

Скок С. В.

УДК 502.521:504.2

## ПРОСТОРОВА НЕОДНОРІДНІСТЬ ЗАБРУДНЕННЯ ҐРУНТІВ МІСЬКИХ СИСТЕМ ВАЖКИМИ МЕТАЛАМИ

С. В. СКОК, асистент

*Державний вищий навчальний заклад**"Херсонський державний аграрний університет"**E-mail: skok\_sv@ukr.net*

**Анотація.** Визначено вміст рухомих форм важких металів у ґрунтах м. Херсон на територіях (сім тест-полігонів) різного функціонального призначення: I – селітебна зона з багатоповерховою забудовою, II – промислова зона, III – селітебна зона із змішаною забудовою, VI – зона транспортного навантаження, V – зона загальноміського центру, IV – селітебна острівна зона, VII – приміська зона. Встановлено перевищення за межі ГДК вмісту свинцю до 4 разів, кадмію – у 2 рази. У ході проведення досліджень з'ясовано, що найбільш забрудненні токсичними хімічними речовинами є території масового скупчення автомобілів, транспортної інфраструктури та діючих промислових підприємств. Оцінка екологічного стану ґрунтів здійснювалася відповідно розрахунку сумарного показника забруднення,  $Z_c$ , згідно якого стан урбаноземів на VI, VII тест-полігонах характеризувався як сприятливий, I, II, V тест-

полігонах – задовільний, III, IV – помірно-небезпечний. Створена картограма міграції важких металів у ґрунтах м. Херсон. В результаті чого встановлено, що на неоднорідність просторової міграції важких металів у міських системах в більшій мірі впливають метеорологічні умови, рН ґрунтового середовища, щільність забудови території, організація вулично-дорожнього руху автомобілів. Прибережні території річок характеризуються задовільним станом за вмістом важких металів, але через високий рівень автомобілізації існує в майбутньому ризик їх проникнення до річок Вільшанка, Кошова та Дніпро. Запропоновані заходи зменшення антропогенного пресингу на територіях, де спостерігалася перевищення значень ГДК за вмістом важких металів.

**Ключові слова:** ґрунт, важкі метали, сумарний показник забруднення, картування

**Актуальність.** Сучасний розвиток суспільства характеризується значним антропогенним пресингом на всі складові навколишнього природного середовища. Особливо негативний вплив діяльності людини проявляється в забрудненні ґрунтів

важкими металами, які являються основним джерелом забруднення суміжних середовищ, включаючи вищі рослини. Їх надзвичайно велика загроза полягає у вільному включенні в трофічні ланцюги живих організмів, що може призвести до негативних

**Скок С. В.**

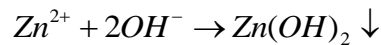
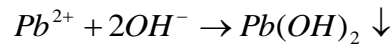
змін в стані біологічної рівноваги навколишнього середовища [1].

Основними причинами хімічного забруднення ґрунтів міста є інтенсивний розвиток транспортної інфраструктури, діючих виробництв, витоки каналізаційних вод, специфічний вітровий режим. Такі фактори впливу призводять до широкого діапазону міграції важких металів в атмосфері, літосфері та гідросфері [2]. Майже 90 % важких металів, які потрапляють в довкілля, акумулюються ґрунтом, а потім мігрують в природні води, поглинаються рослинами та включаються в трофічні ланцюги, кінцевою ланкою яких є організм людини.

Особливу загрозу становить надходження важких металів зі зливовими та ґрунтовими водами до поверхневих водних об'єктів міста. При потраплянні у донні відклади водойм відбувається зниження їх токсичності. Проте, в процесі трансформації їх сполук виникає ризик появи нових форм, які характеризуються більш вираженим ступенем шкідливості. Надходження таких токсичних речовин із продуктами харчування створює загрозу акумулятивної дії металів у організмах живих істот. При цьому гідробіонти реагують на таку різку зміну гідрохімічного режиму водоймищ, навіть до летальних випадків. Певна загроза важких металів проявляється в дії на ті водні

організми, що беруть участь у самоочищенні водойм і є кормовими ресурсами для риби [3].

