК [4, 9, 16]. Серед переваг застосування ГДК для встановлення ступеня забруднення ВМ ґрунту слід визнати наступне:

1. Визначення величини нормативу проводять за екстремальних ґрунтово-кліматичних умов, що дає можливість максимально оцінити міграцію металів у контактуючі з ґрунтом середовища. Це реалізується шляхом проведення експерименту на піщаній культурі, яка моделює умови мінімальної буферної здатності, а отже максимальної рухомості ВМ.

2. Гігієнічні нормативи встановлюються з урахуванням лімітуючих показників шкідливості, а саме: загально санітарного – вплив токсикантів на процес самоочищення ґрунту і ґрунтовий мікробіоценоз; міграційного водного – концентрація шкідливої речовини в ґрунті, за якої в контактуючій з

грунтом воді її вміст сягає ГДК; міграційного повітряного – концентрації шкідливої речовини в ґрунті, за якої її вміст в приземному шарі атмосфери сягає ГДК; органолептичного – вплив на зміну смаку, запаху, кольору, фітоаккумуляційного – перехід та накопичення в рослинах; санітарно-токсикологічного – урахування можливості надходження речовин, які містяться в ґрунті в організм людини одночасно декількома шляхами з пилом, повітрям, питною водою, продуктами харчування, тощо [10].

3. Визначення нормативу приводиться з урахуванням міграційної здатності металів, отже окремо нормативи встановлюються для валового вмісту і рухомих форм.

4. За умов прийнятої норми вмісту у ґрунті ВМ, пересуваючись трофічними ланцюгами, не повинні негативно впливати на здоров'я людини.

Системи нормування елементного забруднення ґрунту ВМ, запропоновані В.Б. Ільїним (1995) [4] та

В.В. Снакіним (1992) [10], мають деякі невідповідності (табл. 1 та 2), однак пріоритет має остання, тому що при визначенні деградації було враховано ступінь токсичності елементів, адже не всі ВМ є елементами першої групи небезпеки, крім того їх токсичний вплив на живі організми сильно розрізняється.

Таблиця 1

Нормування елементного забруднення ВМ ґрунтів за В.Б. Ільїним (1995) [4] / Rationing of the elemental soils contamination of the heavy metals by V.B. Ilin (1995) [4]

| Перевищення ГДК | Рівень забруднення |
|-----------------|--------------------|
| 1-3 | низький |
| 3-5 | середній |
| > 5 | високий |

Таблиця 2

Нормування ступеня деградації ґрунтів через забруднення ВМ за В.В. Снакіним (1992) [10] / Rationing of the degradation degree of the soil for the heavy metal contamination by V.V. Snakin (1992) [10]

| Кратність ГДК | Ступень деградації | | | | |
|-----------------------|--------------------|---------|----------|------------|---------|
| | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 |
| I група токсичності | < 1 | 1,0-2,0 | 2,1-3,0 | 3,1-5,0 | > 5 |
| II група токсичності | < 1 | 1,0-3,0 | 3,1-5,0 | 5,1-10,0 | > 10,0 |
| III група токсичності | < 1 | 1,0-5,0 | 5,1-20,0 | 20,1-100,0 | > 100,0 |

Нормування поліелементного забруднення ґрунту ВМ було запропоновано здійснювати за оцінкою індексу забруднення ґрунту (ІЗГ) [16]

$$ІЗГ = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n 100 \cdot \frac{C_i}{C_{ГДК}}$$

де n – кількість досліджуваних ВМ; C_i – концентрація ВМ в ґрунті конкретно взятої ділянки (мг/кг); $C_{ГДК}$ – ГДК ВМ в ґрунті (мг/кг).

Показник ІЗГ надає змогу порівнювати результати отримані на різних територіях, він фактично є інтегральним рівнем ГДК. М.О. Богдановим (2013) було дещо спрощено розрахунок оцінки ІЗГ [1] та запропоновано його нормування.

$$ІЗГ = \sum_n^i \left(\frac{C_i}{C_{ГДК}} \right) / n = \sum_n^i (K_o) / n$$

де K_o – коефіцієнт небезпеки.

Серед переваги ІЗГ слід визнати комплексний характер оцінки, здатність адаптувати вітчизняну систему оцінки до закордонної та можливість діагностувати еколого-гігієнічний стан земель різного функціонального призначення, що є вкрай важливим при нормуванні забруднення ґрунтів урбоєкосистем. Проте виникає необхідність у

визначенні сполучності оцінок елементного та поліелементного забруднення ВМ.

