
MONITORING AND REMEDIATION OF CONTAMINATED SOILS



S. O. Gunko ✉

UDK 631.416.8:502.53

*Dniprodzerzhinsk State Technical University,
Str. Dniprobudivska, 2, Dneprodzerzhinsk,
Dnipropetrovsk region, Ukraine, 51918*

ECOLOGICAL PECULIARITIES OF CADMIUM DISPERSAL AT THE URBANIZED TERRAIN EDAPHOTOPES OF THE STEPPE DNEIPER REGION (SHOWN BY DNIPRODZERZHINSK AS AN EXAMPLE)

Abstract. The objective of this research is the clarification of ecological peculiarities of cadmium dispersal at the urbanized terrain edaphotopes of Dniprodzerzhinsk. Heavy metals have been widely discussed in a huge number of researches. Special attention should be paid to cadmium as one of the most hazardous environmental toxic agents. There exist multiple data on cadmium content in various soil types of Ukraine, but until the present time there's no full information as for the accurate geochemical behavior of cadmium in the soils, as well as for the priority impact of one or another soil property upon its concentration in certain soil types – natural ones or anthropogenically modified ones. The applicability of such researches is first of all determined by the necessity to decrease the hazardous environmental consequences of soil contamination with cadmium, as well as to improve the living conditions of the population. Evaluation of the technology-related impact upon the city soil layer is of current concern in terms of monitoring that is corresponding to the modern tasks for the environmental condition control.

The article highlights the issue of ecological peculiarities of cadmium dispersal at the urbanized terrain edaphotopes of Dniprodzerzhinsk: variety of cadmium concentration being formed under the natural and anthropogenous influence in the soils of Dniprodzerzhinsk makes difficult to solve the problem of soil contamination with such chemical element. Soils with various content of cadmium can be found within the limits of the city, underneath the steppe vegetation. Content differentiation is attributed to rather diverse set of processes in the soil and to various properties of the soils. Edaphotopes of all studied right-bank urbanized terrains are cadmium contaminated to any extent. Cadmium content in the soil layer of the administrative districts of Dniprodzerzhinsk is ascending as follows: Dniprovsky district (0.6–9.9 mg/kg) – Bagliy district (1.0–10.5 mg/kg) – Zavodsky district (1.5–10.8 mg/kg).

Evaluation of intensity of the technology-related geochemical abnormalities in the city soils has been provided by the abnormality level factor. The lowest (weak) soil contamination level can be observed within the edaphotopes of the left-bank area of Dniprovsky district of the city. High and very high soil contamination levels can be observed within the urbanized terrains of the right-bank part of the city at Bagliy and Zavodsky districts (eastern, central and western areas).

✉ Tel.: +38067-259-66-79, e-mail: goonko@mail.ru

DOI: 10.15421/041517

Results of the statistical processing of the experimental material show the ratios of correlation of cadmium content and mechanical composition of the soil and humus. Absence of cadmium correlation with physical clay-fraction of soil, as well as close significant relation with humus enable us to associate its presence in the soils with biogenous accumulation, being also the evidence of the anthropogenous impact upon cadmium content in the soil layer.

Keywords: *cadmium, edaphotope, dispersal, geochemical abnormalities, urbanized terrains.*

УДК 631.416.8:502.53

С. А. Гунько

*Днепродзержинский государственный технический университет,
ул. Днепропетровская, 2, г. Днепродзержинск, Днепропетровская обл., Украина, 51918,
тел.: +38067-259-66-79, e-mail: goonko@mail.ru*

ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ РАСПРОСТРАНЕНИЯ КАДМИЯ В ЭДАФОТОПАХ УРБАНИЗИРОВАННЫХ ТЕРРИТОРИЙ СТЕПНОГО ПРИДНЕПРОВЬЯ (НА ПРИМЕРЕ г. ДНЕПРОДЗЕРЖИНСКА)