На міграцію важких металів впливає рН середовища, так у лужному середовищі вони утворюють нерозчинні гідроксиди і не поширюються в інші середовища.



Зважаючи на те, що розвинені міста є територіями постійного хімічного забруднення, визначення вмісту та міграції важких металів в ґрунті є актуальним та пріоритетним завданням на сьогодні.

**Аналіз останніх досліджень та публікацій.** Проблема забруднення важкими металами урбаноземів міст є маловивченою. Значна увага науковців здебільшого привернута до їх розподілу в агроландшафтах та впливу на врожайність культур [1-6]. Проте, враховуючи, що всі основні цикли міграції важких металів, їх мобілізація, утворення різних міграційних форм починаються у ґрунті, актуальним постає вивчення їх шляхів розподілу в різних середовищах біосфери та потрапляння до живих організмів [2].

**Мета статті.** Встановити особливості просторового розподілу важких металів та здійснити оцінку рівня забруднення ґрунтів важкими металами в умовах міського середовища.

**Матеріали та методи**

**Скок С. В.**

**досліджень.** Оцінку ґрунтів м. Херсона здійснювали на основі визначення рухомих форм важких металів кадмію, свинцю, цинку та міді [7]. Відбір проб ґрунту проводили згідно методики [8] на транспортних, промислових та селітебних тест-полігонах м. Херсона: I – селітебна зона з багатоповерховою забудовою, II – промислова зона, III – селітебна зона із змішаною забудовою, VI – зона транспортного навантаження, V – зона загальноміського центру, IV – селітебна острівна зона, VII – приміська зона.

Ступінь небезпеки забруднення ґрунту важкими металами визначали за коефіцієнтом концентрації хімічних речовин  $K_c$  та сумарним показником забруднення  $Z_c$  [9]:

$$K_c = \frac{C}{ГДК}; \quad (1)$$

де:  $C$  – фактичний вміст визначеного хімічного елемента в ґрунті, мг/кг,

$ГДК$  – гранично-допустима концентрація забрудненої речовини, мг/кг.

$$Z_c = \left( \sum_{i=1}^n K_{c_i} \right) - (n-1); \quad (2)$$

де:  $K_{c_i}$  - коефіцієнт концентрації  $i$ -го хімічного елемента в пробі ґрунту,

$n$  – кількість врахованих хімічних забруднювачів.

Оцінку рівня забруднення ґрунтів здійснювали за такою шкалою:  $Z_c = 0-8$  – сприятливий,  $Z_c = 9-16$  – задовільний,  $Z_c = 17-32$  – помірно-небезпечний,  $Z_c = 33-128$  –

надзвичайно небезпечний,  $Z_c > 128$  – дуже небезпечний.

**Результати досліджень та їх обговорення.** На території міста Херсона переважають темно-каштанові ґрунти, які завдяки своїм фізико-хімічним властивостям мають високу здатність поглинати та затримувати важкі метали у фіксованому стані. Поглинальна їх здатність зумовлена вмістом гумусових кислот, заліза, кальцію, магнію. Проте, такі ознаки протидії забрудненню важкими металами характерні для зональних природних ґрунтів, які збереглися у приміських та паркових зонах міста. Інша частина ґрунтів Херсонської урбоекосистеми має всі ознаки, характерні для урбаноземів, які утворилися протягом багатьох років антропогенної діяльності [10].

Результатами досліджень впродовж двох останніх років за загальним вмістом важких металів у ґрунтах міста Херсон встановлено відсутність їх перевищень за межі ГДК. Концентрація свинцю – 1 ГДК; марганцю – 0,5 ГДК; міді – 0,8; цинку – 0,7 від фонових рівнів.