Мета роботи полягала у нормуванні надлишкового вмісту ВМ в ґрунтах урбоєкосистем за допомогою санітарно-гігієнічного показника – ГДК шляхом порівняння відповідності оцінок елементного та поліелементного забруднення на прикладі м. Дніпропетровська.

Методика. Для екологічної оцінки забруднення ґрунтів урбоєкосистеми м. Дніпропетровська ВМ була сформована мережа екомоніторингу шляхом нанесення сітки (2 км × 2 км) на його територію, що, в свою чергу, надало можливість виділити 65 ключових ділянок відбору проб з наступним розподіленням: лівобережжя – 21, правобережжя – 44; за районами – Амур-Нижньодніпровський – 13, Індустріальний – 5, Новокодацький – 12, Самарський – 8, Соборний – 8, Центральний – 3, Чечеловський – 9, Шевченківський – 7; за характером функціонального призначення – промислова зона – 9, висотна забудова – 13, приватний сектор – 26, зелена (рекреаційна) зона – 17. В ході проведення польового ґрунтового-геохімічного дослідження були обрані ключові ділянки, як найменші геоморфологічні одиниці ландшафту, котрі в достатній мірі відображали генезис і властивості ґрунту, ґрунотворної породи, рельєфу, рослинності, гідрології території та її використання. Досліджувані ґрунти були представлені хемоземом, безпосередньо, територія промислових підприємств та урбаноземом,

який відрізнявся за типом порушення ґрунтового профілю, а саме: перемішаний – санітарно-захисна зона промислових підприємств, насипний – висотна забудова, агрогенний – присадибні ділянки приватного сектору. Проби ґрунту відбирали методом конверту з глибини 0-10 см, репрезентативна проба складалася з 25 індивідуальних проб [13].

У відібраних зразках після усереднення визначали валовий вміст Cd, Pb, Zn, Cu і Ni атомно-абсорбційним методом після кислотної обробки ґрунту за стандартними методиками [6, 7]. Обробку отриманих результатів здійснювали з використанням методів математичної статистики [5]. Нормування поелементного забруднення ґрунту ВМ проводили за методикою В.В. Снакіна (1992) [10], а поліелементного – використовуючи ІЗГ М.О. Богданова (2013) [1].

Результати досліджень та їх обговорення. Cu – біологічно незамінний мікроелемент вкрай необхідний для нормальної життєдіяльності рослин, тварин і людини, так її вміст в живій речовині становить $2 \cdot 10^{-2} \%$. Проте надлишок цього елемента у тварин викликає ураження печінки і розвиток жовтухи, у людини гострий панкреатит, виразку, бронхіальну астму [2], може призвести до гіпертонічної кризи [12]. Кларк Cu в земній корі за О.П. Виноградим (1957) становить $4,7 \cdot 10^{-3} \%$, а в ґрунті – $2,0 \cdot 10^{-3} \%$, в той час як в чорноземах звичайних малогумусних важкосуглинкових її вміст знаходиться в межах 15-44 мг/кг [11], що відповідає 0,15-0,44 ГДК. Серед джерел надходження Cu в навколишнє середовище з подальшим депонуванням в ґрунті слід особливо відзначити підприємства кольорової металургії, транспорт, зварювання, гальванізацію, спалювання палива [2]. Валовий вміст Cu сягав від 3,16 до 363,51 мг/кг, проте значення урбанізованого фону не перевищувало ГДК – 29,06 мг/кг, отже деградації ґрунту внаслідок забруднення цим елементом майже не було. Тільки на 6 ділянках відбору проб спостерігалось незначне перевищення норм ГДК – до 1,75 разів за виключенням ділянки, яка розташована в Краснопіллі – в 6,6 рази.

Pb – елемент першого класу токсичності, що призводить до порушень у нервовій системі, крові та судинах, знижує резистентність імунного статусу, а також активно впливає на синтез білку, енергетичний баланс клітини та її генетичний апарат [12]. Кларк Pb в літосфері перевищує аналогічний показник в ґрунті в 1,6 рази, а саме $1,6 \cdot 10^{-3} \%$ і $1,0 \cdot 10^{-3} \%$ відповідно. В чорноземах звичайних малогумусних важкосуглинкових його вміст коливається в межах 16-22 мг/кг [11] (0,53-0,73 ГДК). Pb надходить до ґрунту з викидами металургійних, металооброблювальних, машинобудівних та хімічних підприємств [2]. На території міста валовий Pb знаходився в межах 6,74-429,67 мг/кг, а урбанізований геохімічний фон становив 65,86 мг/кг або 2,2 ГДК (третій ступень деградації). Майже на

2/3 території міста було визначено забруднення цим елементом.