Аннотация. В глобальном масштабе происходит уменьшение загрязненности биосферы тяжелыми металлами, что обусловлено закрытием предприятий с застарелыми технологиями и строительством экологически чистых заводов. Сейчас наибольшую опасность представляет локальное загрязнение почв, которое в ряде случаев формирует техногенную геохимическую аномалию. Особого внимания заслуживает кадмий, как один из наиболее опасных токсикантов среды. Существуют многочисленные данные о содержании кадмия в разных типах почв Украины, но до сих пор нет полной информации о достоверном геохимическом поведении кадмия в них и о приоритетном влиянии того или иного почвенного свойства на его концентрацию в конкретных почвах – природных и антропогенно преобразованных. Актуальность подобных исследований обусловлена, прежде всего, необходимостью снижения угрожающих экологических последствий загрязнения почв кадмием и оптимизации условий жизни населения. Оценка техногенного действия на почвенный покров города актуальна в плане мониторинга, что отвечает современным задачам слежения за состоянием окружающей среды. Целью данной работы является выяснение экологических особенностей распределения кадмия в эдафотопях урбанизированных территорий г. Днепродзержинска – одного из промышленных центров Украины.

Ключевые слова: *кадмий, эдафотоп, распространение, геохимические аномалии, урбанизированные территории.*

УДК 631.416.8:502.53

С. О. Гунько

*Дніпродзержинський державний технічний університет,
вул. Дніпробудівська, 2, Дніпродзержинськ, Дніпропетровська область, Україна, 51918,
тел.: +38067-259-66-79, e-mail: goonko@mail.ru*

ЕКОЛОГІЧНІ ОСОБЛИВОСТІ РОЗПОВСЮДЖЕННЯ КАДМІЮ В ЕДАФОТОПАХ УРБАНІЗОВАНИХ ТЕРИТОРІЙ СТЕПОВОГО ПРИДНІПРОВ'Я (НА ПРИКЛАДІ м. ДНІПРОДЗЕРЖИНСЬКА)

Анотація. В глобальному масштабі відбувається зменшення забрудненості біосфери важкими металами, що обумовлено закриттям підприємств із застарілими технологіями та будівництвом екологічно чистих заводів. Зараз найбільшу небезпеку становить локальне забруднення ґрунтів, яке в ряді випадків формує техногенну геохімічну аномалію. Особливої уваги заслуговує кадмій, як один з найнебезпечніших токсикантів середовища. Існують численні дані про вміст кадмію у різних типах ґрунтів України, але дотепер немає повної інформації про достовірну геохімічну поведінку кадмію в них і про пріоритетний вплив тої чи іншої ґрунтової властивості на його концентрацію в конкретних ґрунтах – природних і антропогенно перетворених. Актуальність подібних досліджень обумовлена, насамперед, необхідністю зниження загрозливих екологічних наслідків забруднення ґрунтів кадмієм та оптимізації умов життя населення. Оцінка техногенної дії на ґрунтовий покрив міста актуальна в плані моніторингу, що відповідає сучасним задачам слідкування за станом навколишнього

середовища. Метою даної роботи є з'ясування екологічних особливостей розподілу кадмію в едафотобах урбанізованих територій м. Дніпродзержинськ – промислового центру України.

Ключові слова: кадмій, едафотоп, розповсюдження, геохімічні аномалії, урбанізовані території.

ВСТУП

До сфери екологічного ґрунтознавства потрапляють найрізноманітніші проблеми, в тому числі забруднення ґрунтів важкими металами та металоїдами.

У Західній Європі та США проблема важких металів виникла з початком технічної революції, хоча її масштаби довго не усвідомлювались громадськістю. В 50–60 рр. ХХ ст. парламенти цих країн приймають жорсткі закони, які скеровані на підвищення якості життя, включаючи заходи з очищення повітря, води та ґрунту. В США Федеральний закон про державну політику в області навколишнього середовища був прийнятий в 1970 р. На базі цього комплексного закону в наступні роки з'явилися інші: про чисту воду, повітря, ґрунт. З їх прийняттям екологічна ситуація в країні різко змінилась на краще, викид нових поллютантів різко скоротився.

Заходи, що застосовуються в промислово розвинених країнах, сприятливо віддзеркалюються на екології планети. Але залишилися місця, сильно забруднені в результаті попередньої нерозумної діяльності людини.

Таким чином, потрібно розрізняти глобальне, регіональне та локальне забруднення важкими металами.

Глобальне забруднення не є постійним, воно помітно змінюється з часом. Динаміку глобального забруднення вивчають по-різному.

В першій програмі глобального моніторингу в 1973 р. серед найбільш небезпечних елементів фігурувало три метали: ртуть, свинець і кадмій (Karpachevskij, 1993).