Не виявлено перевищень за межі ГДК токсичних речовин і в більшості санітарно-захисних зонах (СЗЗ) підприємств міста. Проте в СЗЗ підприємства «Херсонські комбайни» зафіксовано перевищення вмісту міді у 1,3-1,9 рази, свинцю – 1,1-2,7, цинку – 12,7-31,2, ртуті – 2,1 рази норми геохімічного фону. Забрудненими є

**Скок С. В.**

грунти міського звалища – індекси забруднення перевищують фонові рівні та ГДК вмісту міді у 3,6 рази, цинку – 31,3 рази, свинцю – 2,7 рази [11]. Зважаючи на те, що у м. Херсон відсутні екологічно-небезпечні підприємства, існує надзвичайно велика загроза перевищення вмісту важких металів через інтенсивний розвиток транспортної інфраструктури (табл. 1).

Згідно проведених наших досліджень на вміст рухомих форм важких металів м. Херсон, виявлено перевищення вмісту свинцю у 2-4 рази, кадмію – 2 рази на територіях великого скупчення автомобілів, промислових та селітебних територіях. Перевищень вмісту цинку та міді у відібраних зразках ґрунту за межі ГДК виявлено не було.

**1. Вміст важких металів в урбаноземах м. Херсон**

Тест-полігони, № проб	Кадмій, Cd ГДК= 0,7	Свинець, Pb ГДК = 2	Цинк, Zn ГДК = 23	Мідь, Cu ГДК = 3
I тест-полігон				
1	0,28	1,15	3,08	0,38
2	0,30	2,03	3,12	0,45
3	0,26	2,10	4,28	0,72
4	1,03	8,69	8,36	2,04
5	0,54	4,36	6,46	0,35
II тест-полігон				
6	0,92	4,09	10,05	2,3
7	1,92	4,02	10,23	0,55
8	0,71	4,05	10,10	0,58
III тест-полігон				
9	0,46	2,27	3,58	1,12
10	0,32	2,42	3,10	1,27
11	1,58	9,04	8,60	1,91
12	0,57	3,90	6,32	0,30
13	0,30	2,15	3,05	0,48
IV тест-полігон				
14	1,05	8,80	8,40	1,53
15	0,74	6,32	3,38	1,45
16	0,68	6,69	7,03	0,98
V тест-полігон				
17	0,30	2,23	3,08	1,17
18	0,34	2,45	3,14	1,32
19	0,51	3,17	5,08	0,37
20	0,35	2,38	3,19	1,22
VI тест-полігон				
21	0,28	1,12	2,96	0,35
22	0,65	4,53	7,07	0,42
23	0,71	4,48	7,30	0,47
VII тест-полігон				
24	0,25	1,68	2,10	0,24
25	0,20	1,35	1,90	0,19
26	0,23	1,51	2,10	0,22

Скок С. В.

Незважаючи на те, що ГДК є токсико-гігієнічним показником шкідливості важких металів, оцінка небезпечності забруднення урбаноземів м. Херсона здійснювалася згідно розрахунку сумарного показника поліелементного забруднення (табл.2).

У результаті проведення оцінки екологічного стану ґрунтів за вмістом важких металів, виявлено, що на VI, VII тест-полігонах стан урбаноземів характеризувався як сприятливий, на I, II, V тест-полігонах – задовільний, на III, IV – помірно-небезпечний.