Zn відзначається високою технофільністю та біофільністю, отже має широкий діапазон впливу на живі організми. Так його надлишок в організмі людини призводить до шлунково-кишкових розладів, гіпохромної анемії, карієсу зубів, ішемічної хвороби [2]. Значення кларку у літосфері для Zn становить $8,3 \cdot 10^{-3} \%$, а в ґрунті – $5,0 \cdot 10^{-3} \%$, за умов фонові концентрації в чорноземах звичайних малогумусних важкосуглинкових 34-100 мг/кг [11], тобто верхнє значення межує з ГДК. Підвищення вмісту Zn в ґрунтах урбоєкосистеми зумовлюється наявністю промислових підприємств з виробництва кольорових металів, чавуна і сталі, скла і цементу, а також роботи ТЕС і автотранспорту. Вміст валового Zn в ґрунтах м. Дніпропетровська становив від 15,27 до 959,11 мг/кг за умов урбанізованого геохімічного фону на рівні 290,99 мг/кг або 2,9 ГДК (перший ступень деградації). На 47 ділянках відбору проб по території міста спостерігалось перевищення рівня ГДК щодо цього елемента.

Cd може спричиняти ембіотропну, мутагенну та канцерогенну дію, призводить до ураження центральної нервової системи, серця, нирок, печінки, хребтової мускулатури, кліткової тканини, руйнує еритроцити [2]. Значення кларків в літосфері та ґрунті були найнижчі серед досліджуваних елементів $1,3 \cdot 10^{-6} \%$ і $5,0 \cdot 10^{-5} \%$ відповідно, а вміст у чорноземі звичайному малогумусному важкосуглинковому – 0,39 мг/кг, що в нативних умовах на порядок нижче за ГДК. Надлишкові кількості Cd в міських ґрунтах продукують викиди підприємств чорної та кольорової металургії, а також робота комунального господарства при переробці й утилізації ТБО [2]. Концентрація валового Cd в ґрунтах м. Дніпропетровська знаходилась в межах ГДК (деградація відсутня), так значення урбанізованого фону було на рівні 0,59 при розмаху мінімуму та максимуму – 0,133 та 1,647 мг/кг відповідно.

Ni негативно впливає тільки на функцію зору [12]. В земній корі Ni міститься $5,8 \cdot 10^{-3} \%$, що відбивається на кларці цього елемента в ґрунті $4,0 \cdot 10^{-3} \%$. В чорноземах звичайних малогумусних важкосуглинкових фонові концентрації його валового вмісту може сягати 25 мг/кг [11] або 0,3 ГДК. Збільшення валового Ni в ґрунтах пов'язано з викидами ТЕС при спалюванні кам'яного вугілля [2]. В ґрунтах м. Дніпропетровська вміст Ni досить низький – 3,2-26,78 мг/кг при урбанізованому фоні 10,93 мг/кг, що знаходиться в межах ГДК, а це свідчить про відсутність деградації і корегує з природним геохімічним фоном зональних ґрунтів – чорноземів звичайних. Нижня межа вмісту Ni пояснюється процесами деконцентрації при порушенні ґрунту внаслідок будівництва (облаштування фундаментів, прокладання комунікацій, тощо) за рахунок розбавлення його будівельним сміттям та підстилаючими породами за

відсутністю аерогенного надходження з викидами промислових підприємств.

