насаджень 9-го і 10-го виділів, а також у протиерозійних насадженнях, що оточують досліджену балку.

Байрачний ліс балки Велика Молодняга має певний ресурсний потенціал: до його складу входять цінні медоносні (*Pyrus communis*, *Armeniaca vulgaris*, *Ligustrum vulgare*, *Robinia pseudoacacia*) та лікарські рослини (*Sambucus nigra*, *Rhamnus cathartica*, *Morus nigra*). До групи лікарських рослин належить і *Syringa vulgaris*, зарості якої на території гирла балки є суто антропогенного походження. Інші лікарські, як і вітаміноносні рослини (*Prunus spinosa*, *Rosa canina*, *Crataegus monogyna*, *Berberis vulgaris*), зустрічаються відносно рідко на території балки. Збиральна форма рекреації проявляється у відчуженні великої кількості плодів *Armeniaca vulgaris*, *Morus nigra*, набагато менше споживається *Juglans regia*, *Prunus divaricata*, *Berberis vulgaris* (у зв'язку з їх рідким траплянням на території балки).

DOI <https://doi.org/10.26661/2312-2056/2019-24/2-02>

УДК 574.4:595.7

ОСОБЛИВОСТІ НАКОПИЧЕННЯ ВАЖКИХ МЕТАЛІВ В ЕДАФОТОПАХ УРБОФІТОЦЕНОЗІВ ЗА ДІЇ ВИКИДІВ ТЕПЛОВИХ ЕЛЕКТРОСТАНЦІЙ

Зайцева І. О., Поворотня М. М.

Дніпровський національний університет

імені Олеса Гончара

irinza.ldfr@gmail.com

Придніпровська та Криворізька ТЕС є вагомим джерелом екологічно небезпечних викидів у Дніпропетровській області. Установлено вміст важких металів у вугіллі, що використовується як паливо на ТЕС, та щорічні обсяги викидів Hg і Pb – металів І та ІІ класів безпеки. Досліджено особливості та характер накопичення важких металів у ґрунтах за дії викидів ТЕС у переважному напрямку руху повітряних мас. Визначено перевищення ГДК ртуті та свинцю на відстані до 7 км від ТЕС з максимальними значеннями на віддаленні 2 і 4 км (4 ГДК по Hg, 2 ПДК по Pb) на території житлових масивів, а також в умовному контролі – в ботанічному саду ДНУ (1,2 ГДК). Максимальне накопичення Cd, As, Zn, Cu відзначено на відстані 0,5–2 км, яке досягає 4,9–4,2 ГДК для кадмію; 5,1–3,6 ГДК для міді та значно нижчих значень для цинку і міді (1,0–1,3 ГДК).

Техногенні екосистеми, теплоенергетика, ґрунти, коефіцієнти накопичення, ртуть, свинець, кадмій, мідь, цинк, мідь

У техногенно змінених екосистемах найбільш актуальним питанням є вивчення кумулятивної здатності компонентів біогеоценозів відносно різних хімічних інгредієнтів, у тому числі важких металів. В екобіологічних дослідженнях значна увага приділяється вивченню особливостей поглинання токсикантів з атмосферного повітря й ґрунту та їх накопичення рослинними компонентами біоценозів на територіях з високим рівнем розвитку промисловості, про що свідчать численні наукові публікації [1, 8, 11, 12]. Зокрема, деревні рослини здатні накопичувати значну кількість важких металів, адсорбуючи їх. Як було встановлено у дослідженнях В. П. Бессонової [3], В. М. Гришка [5] високі коефіцієнти накопичення окремих металів такими породами, як клен-явір, клен ясенелистий, горобина звичайна, тополі канадська, китайська та італійська, береза повисла свідчать про їх здатність до вилучення значних кількостей поллютантів з навколишнього середовища. Акумуляція зеленими насадженнями шкідливих аерозолів, хімічних елементів та сполук із повітря та ґрунту є бар'єром для їх подальшого розповсюдження, тому вивчення особливостей забруднення едафотопів інгредієнтами промислових викидів є необхідною передумовою комплексної оцінки стану біоценозів на антропогенно змінених територіях.