Після активного обговорення науковими колами проблеми росту забруднення навколишнього середовища важкими металами в Стокгольмі в 1982 р. сесія ООН прийняла підсумкові матеріали, що сприяло загальному зниженню забрудненості біосфери. В 1991 р. в журналі *Nature* опубліковано статтю «Зменшення антропогенних Pb, Cd і Zn у снігах Гренландії після 1960 років» (Boutron et al., 1991). В глобальному масштабі почалось зменшення забрудненості біосфери важкими металами, що обумовлено закриттям підприємств із застарілими технологіями та будівництвом екологічно чистих заводів.

Регіональне забруднення аналізують за зміною складу річкових, озерних і морських відкладень, які формуються за рахунок змиву дощовими і талими водами тонких ґрунтових частинок. В донних відкладеннях річок, озер і прибережних частин морів визначають уміст важких металів. Згідно з аналізом металів у мулах Рейну, який протікає через промислові райони Західної Європи, з кінця ХVІІ ст. по 1975 р., концентрація хрому збільшилась в 9, купруму та плюмбуму – в 13, цинку – в 19, гідраргірису – 50 та кадмію – в 100 раз. Результатом стало введення більш жорстких екологічних законів. Вже на початку 80-років високі рівні вмісту металів у донних відкладеннях річок і озер суттєво знизились (Karpachevskij, 1993).

Зараз найбільшу небезпеку становить локальне забруднення ґрунтів, яке в ряді випадків формує техногенну геохімічну аномалію. З точки зору впливу на здоров'я людини та культуру ландшафту А. І. Перельман (Perelman, 1975) розрізняє три основних види техногенних аномалій: 1) корисні техногенні аномалії, які відіграють позитивну роль у культурному ландшафті; 2) нейтральні техногенні аномалії; 3) шкідливі техногенні аномалії, які обумовлюють негативні явища в культурному ландшафті. Останні аномалії потребують найбільшої уваги.

В Україні до числа найбільш забруднених регіонів відноситься Дніпропетровщина. До міст з несприятливим санітарним станом за рахунок забруднення важкими металами належить Дніпродзержинськ (Gunko, 2011). Місто є одним з промислових центрів України. Взаємодія потенційно небезпечних виробництв (підприємства металургійної, хімічної, машинобудівної, енергетики

та ін.) з природним середовищем і населенням утворює небезпечні локальні структурно-екологічні зони, які потребують відповідного регулювання.

Багаторічне надходження до компонентів міського середовища великих обсягів забруднень призвело до створення вкрай несприятливої екологічної ситуації, яка наразі набула масштабів екологічної кризи, в зв'язку з чим в 1997 році було видано Розпорядження Президента України № 235 / 97-рп від 11 червня 1997 року «Про еколого-економічний експеримент у містах Кривий Ріг, Дніпродзержинськ, Маріуполь і Запоріжжя», а також Постанова Кабінету Міністрів України від 28 квітня 1999 року № 715 з цього питання, згідно з якими було прийнято «Програму виходу з екологічної кризи міста Дніпродзержинська на 2000–2005 рр.». В рамках Стратегії розвитку Дніпропетровської області на період до 2020 року, затвердженої рішенням обласної ради від 26.10.2014 року № 561-27/VI, Стратегії розвитку міста Дніпродзержинськ міської ради на період до 2020 року, затвердженої рішенням Дніпродзержинської міської ради від 26.12.2014 року № 1162-58/VI, відповідно до постанови Кабінету Міністрів України від 06.08.2014 року № 358 «Про затвердження Державної стратегії регіонального розвитку на період до 2020 року» було розроблено програму «Екологічна програма міста Дніпродзержинськ на 2016–2020 роки».

Вивченню важких металів присвячено багато робіт. Докладно вивчені техногенні джерела важких металів Особливої уваги заслуговує кадмій, як один з найнебезпечніших токсикантів середовища. Існують численні дані про вміст кадмію у різних типах ґрунтів України, але дотепер немає повної інформації про достовірну геохімічну поведінку кадмію, про пріоритетний вплив тої чи іншої ґрунтової властивості на його концентрацію в конкретних ґрунтах індустріального міста – природних і антропогенно перетворених. Актуальність подібних досліджень обумовлена, насамперед, необхідністю зниження загрозливих екологічних наслідків забруднення ґрунтів кадмієм та оптимізації умов життя населення. Оцінка техногенної дії на ґрунтовий покрив міста актуальна в плані моніторингу, що відповідає сучасним задачам слідкування за станом навколишнього середовища.