## 2. Результати розрахунку сумарного показника забруднення

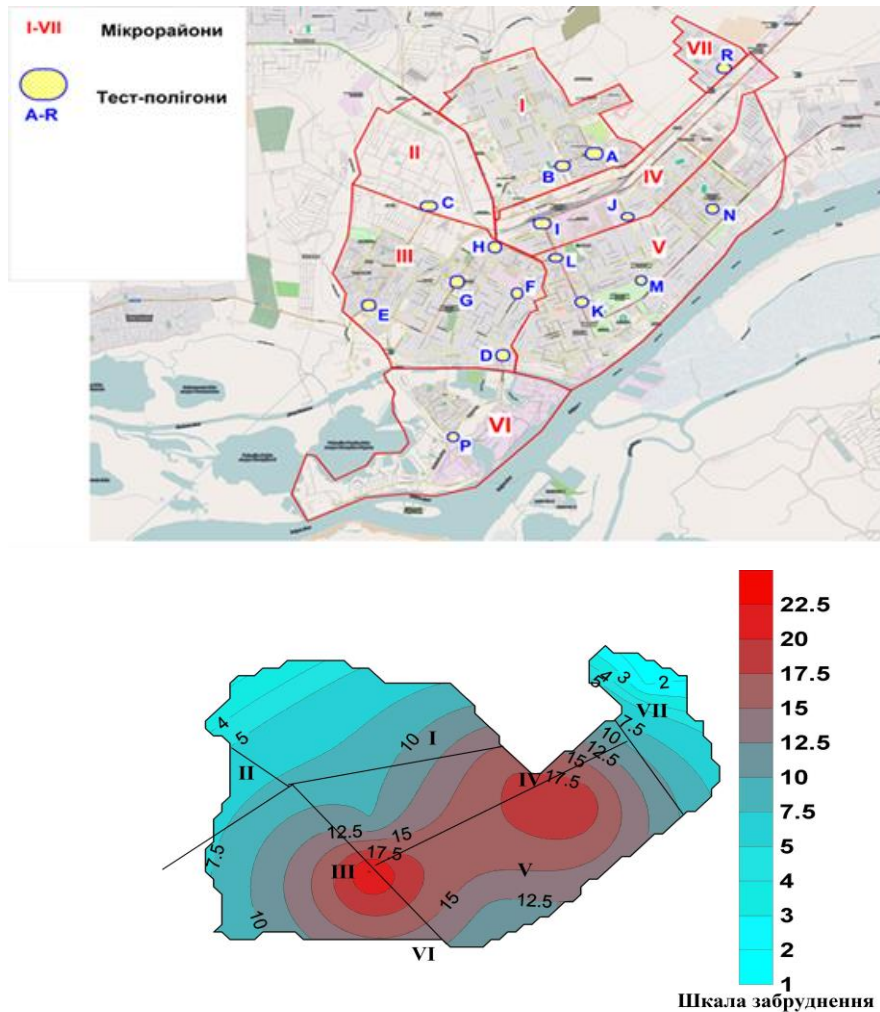
Тест-полігони, № проб	Коефіцієнти концентрації, $K_c$				Сумарний показник забруднення, $Z_c$
	Кадмій, Cd	Свинець, Pb	Цинк, Zn	Мідь, Cu	
I тест-полігон 1	0,40	0,57	0,13	0,76	14
2	0,43	1,01	0,14	0,90	
3	0,37	1,05	0,19	1,44	
4	1,47	4,34	0,36	0,68	
5	0,77	2,18	0,28	0,70	
II тест-полігон 6	1,31	2,05	0,44	0,80	10
7	2,74	2,01	0,31	0,20	
8	1,01	2,03	0,31	0,20	
III тест-полігон 9	0,66	1,13	0,15	2,24	23
10	0,45	1,21	0,13	2,54	
11	2,26	4,52	0,37	3,82	
12	0,81	1,95	0,27	0,60	
13	0,43	1,07	0,13	0,96	
IV тест- полігон 14	1,50	4,4	0,36	3,06	20
15	1,10	3,16	0,15	3,90	
16	0,97	3,34	0,30	1,96	
V тест-полігон 17	0,43	1,11	0,13	2,44	13
18	0,50	1,22	0,10	2,64	
19	0,73	1,58	0,22	0,74	
20	0,50	1,19	0,14	2,44	
VI тест-полігон 21	0,36	0,84	0,10	0,54	2
22	0,29	0,68	0,08	0,38	
23	0,33	0,75	0,09	0,44	
VII тест-полігон 24	0,40	0,56	0,11	0,70	7
25	0,92	2,26	0,31	0,84	

Скок С. В.