У районах з інтенсивним техногенним виробництвом, у тому числі теплових електростанцій (ТЕС), утворюються особливі зони геохімічного забруднення. При згорянні вугілля в атмосферне повітря потрапляє велика кількість забруднюючих речовин, що обумовлено як обсягами використання, так і складом вугілля. Так, майже половина видобутого в Україні вугілля (46 %) використовується на потреби теплових електростанцій, а це складає близько 30 млн. т на рік [18]. ТЕС є основним джерелом забруднення довкілля ртуттю, свинцем – металами І класу безпеки, кадмієм та інших [20, 10]. В екотопах поблизу Бурштинської ТЕС відзначаються підвищені концентрації валових і рухомих форм важких металів (Fe, Cu, Zn, Mn) порівняно із фоновими

значеннями [7, 15]. При дослідженні впливу Луганської ТЕС встановлено, що коефіцієнт кореляції між забрудненням ґрунтів та атмосферного повітря становить 0,99, тобто забруднення ґрунтів відбувається внаслідок осадження металів на їх поверхні. Найбільша акумуляція важких металів спостерігається у верхніх шарах ґрунту, на глибині до 20 см, проте виявляють проникнення металів на глибину більше одного метра [17, 22, 23]. Здатність до акумуляції як у верхніх шарах, так і в більш глибоких, вказує на наявність довготривалого впливу важких металів на ґрунт і на рослини в зоні дії викидів ТЕС.

На території Дніпропетровської області до найбільш небезпечних за кількістю та токсичністю викидів підприємств відносяться Криворізька та Придніпровська ТЕС, які входять, відповідно, до числа десяти та ста найбільш вагомих об'єктів-забруднювачів довкілля в Україні. Про це свідчать показники загального обсягу викидів, які становлять, відповідно, 146 та 84 тис. т на рік [9]. На Криворізькій ТЕС викиди важких металів майже вдвічі перевищують обсяги викидів Придніпровської ТЕС через більший відсотковий вміст вугілля у складі палива (відповідно 97,27 та 88,49 %), решту якого складають природний газ (2,41 та 11,43 %) та мазут (0,32 та 0,08 %). Вплив цих об'єктів на компоненти довкілля дотепер залишається недостатньо вивченим. У зв'язку з цим актуальним є проведення моніторингових досліджень в умовах Степового Придніпров'я, зокрема визначення кількісного вмісту важких металів у ґрунтах урбоценозів у залежності від відстані до джерела забруднення – ТЕС, що і було метою нашої роботи.

Матеріали та методи досліджень

Дослідження проводили на шести моніторингових ділянках: в зоні дії Криворізької (І м.д.) та Придніпровської ТЕС з різним рівнем урбо- і техногенного навантаження (ІІ, ІІІ, ІV), умовний контроль (V – ботанічний сад ДНУ), контроль в екологічно чистому районі (VI – в Межовському районі). Відбір проб ґрунту проводили за відповідною методикою для аналізу вмісту металів [14]. Визначення вмісту рухомих сполук важких металів у ґрунтах – Pb, Hg, Cu, Zn, Cd проводили методом атомно-адсорбційної спектрометрії на атомному

спектрографі ААС-115-М1, похибка вимірювань не перевищувала 3 %. Екстракцію важких металів проводили 2н розчином HCl. За цим методом визначали й вміст важких металів у пробах вугілля, яке використовується на Придніпровській (ПдТЕС) та Криворізькій (КрТЕС) теплоелектростанціях.

Результати та їх обговорення

Придніпровська ТЕС знаходиться на території міста Дніпро і безпосередньо впливає на стан навколишнього середовища, поряд з іншими джерелами забруднення [16]. Основним паливом на ПдТЕС є вугілля марки «антрацит АШ» та марки «Т» – пісне вугілля. Антрацит є вугіллям високої якості із вмістом вуглецю до 95 %, з виходом летких речовин менше 8 %. Вугілля марки «Т» має дещо нижчий відсоток вуглефікації (85–92 %) і більший вихід летких речовин (8–18 %) [13].

Криворізька ТЕС розташована в місті Зеленодольськ, на відстані більше 50 км від м. Кривий Ріг, що робить можливим відокремити вплив викидів ТЕС від викидів інших підприємств. Основним видом палива, що використовується на КрТЕС, є вугілля марки «Т», «П», «Ж», яке має переважно низьку калорійність, високу зольність і значну вогкість [13], внаслідок чого збільшується кількість викидів при згорянні цього палива.