Метою даної роботи є з'ясування екологічних особливостей розподілу кадмію в едафотопях урбанізованих територій м. Дніпродзержинськ.

МАТЕРІАЛИ ТА МЕТОДИ

Як об'єкт використано едафотопи урбанізованих територій м. Дніпродзержинська. Територія міста історично поділена на дві частини: правий та лівий берег р. Дніпро. Для більш повної характеристики вмісту кадмію в ґрунтовому покриві правобережна частина міста умовно розділена на зони: східну, центральну та західну, лівобережжя розділенню не підлягало. У межах м. Дніпродзержинськ проведено ретельне ґрунтове обстеження, виділено 55 пробних площ, які дають найбільш повну характеристику урбанізованих територій за вмістом кадмію. Крім того, наведено екологічні особливості розподілу кадмію по адміністративним районам міста (Дніпровському, Баглійському, Заводському).

Теоретичні характеристики виконані за допомогою системного підходу до вирішення сучасних екологічних проблем у техногенно напружених районах, спрямовані на цілісне охоплення явищ забруднення едафотопів кадмієм. Експериментальні дослідження передбачали проведення польових дослідів за геоботанічними методиками, хімічний аналіз ґрунтів у лабораторії проводили за атестованими методиками з наступною математичною обробкою даних (Statistica 7.0). Валові форми важких металів визначали атомно-абсорбційним методом на атомно-абсорбційному спектрофотометрі С–115 з атомізацією в повітряно-ацетиленовому полум'ї.

РЕЗУЛЬТАТИ ТА ЇХ ОБГОВОРЕННЯ

Проблема забруднення компонентів навколишнього середовища, зокрема ґрунтів, кадмієм наразі набула виключної значимості у зв'язку з високою токсичністю цього важкого металу.

За вмістом кадмію в ґрунтовому покриві адміністративні райони міста Дніпродзержинська утворюють висхідний ряд: Дніпровський (0,6–9,9 мг/кг) – Баглійський (1,0 – 10,5 мг/кг) – Заводський (1,5 – 10,8 мг/кг) (рис. 1).

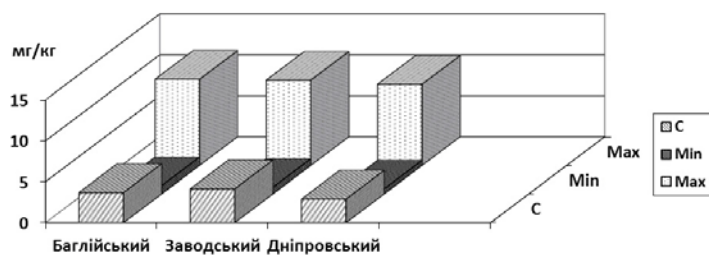


Рис. 1. Уміст кадмію в ґрунтах адміністративних районів м. Дніпродзержинська

Кадмій міститься у викидах деяких виробництв, а також автотранспорту (Tsvetkova and Klimentko, 2005). Ґрунти всіх досліджуваних нами правобережних урбосистем у тій чи іншій мірі забруднені кадмієм. Максимальна його кількість (10,8 мг/кг) виявлена в ґрунтах на території поблизу металургійного комбінату (Заводський район), мінімальна – 0,6 мг/кг – у ґрунтах селитебної зони Лівобережної частини міста. Досить високим вмістом кадмію характеризуються ґрунти міського звалища – 10,5 мг/кг (Баглійський район).

Різноманіття концентрації кадмію, яке формується під впливом природних та антропогенних факторів у ґрунтах Дніпродзержинську ускладнює вирішення проблеми забруднення ґрунтів таким хімічним елементом.

У межах одного міста під степовою рослинністю можуть траплятися ґрунти з різним умістом кадмію. Диференціація вмісту пов'язана з досить відмінним набором процесів у ґрунті та різноманітними властивостями ґрунтів.

Варіювання вмісту кадмію у ґрунтах міста сягає великих значень (табл. 1), що прогнозовано, адже великий розмах у значеннях його вмісту – типове явище для ґрунтів урбанізованих територій і пояснюється переважно нерівномірним випаданням елементу-забруднювачу з техногенними викидами і подальшим його перерозподілом під впливом природних чинників. Варіабельність вмісту у ґрунтах кадмію складає 69,8 %.