Поліелементне забруднення ґрунтів згідно ІЗГ досить сильно варювало по районам м. Дніпропетровська і зумовлювалось розташуванням та зонами впливу промислових підприємств і крупних автомагістралей, які перетинають територію, з'єднуючи адміністративний центр та промислові зони зі спальними районами та містом-супутником – Новомосковськом (табл. 3). Найбільші ареали розповсюдження забруднення притаманні правобережній частині міста, проте окремі hot spots зустрічаються на лівобережжі, так в Амур-Нижньодніпровському районі встановлено найвище значення ІЗГ. Простежувалось чітке розподілення на чистий та забруднений ґрунт за практично повною

відсутністю перехідної ланки – проблемний ґрунт. Майже повна відсутність забруднення ВМ була притаманна приватному сектору периферійних районів міста. В зоні впливу промислових підприємств з урахуванням їх санітарно-захисних зон значення ІЗГ завжди перевищувало 1. Визначення хімічної деградації ґрунту шляхом накладання забруднення за окремими елементами з наданням пріоритету більш токсичному, котрий спричиняє вищий ступень деградації, порівнювали з категоріями ІЗГ. Одержані результати надали змогу встановити, що сумація з подальшим визначенням середнього при розрахунку ІЗГ нівелює кратність за групами токсичності окремих ВМ, отже запропонований інтегральний сумарний показник не завжди свідчить про порушення санітарно-гігієнічних норм.

Таблиця 3

**Нормування поліелементного забруднення ВМ ґрунтів урбоєкосистеми м. Дніпропетровська /
Rationing of the polyelemental contamination by the heavy metals of the Dnepropetrovsk urboecosystem soils**

| Адміністративна одиниця | Категорія забруднення ґрунту за ІЗГ | | |
|-------------------------------|-------------------------------------|------------------------------|------------------------------|
| | < 0,75 чистий | 0,75-1,00 проблемний | > 1,00 забруднений |
| Амур-Нижньодніпровський район | <u>0,40 (0,20-0,70)</u> 7 | <u>0,93 (0,91-0,95)</u> 2 | <u>2,39 (1,15-4,56)</u> 4 |
| Індустріальний район | <u>0,39 (0,29-0,48)</u> 2 | <u>0,88</u> 1 | <u>1,87 (1,75-1,99)</u> 2 |
| Новокодацький район | <u>0,59 (0,59-0,69)</u> 5 | <u>0,79 (0,77-0,80)</u> 2 | <u>2,38 (1,40-4,20)</u> 5 |
| Самарський район | <u>0,49 (0,26-0,74)</u> 6 | | <u>1,57 (1,01-2,12)</u> 2 |
| Соборний район | <u>0,38 (0,13-0,57)</u> 4 | | <u>1,19 (1,08-1,33)</u> 4 |
| Центральний район | <u>0,66</u> 1 | | <u>2,50 (1,30-3,69)</u> 2 |
| Чечелівський район | <u>0,66 (0,58-0,73)</u> 3 | | <u>1,84 (1,09-2,58)</u> 6 |
| Шевченківський район | <u>0,47 (0,41-0,53)</u> 2 | | <u>1,90 (1,03-3,40)</u> 5 |
| Лівобережжя | <u>0,43</u> 15 | <u>0,91</u> 3 | <u>2,06</u> 8 |
| Правобережжя | <u>0,54</u> 15 | <u>0,79</u> 2 | <u>1,91</u> 22 |
| Дніпропетровськ | <u>0,49</u> 30 | <u>0,86</u> 5 | <u>1,95</u> 30 |

Примітка: чисельник – середнє значення ІЗГ в ґрунтах відповідної категорії забруднення; знаменник – кількість ключових ділянок відбору проб ґрунту.

Висновки:

1. Науково підтверджена необхідність застосування санітарно-гігієнічного нормативу – ГДК для нормування забруднення ґрунту урбоєкосистем ВМ, адже це надає змогу встановити його ступень небезпеки для здоров'я населення.

2. На території м. Дніпропетровська спостерігаються окремі hot spots за Cu, Zn та Pb, внаслідок накладання яких за значеннями ІЗГ встановлено, що більша частина ґрунтів відноситься до категорій проблемної та забрудненої ВМ.

3. Доведено, що визначення ІЗГ, як середнього із сумачії по елементам нівелює кратність за групами токсичності окремих ВМ, отже запропонований інтегральний сумарний показник не завжди відбиває ступінь екологічної небезпеки при порушенні санітарно-гігієнічних норм.

Перспективи подальших досліджень потрібно зосередити на розробці комплексної системи екологічного моніторингу із залученням до її складу пріоритетних токсикантів забруднення природних складових урбоєкосистем з встановленням екологічного ризику для здоров'я населення.