26	1,01	2,24	0,32	0,94	
----	------	------	------	------	--

Створена картограма міграції м. Херсон (рис. 1).

важких металів у ґрунтах



**Рис. 1. Зонування території м. Херсона за сумарним показником забруднення ґрунтів,  $Z_c$**

Основні зони забруднення важкими металами формуються концентрично у місцях масового скупчення автомобілів, інтенсивного розвитку об'єктів транспортної інфраструктури та діяльності промислових підприємств. На неоднорідність просторової міграції

важких металів у міських системах в більшій мірі впливають метеорологічні умови, рН ґрунтового середовища, щільність забудови території, організація вулично-дорожнього руху автомобілів. Тим не менш, частина важких металів в урбаноземах міста за рахунок

**Скок С. В.**

дифузійних процесів спричиняє їх розповсюдження вглиб ґрунтового середовища, решта – вимивається поверхневим стоком та потрапляють у поверхневі водні об'єкти. Прибережні території річок м. Херсон характеризуються задовільним станом за вмістом важких металів, але через високий рівень автомобілізації існує в майбутньому ризик їх проникнення до річок Вірьовчина, Кошова та Дніпро.

Екологічна ситуація в умовах інтенсивного розвитку транспортної інфраструктури в місті Херсоні є складною. Враховуючи те, що ґрунти за своєю природою мають низьку здатність до самоочищення, важкі метали виводяться з нього дуже повільно. Тому вирішення проблеми забруднення важкими металами урбаноземів м. Херсона повинна бути вирішена за рахунок зниження антропогенного пресингу на міську територію через вдосконалення промислових технологій, посиленого контролю щодо продажу та використання якісного пального, правильної організації та регулювання вулично-дорожнього руху автомобілів, влаштування паркувальних зон, розвантаження доріг з високою їх інтенсивністю. Крім того, на сьогоднішній день все більшого екологічного значення набуває використання фітотехнологій, які ґрунтуються на висадці деревних порід вздовж головних автомагістралей та діючих промислових підприємств: акація біла,

липа дрібнолиста, береза повисла, айлант найвищий. При цьому формування специфічного сприятливого мікроклімату забезпечить акумуляцію та зниження міграційної здатності важких металів.

**Висновки та перспективи.** За результатами досліджень встановлено, що велику небезпеку для навколишнього середовища м. Херсона становить забруднення ґрунту важкими металами. При цьому виявлено перевищення вмісту свинцю в 4 рази, кадмію – в 2 рази. У результаті проведення оцінки екологічного стану ґрунтів за вмістом важких металів, встановлено, що на VI, VII тест-полігонах стан урбаноземів характеризувався як сприятливий, на I, II, V тест-полігонах – задовільний, на III, IV – помірно-небезпечний. Основні зони забруднення важкими металами формувалися концентрично у місцях масового скупчення автомобілів, інтенсивного розвитку об'єктів транспортної інфраструктури та діяльності промислових підприємств. Небезпечним фактором виявилася значна міграція важких металів у різні середовища біосфери, особливо у поверхневі водні об'єкти. Хоча прибережні території річок м. Херсон характеризувалися задовільним станом за вмістом важких металів, але через високий рівень автомобілізації існує в майбутньому ризик їх проникнення до річок Вірьовчина, Кошова та Дніпро.

**Скок С. В.**

Запропоновані заходи зниження антропогенного пресингу на міську територію через вдосконалення промислових технологій, посиленого контролю щодо продажу та використання якісного пального,

правильної організації та регулювання вулично-дорожнього руху автомобілів, влаштування паркувальних зон, розвантаження доріг з високою їх інтенсивністю, застосування фітотехнологій.

**Список використаних джерел**

1. Примак І. Д., Малько Ю. П., Рідей Н. М., Мазур В. А. Екологічні проблеми землеробства. К.: Центр учбової літератури, 2010. 456 с.

2. Довгалюк А. Забруднення довкілля токсичними металами та його індикація за допомогою рослинних тестових систем. *Біологічні студії*. 2013. Том 7. № 1. С. 197-204.