Таблиця 1

Статистичні характеристики вмісту валових форм кадмію в едафотонах м. Дніпродзержинська

Параметр	Cd
Середнє, мг/кг	1,787
Медіана, мг/кг	1,239
Стандартне відхилення, мг/кг	1,23
Максимум, мг/кг	10,5
Мінімум, мг/кг	0,652
Коефіцієнт асиметрії	2,17
Коефіцієнт ексцесу	5,62
Коефіцієнт варіації, %	69,8

Частотний розподіл вмісту кадмію характеризується сильно вираженою правосторонньою асиметрією, ексцесивність – сильна. Однією з причин асиметричності розподілу може бути неоднорідність сукупності, яка аналізується: вона може складатися з суміші двох або більше підсукупностей з відмінними статистичними характеристиками. Таким чином, можна зробити висновок, що під дією потужного техногенезу вихідна природна неоднорідність ґрунтів нівелюється через те, що природні ґрунти в місті набувають істотних перетворень. Отримані дані дозволяють зробити висновок, що в дослідженнях особливостей розподілу кадмію у ґрунтах, в тому числі і міських, слід обов'язково враховувати їхнє ландшафтне положення.

Ґрунти, завдяки своїй високій поглинальній здатності, є депонуючим середовищем. В урбанізованих територіях вони виконують важливу роль біогеохімічних бар'єрів на шляху техногенних потоків. В ґрунтово-хімічному моніторингу важливою складовою є виявлення геохімічних аномалій – ділянок, в межах яких фіксуються відмінні від фонових параметри розподілу важких металів (Tsvetkova and Klimentko, 2005).

Геохімічні аномалії кадмію, які були виявлені в ґрунтах м. Дніпродзержинська, за походженням є змішаними. В якості базових фонових величин, для визначення техногенних аномалій нами використовувався його середній вміст у ґрунтах Дніпропетровської області, який за літературними даними становить 1 мг/кг (Fatieiev and Pashchenko, 2003). Оцінка інтенсивності техногенних геохімічних аномалій в ґрунтах міста проводилась за показником рівня аномальності – коефіцієнтом концентрації K_c , який розраховувався як відношення вмісту кадмію в едафотобах досліджуваних урбанізованих територій (C_i) до його фонового вмісту (C_f).

Одним із завдань ґрунтово-хімічного моніторингу урбанізованих територій є визначення техногенних асоціацій металів, тобто елементів, вміст яких відрізняється від природного (фонового). В якості кількісної міри техногенних геохімічних аномалій в роботі використовувався запропонований (Muha and Sulima, 1998) показник забруднення (концентрації) ґрунтів (СПЗ/СПК) Z_c , який визначається як перевищення коефіцієнту концентрації кадмію над фоновим рівнем.

Таблиця 2

Коефіцієнти концентрації кадмію і сумарний показник забруднення в едафотобах урбанізованих територій м. Дніпродзержинська

Адміністративний район міста	Коефіцієнт концентрації кадмію (K_c)
Баглійський	3,67
Заводський	2,92
Дніпровський	2,87

Висока концентрація промислових підприємств у Центральній і Східній зонах міста (Баглійський та Заводський адміністративні райони) спричиняє високий рівень антропогенних навантажень на всі природні компоненти в них. Саме в цих зонах було зафіксовано аномально високий вміст кадмію, надходження якого пов'язане з викидами як промислових підприємств, так і високою концентрацією транспортних потоків. Ґрунти лівобережної частини Дніпровського району, напроти, характеризуються невисоким вмістом важких металів.

Для оцінки ступеня забруднення ґрунтів важкими металами було розроблено оціночну шкалу за значенням СПЗ (Pasichnij and Serdjuk, 2002). Результати оцінки забруднення ґрунтів м. Дніпродзержинська кадмієм представлені в табл. 3.

Таблиця 3

Оцінка ступеня забруднення Кадмієм ґрунтів урбанізованих територій м. Дніпродзержинська

Ступінь забруднення	Z_c	Адміністративний район
дуже слабкий	< 0,85	не виявлено
слабкий	0,85–1,7	Дніпровський (лівобережжя)
помірний	1,7–3,4	Заводський (правобережжя)
сильний	3,4–6,8	Заводський (правобережжя)
дуже сильний	40–80	Баглійський (правобережжя), Дніпровський (правобережжя)

Отже, найменшим рівнем забруднення ґрунтів (слабким) характеризувалися едафотопи Лівобережної зони Дніпровського району міста.