За результатами аналізу вмісту важких металів у вугіллі (табл. 1) можна відзначити, що у найбільшій кількості містяться Zn і Mn.

Досить високий вміст Pb у пробах вугілля вказує на значний внесок теплових електростанцій у забруднення довкілля цим токсичним металом. Вміст Hg у вугіллі порівняно незначний, на 1–2 порядки менший за вміст свинцю – 0,05 та 0,15 мг/кг, що узгоджується з іншими відомостями за літературними даними – від 0,05 до 0,4 мг/кг [4], проте зважаючи на високу небезпечність ртуті та низький допустимий поріг вмісту ртуті в компонентах екосистем (значно нижчий за всі інші важкі метали), викиди продуктів згоряння палива на теплоелектростанціях можуть становити значну екологічну загрозу забруднення ртуттю.

Таблиця 1 – Вміст важких металів у вугіллі – паливі теплових електростанцій

Table 1 – The content of heavy metals in coal as fuel at thermal power plants

Досліджуваний елемент	ПдТЕС, мг/кг	КрТЕС, мг/кг
Цинк	32,82±0,984	29,89±0,896
Марганець	26,09±0,782	16,36±0,409
Свинець	7,47±0,209	8,59±0,257
Мідь	2,41±0,043	1,95±0,058
Миш'як	0,10±0,009	0,10±0,028
Кадмій	0,05±0,003	0,03±0,015
Ртуть	0,05±0,003	0,10±0,021

У перерахунку на обсяги споживання вугілля КрТЕС і ПдТЕС, кількість найбільш небезпечних металів (Hg і Pb) представлена в таблиці 2.

Таблиця 2 – Обсяги викидів Hg і Pb тепловими електростанціями

Table 2 – The amount of Hg and Pb emissions of thermal power plants

ТЕС	Обсяги вугілля, т/рік	Кількість металів у викидах ТЕС, т/рік	
		Hg	Pb
Криворізька	3 млн	0,30	25,77
Придніпровська	2 млн	0,10	14,94

Результати показали, що теплові електростанції щороку викидають у повітря значні обсяги небезпечних важких металів – ПдТЕС близько 15 т сполук свинцю та 100 кг сполук ртуті, Криворізька ТЕС сполук Pb на 70 % більше, сполук Hg – у три рази більше, що становить небезпеку для навколишнього середовища поряд із промисловими викидами інших підприємств. Дослідження екосистем Степового Придніпров'я, які проводилися протягом останніх десятиріч, вказують на зростання вмісту важких металів Pb, Cu, Ni у 1,5–2 рази, Hg – 2–14 разів у різних едафотопах внаслідок зростання техногенного навантаження [6, 19, 21]. Визначення впливу викидів ТЕС на довкілля доцільно провести на прикладі більш потужної Криворізької ТЕС, поблизу якої

відсутні будь-які інші підприємства, у порівнянні з даними з накопичення поллютантів у компонентах біоценозів в зоні дії Придніпровської ТЕС. Результати визначення вмісту важких металів у ґрунтах пробних майданчиків представлені в таблиці 3.

Отримані дані показують, що вміст важких металів у ґрунтах, насамперед, залежить від обсягів викидів ТЕС, а також від відстані до джерела забруднення. Так, в зоні дії більш потужної Криворізької ТЕС з більшими обсягами викидів (табл. 2) порівняно з Придніпровською ТЕС, на відстані 500 м відзначено більший кількісний вміст Hg, Pb, As і особливо Cu. В зоні дії ПдТЕС на відстані 500 м, порівняно з КрТЕС, виявлено більшу кількість у ґрунтах таких елементів, як Cd і Zn, що пов'язано із більшим вмістом цих металів у вугіллі, що використовується на Придніпровській ТЕС.

У цілому, порівнюючи дані за I і II пробних майданчиків (на відстані 500 м), можна відзначити загальні риси впливу теплоелектростанцій на навколишнє середовище, які полягають у забрудненні ґрунтів, насамперед такими важкими металами, як Hg, вміст якого перевищує ГДК у 2,8 та 2,1 разів в едафотопах біля КрТЕС та ПдТЕС, Cd (2,9 та 4,9 ГДК відповідно), As (5,4 та 5,1 ГДК), Pb (1,5 ПДК на обох пробних майданчиках).