3. Шмандій В. М., Клименко М. О., Голік Ю. С. Екологічна безпека. Херсон: Олді-плюс, 2013. 366 с.

4. Тараріко О. Г. Формування сталих агроєкосистем: теорія і практика. К.: Аграрна наука, 2005. 508 с.

5. Господаренко Г. М. Агрохімія. К.: ННЦІАЕ, 2010. 400 с.

6. Гуцуляк В. М. Ландшафтна екологія. Геохімічний аспект. Ч. : ТОВ Наші книги, 2010. 312 с.

7. Федорец Н. Г., Медведева М. В. Методика исследования почв урбанизированных территорий. Петрозаводск: Карельський научний центр, РАН, 2009. 84 с.

8. Якість ґрунту. Відбирання проб: ДСТУ 4287:2004.[Чинний від 2005-07-01]. К.: Держспоживстандарт України, 2005. 5 с. (Національний стандарт України).

9. Фурдичко О. І. Славов В. П., Войцицький А. П. Нормування антропогенного навантаження на навколишнє природне середовище. К.: Основа, 2008. 360 с.

10. Пелих В. Г., Базалій В. В., Морозов О. В. Атлас родючості ґрунтів Херсонської області: інформаційно-аналітичний збірник. Херсон: Олді-плюс, 2011. 105 с.

11. Регіональна доповідь про стан навколишнього середовища у Херсонській області у 2016 році. Херсон: Департамент екології та природних ресурсів, 2017. 290 с.

**Referenses**

1. Prymak I. D., Malko Yu. P., Ridei N. M., Mazur V. A. (2010). *Ekolohichni problemy zemlerobstva* [Ecological problems of agriculture]. K.: Center for Educational Literature. 456.

2. Dovhaliuk A. (2013). *Zabrudnennia dovkillia toksychnymy metalamy ta yoho indykatsiia za dopomohoju roslynykh testovykh system* [Pollution of the environment by toxic metals and its indication through plant testing systems]. *Biological studios*, Vol 7, № 1, 197-204.

3. Shmandii V. M., Klymenko M. O., Holik Yu. S. (2013). *Ekolohichna bezpeka* [Ecological safety]. Kherson: Oldi-Plus. 366.

4. Tarariko O. H. (2005). *Formuvannia stalykh ahroekosystem: teoriia i praktyka* [Formation of sustainable agro-ecosystems: theory and practice]. K.: Agrarian science. 508.

5. Hospodarenko H. M. (2010). *Ahrokhimiiia* [Agrochemicals]. K.: NNC IAE. 456.



Скок С. В.

6. Hutsulyak V. M. (2010). Landshaftna ekolohiya. Neokhimichnyy aspekt [Landscape ecology. Geochemical aspect]. Ch. : Our books. 312.

7. Fedorets N. H., Medvedeva M. V. (2009). Metodyka ysledovanyya pochv urbanyzyrovanykh terrytoryy [Methods of soil research in urbanized territories]. Petrozavodsk: Karelian Scientific Center, RAS. 84.

8. Yakist gruntu. Vidbyrannia prob: DSTU 4287:2004 (2005) [The quality of the soil. Sampling: DSTU]. K.: State Consumer Standard of Ukraine. 5.

9. Furdychko O. I. Slavov V. P., Voytsyts'kyu A. P. (2008). Normuvannya antropohenoho

navantazhennya na navkolyshnye pryrodne seredovyshe [Rationing anthropogenic load on the environment]. K.: Basis. 360.

10. Pelykh V. H., Bazaliy V. V., Morozov O. V. (2011). Atlas rodyuchosti gruntiv Khersons'koyi oblasti: informatsiyno-analitychnyy zbirnyk [Atlas of soil fertility in the Kherson region: information and analytical compilation]. Kherson: Oldi-Plus. 105.