Сильним і дуже сильним рівнем забруднення ґрунтів характеризувалися урбанізовані території правобережної частини міста Баглійського і Заводського районів (східна, центральна та західна зони). Для більш чіткого уявлення екологічних особливостей розподілу кадмію в місті представлено карту коефіцієнтів концентрації кадмію в едафотопах урбанізованих територій (рис. 2).

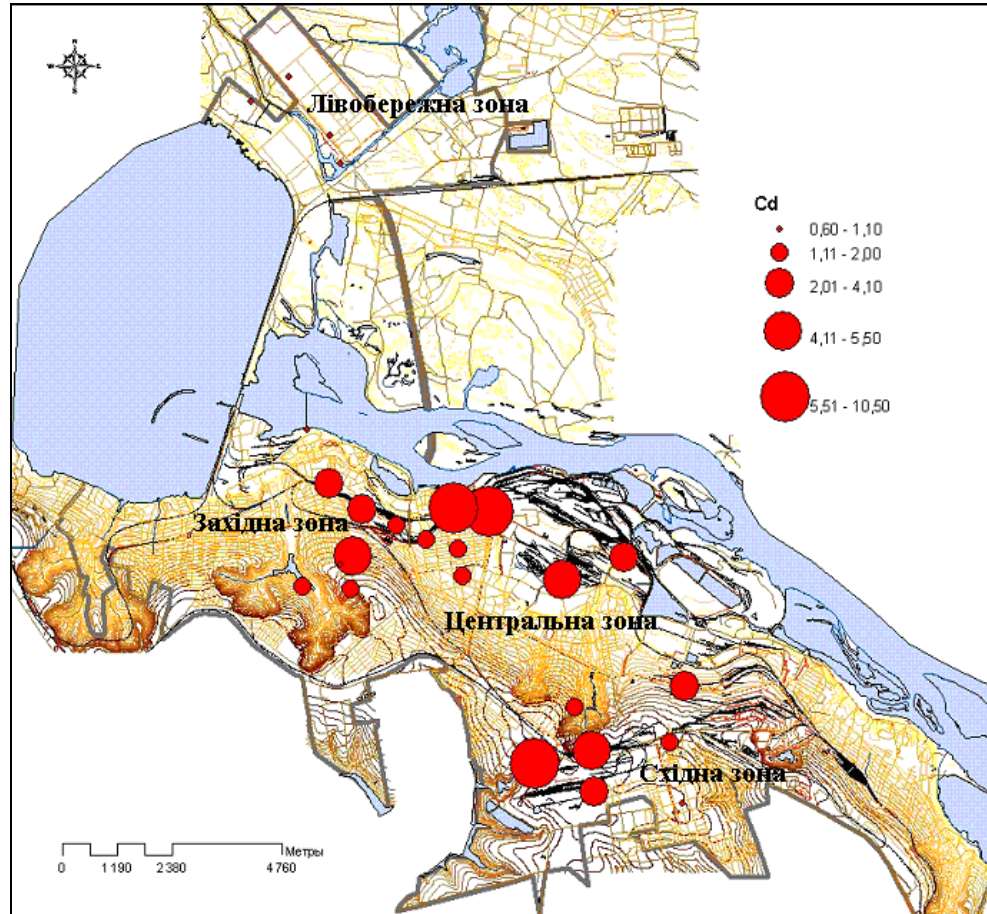


Рис. 2. Коефіцієнти концентрації кадмію в едафотопах урбанізованих територій м. Дніпродзержинська

Результати статистичної обробки експериментального матеріалу демонструють кореляційний зв'язок вмісту кадмію із гумусом. Знайдена кількісна залежність представлена рівнянням регресії. За незалежну змінну x прийнято вміст загального гумусу за y – вміст кадмію (мг/кг абсолютно сухого ґрунту). Встановлена величина коефіцієнту кореляції показала наявність математично доведеного зв'язку вмісту кадмію з гумусом ґрунту (показники кореляції: $r = 0,75$, рівняння регресії $y = 78x + 70$). Наявність тісного достовірного зв'язку кадмію з гумусом дають можливість пов'язати його знаходження у ґрунтах з антропогенним внеском.