Для деяких важких металів, а саме Cd, As, Zn, спостерігається максимальний вміст у ґрунтах на відстані від джерела забруднення до 1000 м. При цьому рівень забруднення едафотопів перевищує ГДК у 4–5 разів і становить для Cd 7,33 мг/кг, As – 10,89 мг/кг, Zn – 87,35 мг/кг. При віддаленні від джерела забруднення вміст даних металів у ґрунтах знижується і досягає рівня ГДК: для цинку вже на відстані 2000 м, для кадмію – 3000 м від ТЕС, тоді як миш'як розповсюджується на більш великі відстані – вміст елементу на віддаленні 4000 м перевищує ГДК у 2,9 разів.

Найбільший інтерес представляють дослідження накопичування у ґрунтах та характеру розповсюдження металів I та II класу небезпеки, які є специфічними інгредієнтами викидів теплових електростанцій – ртуті та свинцю, особливо з огляду на обсяги вмісту даних металів у викидах ТЕС (табл. 2). Порівняльний аналіз акумуляції Hg та Pb ґрунтами в зоні дії Криворізької та Придніпровської ТЕС показує,

що на КрТЕС вміст ртуті більший на 35 % за відповідний показник на ПдТЕС (4,32 мг/кг), перевищує ГДК майже втричі і становить 5,83 мг/кг.

Враховуючи, що відстань від джерела забруднення є однаковою, різниця кількості ртуті у ґрунтах І та ІІ пр. м. може бути обумовлена різними обсягами використовуваного вугілля (табл. 2), що підтверджує виключну роль продуктів згоряння вугілля у забрудненні навколишнього середовища ртуттю. Щодо вмісту Pb, в едафотопях на відстані 500 м від ТЕС встановлено перевищення ГДК на І та ІІ пр. м. у 1,5 рази.

Особливості розповсюдження Hg та Pb, на відміну від інших металів (рис. 1), проявляються у перевищенні їх кількості відносно ГДК в едафотопях пробних майданчиків, розташованих на великих відстанях від джерела забруднення (до 7000 м), з урахуванням рози вітрів, тоді як кількість інших досліджуваних важких металів, наприклад Cu, не перевищує ГДК вже на відстані 2000–4000 м. На такому віддаленні від ТЕС встановлено максимальний вміст ртуті і свинцю в едафотопях, які знаходяться у житлових масивах. При віддаленні вміст досліджуваних важких металів знижується до рівня ГДК на відстані 7000 м від джерела забруднення, у приміській зоні.

Максимально забрудненими ртуттю виявилися ґрунти на відстані 2 км від теплової електростанції (4 ГДК), що може бути пов'язане з особливостями руху повітряних мас, висотою труб та незначною масою часточок, що містять ртуть, у складі викидів. При подальшому збільшенні відстані від джерела забруднення вміст ртуті зменшується. Наближення кривої до значень норми зі зростанням відстані вказує на те, що ТЕС є єдиним або найбільшим джерелом забруднення едафотопів ртуттю.

Розподілення Pb у ґрунтах має хвилюподібний характер з максимальним вмістом на відстані 3–4 км на території житлового масиву (2 ГДК). Така особливість може бути наслідком наявності інших джерел надходження свинцю у навколишнє середовище, що впливають на забрудненість ґрунтів даним металом на різних відстанях від теплової електростанції.

Таблиця 3 – Вміст важких металів та коефіцієнти їх накопичення у ґрунтах пробних майданчиків
Table 3 – The content of heavy metals and coefficients of accumulation in soils of test sites