ВИКОРИСТАНІ ДЖЕРЕЛА

1. Богданов Н. А. Метод оценки состояния земель по индексу загрязнения почв / Н. А. Богданов, Ю. С. Чуйков, В. С. Рыбкин // Астраханский вестник экологического образования. – 2013. – № 1(23). – С. 102-112.
2. Грушко Я. М. Вредные неорганические соединения в промышленных выбросах в атмосферу / Я. М. Грушко. – Ленинград: Химия, 1987. – 160 с.
3. Дабахов М. В. Тяжелые металлы: экотоксикология и проблемы нормирования / М.В. Дабахов, Е. В. Дабахова, В. И. Титова. – Н. Новгород: Изд-во ВВАГС, 2005. – 165 с.
4. Ильин В. Б. Система показателей для оценки загрязненности почв тяжелыми металлами / В. Б. Ильин // Агрохимия. – 1995. – № 1. – С. 94-99.
5. Лакин Г. Ф. Биометрия / Г. Ф. Лакин. – Москва: Высшая школа, 1990. – 351 с.
6. Методи аналізу ґрунту і рослин: методичний посібник / За заг. ред. С.Ю. Булигіна. – Харків: Інститут ґрунтознавства і агрохімії ім. О.Н. Соколовського, 1999. – 157 с.
7. Методические указания по определению тяжелых металлов в почвах сельхозугодий и продукции растениеводства. – Москва, 1992. – 61 с.
8. Околелова А. А. Достоверность оценки загрязнения почв тяжелыми металлами // А. А. Околелова, Т. М. Минкина, А. С. Мерзлякова, В. П. Кожевникова // Научный журнал КубГАУ. – 2014. – №101(07). – Режим доступа: <http://ej.kubagro.ru/2014/07/pdf/27.pdf>. – Назва з екрана. – Перевірено: 25.04.2016.
9. Система оценки степени деградации почв / В. В. Снакин, П. П. Кречетов, Т. А. Кузовникова и др. — Пушино: Пушинский научный центр РАН, ВНИИприрода Пушино, 1992. – 20 с.
10. Снакин В. В. Химическое загрязнение почв и возможность его нормирования / В. В. Снакин // Теоретические основы охраны почв. Москва: Институт охраны природы, 1992. – С.17-21.
11. Фатеев А. І. Фоновий вміст мікроелементів у ґрунтах України / А. І. Фатеев, Я. В. Пашенко. – Харків: Друкарня № 13. – 2003. – 117 с.
12. Черкасова О. А. Промышленные предприятия областного города как источник загрязнения почв тяжелыми металлами / О. А. Черкасова, В. С. Иванова // Вестник Витебского государственного медицинского университета. – 2011. – №. 1, Том. 10. – С. 122-131.
13. Яковичина Т. Ф. Екологічний моніторинг: контроль і детоксикація важких металів в ґрунтах урбоєкосистем / Т. Ф. Яковичина. – Дніпропетровськ: Нова ідеологія, 2013. – 101 с.
14. Ghazaryan K. A. The evaluation of the heavy metal pollution degree in the soil around the Zangzur copper and molybdenum combine / K. A. Ghazaryan, G. A. Gevorgyan, H. S. Movsesyyan, N. P. Ghazaryan, K. V. Grigoryan // International journal of environmental, chemical, ecological, geological and geophysical engineering. – 2015. – Vol. 5. – P. 405-410.
15. Hakanson L. An ecological risk index for aquatic pollution control: a sedimentological approach / L. Hakanson // Water Research. – 1980. – Vol. 14. – P. 975-1001.
16. Sanka M. Sources of soil and plant contamination in an urban environment and possible assessment methods / M. Sanka, M. Strnad, J. Vondra, E. Paterson // International journal of environmental analytical chemistry. – 1995. – № 59. – P. 327-343.