11. Rehionalna dopovid pro stan navkolyshnoho pryrodnoho seredovyscha v Khersonskoi oblasti za 2016 (2017) [Regional report on the state of the environment in Kherson oblast for 2016] (2017). Kherson. 290.

## ПРОСТРАНСТВЕННАЯ НЕОДНОРОДНОСТЬ ЗАГРЯЗНЕНИЯ ПОЧВ ГОРОДСКИХ СИСТЕМ ТЯЖЕЛЫМИ МЕТАЛЛАМИ

С. В. Скок

*Аннотация.* Определено содержание подвижных форм тяжелых металлов в почвах г. Херсон на территориях (семь тест-полигонов) различного функционального назначения: I - селитебная зона с многоэтажной застройкой, II - промышленная зона, III - селитебная зона со смешанной застройкой, VI - зона транспортной нагрузки, V - зона общегородского центра, IV - селитебная островная зона, VII - пригородная зона. Установлено превышение за пределы ПДК содержания свинца до 4 раз, кадмия - в 2 раза. В ходе проведения исследований установлено, что наиболее загрязненные токсичными химическими веществами являются

территории массового скопления автомобилей, транспортной инфраструктуры и действующих промышленных предприятий. Оценка экологического состояния почв осуществлялась в соответствии расчета суммарного показателя загрязнения, Zс, согласно которому состояние урбаноземов на VI, VII тест-полигонах характеризовалось как благоприятное, I, II, V тест-полигонах - удовлетворительное, III, IV - умеренно опасное. Создана картограмма миграции тяжелых металлов в почвах г. Херсон. В результате чего установлено, что на неоднородность пространственной миграции тяжелых металлов в городских системах в большей степени влияют метеорологические условия, pH почвенной среды, плотность застройки территории, организация улично-дорожного движения автомобилей. Прибрежные

**Скок С. В.**

*территории рек характеризуются удовлетворительным состоянием по содержанию тяжелых металлов, но в связи с высоким уровнем автомобилизации существует в будущем риск их проникновения в реки Вереचना, Кошевая и Днепр. Предложены меры для уменьшения антропогенного прессинга на территориях, где наблюдалось превышение значений ПДК по содержанию тяжелых металлов.*

*Ключевые слова: почва, тяжелые металлы, суммарный показатель загрязнения, картирование*

### **SPATIAL HETEROGENEITY OF SOIL CONTAMINATION OF URBAN SYSTEMS WITH HEAVY METALS**

**S. Skok**

***Abstract.** The study determines the content of movable forms of heavy metals in the soils of Kherson on the territories (testing grounds) of different functional purposes: I testing ground – a selitable zone with multistory constructions, II testing ground – an industrial zone, III testing ground – a selitable zone with mixed constructions, VI testing ground – the zone of transport loads, V testing ground – the zone of a general urban center, IV testing ground – a selitable island zone, VII testing ground – a suburban zone. It establishes that the content of lead exceeds the emission limit 2-4 times, the content of cadmium exceeds the emission limit 2 times. The experiments found out that the main zones polluted by toxic chemicals were formed in the places of mass concentration of automobiles, the development of transport infrastructure objects and the*

*activity of industrial enterprises. The estimation of the soil ecological condition was performed by the calculation of an aggregate pollution index, Zc., according to it the condition of urban soils on VI, VII testing grounds was characterized as favorable, on I, II, V testing grounds – as satisfactory, on III, IV – as moderately dangerous. It was established that pH of the soil environment, meteorological conditions, the building density of the territory, the arrangement of road traffic also influence the degree of their migration and dispersion. The research results determined that the zones adjacent to the areas of surface water bodies are characterized by a satisfactory condition by the content of heavy metals, however, because of a high level of automobilization there is a risk of their entering the rivers Virovchyna, Koshova and Dnipro in the future. The study suggests the measures aimed at reducing anthropogenic pressing on the territories where the content of heavy metals exceeds the emission limit.*

***Keywords:** soil, heavy metals, total indicator of pollution, mapping*