ТЕС	Пробний майданчик	Відстань, м	Важкі метали*						
			Hg	Pb	Cd	As	Zn	Cu	
КрТЕС	II	I	500	5.83 ± 0.174 2,8	49.24 ± 0.803 1,5	4.34 ± 0.130 2,9	10.89 ± 0.326 5,4	61.52 ± 1.845 0,7	60.39 ± 1.811 1,1
		500	4.32 ± 0.108 2,1	47.31 ± 0.993 1,5	7.33 ± 0.179 4,9	10.22 ± 0.292 5,1	78.55 ± 2.230 0,9	25.06 ± 0.501 0,5	
ПдТЕС			1000	6.76 ± 0.118 3,2	46.05 ± 0.921 1,4	5.51 ± 0.145 3,7	8.60 ± 0.258 4,3	87.35 ± 1.476 1,0	35.56 ± 0.935 0,6
			2000	8.44 ± 0.226 4,0	25.09 ± 0.715 0,8	6.26 ± 0.102 4,2	7.11 ± 0.206 3,6	68.30 ± 1.338 0,8	72.24 ± 1.271 1,3
			3000	6.35 ± 0.125 3,0	58.71 ± 1.109 1,8	1.43 ± 0.030 1,0	5.64 ± 0.101 2,8	50.32 ± 0.930 0,6	38.25 ± 1.074 0,7
			4000	5.77 ± 0.094 2,7	64.35 ± 1.802 2,0	1.35 ± 0.026 0,9	5.85 ± 0.096 2,9	40.20 ± 1.204 0,5	28.37 ± 0.431 0,5
	IV	7000	2.55 ± 0.062 1,2	11.62 ± 0.168 0,4	0.16 ± 0.004 0,1	1.53 ± 0.037 0,8	32.18 ± 0.965 0,4	5.78 ± 0.130 0,1	
		V (борсад)	5500	2.64 ± 0.052 1,3	12.58 ± 0.295 0,4	0.23 ± 0.006 0,2	2.43 ± 0.072 1,2	25.24 ± 0.732 0,3	8.43 ± 0.253 0,2
	VI			1.78 ± 0.024 0,6	10.57 ± 0.230 0,3	0.32 ± 0.009 0,2	2.11 ± 0.059 1,1	13.51 ± 0.397 0,2	4.37 ± 0.109 0,1

* Примітка: у чисельнику – вміст важких металів, мг/кг; у знаменнику – коефіцієнт накопичення

Рисунок 1 – Відносний вміст важких металів у ґрунтах на різних відстанях від Придніпровської ТЕС (ряд 1 – Hg; ряд 2 – Pb; ряд 3 – Cu)

Figure 1 – Relative content of heavy metals in soils at the various distances to Prydniprovsk TPP

Аналіз розповсюдження Hg та Pb – металів I та II класу небезпеки в зоні дії викидів Придніпровської ТЕС у переважających напрямках рози вітрів показав перевищення рівня ГДК на відстанях 2–4 км, де знаходяться великі житлові масиви міста Дніпро. Відомо, що особливу небезпеку становлять іони свинцю і ртуті, які знаходяться у ґрунтовому поглинальному комплексі і мають синергичні властивості, про що свідчить визначений ГДК для даного комплексу (Pb+Hg: ГДК=20,0+1,0), який є нижчим, ніж для кожного металу окремо (32,8 та 2,1 мг/кг відповідно) [2].

Таким чином, селітебні території в зоні дії викидів ТЕС потребують обов'язкового проведення середовищепокращуючих заходів для запобігання негативних наслідків накопичення ртуті й свинцю та їх сполук. До таких заходів, у першу чергу, належать фітомеліоративні, які дозволяють за

допомогою насаджень вилучати з повітря значну кількість небезпечних речовин – компонентів викидів ТЕС.

Висновки

1. Придніпровська та Криворізька ТЕС є вагомим джерелом екологічно небезпечних викидів у Дніпропетровській області, в результаті роботи яких у повітря потрапляє відповідно 84751 та 146529 т/рік забруднюючих речовин, у тому числі важких металів 422 та 748 т/рік.

2. У вугіллі, що використовується як паливо на ПдТЕС, міститься більша кількість цинку, марганцю, міді, кадмію, ртуті, дещо менша – свинцю, проте з урахуванням обсягів щорічного споживання вугілля, КрТЕС викидає у повітря сполук Pb на 70 % більше, а сполук Hg – металу I класу небезпеки – у 3 рази більше.

3. Установлено високий вміст Hg у ґрунтах на відстані 500 м від джерела забруднення – Криворізької ТЕС – 5,83 мг/кг (2,8 ГДК), який на 35 % перевищує показник на Придніпровській ТЕС (2,1 ГДК).

4. Визначено особливості розподілу важких металів у едафотопях в залежності від відстані до ТЕС у переважному напрямку руху повітряних мас. Максимальне накопичення Cd, As, Zn, Cu спостерігається на відстані 500–2000 м, яке досягає 4,9–4,2 ГДК для кадмію; 5,1–3,6 ГДК для миш'яку, і значно нижчих значень для цинку і міді (1–1,3 ГДК).