REFERENCES

1. Bogdanov N. A., Chuykov Yu. S., Ryibkin V. S. *Metod otsenki sostoyaniya zemel po indeksu zagryazneniya pochv* / [Assessment method of land condition to the soil pollution index]. *Astrahanskiy vestnik ekologicheskogo obrazovaniya* [Astrakhan messenger of environmental education]. 2013. no 1(23), pp. 102-112. (in Russian).
2. Grushko Ya. M. *Vrednyie neorganicheskie soedineniya v promyshlennyih vyibrosah v atmosfere* [Harmful inorganic compounds in industrial emissions to the atmosphere]. Leningrad: Himiya, 1987. 160 p. (in Russian).
3. Dabahov M. V., Dabahova E. V., Titova V. I. *Tyazhelyie metallyi: Ekotoksikologiya i problemy normirovaniya* [Heavy metals: ecotoxicology and of rationing problems]. N. Novgorod: publishing house VVAGS, 2005. 165 p. (in Russian).
4. Ilin V. B. *Sistema pokazateley dlya otsenki zagryaznennosti pochv tyazhelyimi metallami* [System of indicators for the assessment of soil contamination by the heavy metals]. *Agrokhimiya* [Agrochemistry]. 1995. no 1, pp. 94-99. (in Russian).
5. Lakin G. F. *Biometriya* [Biometry]. Moskva: Vysshaya shkola, 1990. – 351 s. (in Russian).
6. *Metody analizu ґрунту і рослин: metodychnyi posibnyk* / Za zah. red. S.Iu. Bulyhina. – Kharkiv: Instytut hruntovnavstva і ahrokhimii im. O.N. Sokolovskoho, 1999. – 157 s. (in Ukrainian)
7. *Metodicheskie ukazaniya po opredeleniyu tyazhelyih metallov v pochvah selhozugodiy i produktsii rastenievodstva* [Guidelines for determination of heavy metals in agricultural soils and crop production]. Moskva, 1992. 61 p. (in Russian).
8. Okolelova A. A., Minkina T. M., Merzlyakova A. S., Kozhevnikova V. P. *Dostovernost otsenki zagryazneniya pochv tyazhelyimi metallami* [Reliability assessment of the soil pollution by the heavy metals]. *Nauchnyiy*

- zhurnal KubGAU* [Science journal KubSAU]. 2014. № 101(07). Available at: <http://ej.kubagro.ru/2014/07/pdf/27.pdf>. – Nazva z ekrana. – PerevIreno: 25.04.2016. (in Russian).
9. Snakin V. V., Krechetov P. P., Kuzovnikova T. A. *Sistema otsenki stepeni degradatsii pochv* [Assessment system of soil degradation degree]. Puschino: Puschinskiy nauchnyiy tsentr RAN, VNIIPriroda Puschino, 1992. 20 p. (in Russian).
 10. Snakin V. V. *Himicheskoe zagryaznenie pochv i vozmozhnost ego normirovaniya* [Chemical pollution of soils and the possibility of rationing]. *Teoreticheskie osnovyi ohranyi pochv* [Theoretical basis of soil protection]. Moskva: Institut ohranyi prirody, 1992. pp.17-21. (in Russian).
 11. Fatieiev A. I., Pashchenko I. V. *Fonovyi vmist mikroelementiv u gruntakh Ukrainy* [Background content of microelements in soils of Ukraine]. Kharkiv: Drukarnia № 13. 2003. 117 p. (in Ukrainian)
 12. Cherkasova O. A., Ivanova V. S. *Promyishlennyye predpriyatiya oblastnogo goroda kak istochnik zagryazneniya pochv tyazhelyimi metallami* [Industrial enterprises in the regional city as a source of soil pollution by heavy metals]. *Vestnik Vitebskogo gosudarstvennogo meditsinskogo universiteta* [Bulletin of the Vitebsk state medical university]. 2011. no 1, tom 10, pp.122-131. (in Russian).
 13. Yakovyshyna T. F. *Ekolohichniy monitorynh: kontrol i detoksykatsiia vazhkykh metaliv v gruntakh urboekosystem* [Ecological monitoring, control and detoxification of the heavy metals in soils of the urban ecosystems]. Dnipropetrovsk: Nova ideolohiia, 2013. 101 p. (in Ukrainian).
 14. Ghazaryan K. A., Gevorgyan G. A., Movsesyyan H. S., Ghazaryan N. P., Grigoryan K. V. *The evaluation of the heavy metal pollution degree in the soil around the Zangzur copper and molibdenum combine. International journal of environmental, chemical, ecological, geological and geophysical engineering*. 2015. vol. 5, pp. 405-410.
 15. Hakanson L. *An ecological risk index for aquatic pollution control: a sedimentological approach*. *Water Research*. 1980. vol. 14, pp. 975-1001.
 16. Sanka M., Strnad M., Vondra J., Paterson E. *Sources of soil and plant contamination in an urban environment and possible assessment methods. International journal of environmental analytical chemistry*. 1995. no. 59, pp. 327-343.