ВИСНОВКИ

З'ясовано екологічні особливості розподілу кадмію в едафотопах урбанізованих територій м. Дніпродзержинська. Різноманіття концентрації кадмію, яке формується

під впливом природних та антропогенних факторів у ґрунтах Дніпродзержинську ускладнює вирішення проблеми забруднення ґрунтів таким хімічним елементом. У межах однієї території під степовою рослинністю можуть траплятися ґрунти з різним вмістом кадмію. Диференціація вмісту пов'язана з досить відмінним набором процесів у ґрунті та різноманітними властивостями ґрунтів. Едафотопи всіх досліджуваних нами правобережних урбанізованих територій у тій чи іншій мірі забруднені кадмієм. За вмістом кадмію в ґрунтового покриві адміністративні райони міста Дніпродзержинськ утворюють висхідний ряд: Дніпровський (0,6–9,9 мг/кг) – Баглійський (1,0–10,5 мг/кг) – Заводський (1,5–10,8 мг/кг).

Оцінка інтенсивності техногенних геохімічних аномалій в ґрунтах міста проводилась за показником рівня аномальності. Найменшим рівнем забруднення ґрунтів (слабким) характеризувалися едафотопи Лівобережної зони Дніпровського району міста. Сильним і дуже сильним рівнем забруднення ґрунтів характеризувалися урбанізовані території правобережної частини міста Баглійського і Заводського районів (східна, центральна та західна зони).

Результати статистичної обробки експериментального матеріалу демонструє коефіцієнт кореляції вмісту кадмію з гумусом. Наявність тісного достовірного зв'язку кадмію з гумусом дають можливість пов'язати його знаходження у ґрунтах з антропогенним внеском.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ / REFERENCES

- Boutron, C. F., Gorlasch, U. (ed.), 1991.** Decrease in anthropogenic lead, cadmium and zinc in Greenland snows since late 1960s, *Nature*, 353, 153–156.
- Fatieiev, A. I., Pashchenko, Y. V. (ed.), 2003.** Fonovyi vmist mikroelementiv u gruntakh Ukrainy [Background content of microelements in the soils of Ukraine], NNC «Instytut gruntoznavstva ta ahrokhimii im. O. N. Sokolovskoho», Kharkiv (in Ukrainian).
- Gunko, S. O., 2011.** Kadmij u gruntah m. Dniprodzerzhins'k [Cadmium in soils of Dniprodzerzhinsk], *Visn. Dnipropetr. Univ. Ser. Biol. Ekol.*, 2(1), 24–30 (in Ukrainian).
- Muha, V. D., Sulima, A. F., 1998.** Sootno-shenie sodержaniya tjazhelyh metallov v pochve i pochvoobrazujushhej porode kak kriterij ocenki zagryaznenosti pochv [The ratio of heavy metals in the soil and the soil-rock as a criterion for evaluation of soil contamination], *Eurasian Soil Science*, 10, 1265–1270 (in Russian).
- Pasichnij, G. V., Serdjuk, S. M., 2002.** Geoekologichni monitoringovi doslidzhennja vmistu vazhkih metaliv u grutah tehnogenno zminenih landshaftiv (na prikladi m. Dniprodzerzhins'ka) [Environmental monitoring studies of heavy metals in soils technogenically altered landscapes (for example, m. Dniprodzerzhyn'sk)], *Visn. Dnipropetr. Univ. Ser. Geol. Geog.*, 4, 161–166 (in Ukrainian).
- Perelman, A. I., 2000.** Geohimija landshafta [Landscape geochemistry], Astereja, Moscow (in Russian).
- Tsvetkova, N. M., Klimenko, T. K., 2005.** Tehnogeni anomalii vazhkih metaliv u gruntah urbolandshaftiv stepovogo Pridniprova (na prikladi m. Dniprodzerzhins'ka) [Technogenic anomalies of heavy metals in soils urban landscape steppe Dnieper (for example, Dniprodzerzhynsk)], *Gruntoznavstvo*, 6, 1-2, 45–52 (in Ukrainian).

Стаття надійшла в редакцію: 14.10.2015

Рекомендує до друку: д-р біол. наук, проф. Н. М. Цветкова