5. Максимальне накопичення Hg у ґрунтах відзначається на відстані 1000–3000 м, Pb – на відстані 3000–4000 м від джерела забруднення. Вміст Hg в едафотопях у 3–4 рази перевищує ГДК і становить 6,35–8,44 мг/кг, вміст Pb знаходиться в межах 1,8–2,0 ГДК і становить 58,71–64,35 мг/кг.

6. На відстані 4–7 км від джерела забруднення вміст ртуті в ґрунтах залишається високим як на житлових територіях (2,7–1,2 ГДК), так і в умовному контролі в ботанічному саду (1,2 ГДК), в той час як вміст свинцю становить 0,4 ГДК. Найнижчі значення коефіцієнта накопичення Hg і Pb відзначено в ґрунтах екологічно чистої зони – 0,8 і 0,3 ГДК відповідно.

Література:

1. Баранов В. І., Гузь М. М., Гавриляк М. С., Пащук С. П. Вивчення вмісту важких металів у деревних рослин на деастрованих ґрунтах породного відвалу вугільних шахт. Науковий вісник НЛТУ України. 2010. Вип. 20.1. С. 68–72. DOI: <https://doi.org/10.15421/40281001>.
2. Беспамятков Т. П., Кротов Ю. А. Предельно допустимые концентрации химических веществ в окружающей среде. Ленинград : Наука, 1985. 528 с. DOI: 10.1007/s11814-015-0137-4.
3. Бессонова В. П., Зайцева І. А. Вміст важких металів у листі дерев і чагарників в умовах техногенного забруднення різного походження. Питання біоіндикації та екології. 2008. Вип. 13, № 2. С. 62–77.
4. Волостнов А. В., Арбузов С. И., Осипова Н. А. [и др.]. Ртуть в углях Сибири. Ртуть в биосфере: эколого-геохимические аспекты. Матер. Междунар. симпозиума. Москва : ГЕОХИ РАН, 2010. 99–104. DOI:10.1260/0144-5987.27.6.401
5. Гришко В. М., Сициков Д. В., Піскова О. М. [та ін.]. Важкі метали: надходження в ґрунти, транслокація у рослинах та екологічна небезпека. Донецьк, 2012. 306 с.
6. Гришко В. М., Данильчук О. В., Сицикова О. В. Вміст різних за рухомістю форм важких металів в едафотоплах, що зазнають техногенного впливу. Вісник Дніпропетр. ун-ту. Серія Біологія. Екологія. 2001. Вип. 10. Т. 1. С. 181–185.
7. Довганич Н. В. Оцінка ступеня забруднення цинком системи ґрунт–вода–рослина території Буриштинської теплоелектростанції та зони активного її впливу. Ґрунтознавство. 2011. Т. 12, № 3–4. С. 49–54.
8. Евсеева Т., Юраниева И., Храмова Е. Механизмы поступления, распределения и детоксикации тяжелых металлов у растений. Физиология растений. 2003. Т. 133. С. 218–229. DOI: 10.1016/j.plantsci.
9. Екологічний паспорт Дніпропетровської області. Дніпропетровськ. 2009. 130 с. DOI:10.31210/visnyk2019.02.08.
10. Жданов В. В., Єрмаченко О. Б., Котов В. С. та ін. Забруднення об'єктів середовища викидами підприємства теплоенергетики як фактор впливу на еколого-гігієнічну

- ситуацію. Питання експер. та клін. медицини. Донецьк : ДонНМУ. 2008. Вип. 12. Т. 1. С. 68–71.
11. Корнелюк Н. М. Особливості біологічної акумуляції важких металів деревною рослинністю в умовах антропогенного тиску (на прикладі південної промислової зони м. Черкаси. Вісник Черкаського націон. ун-ту. Серія біол. науки. 2009. Вип. 156. С. 37–44.
 12. Кулагин А. А., Шагиева Ю. А. Древесные растения и биологическая консервация промышленных загрязнителей. Москва : Наука, 2005. 190 с.
 13. Мала гірнича енциклопедія / За ред. В. С. Білецького. Донецьк: Донбас, 2004. Т. 1. 640 с.
 14. Методические указания по проведению полевых и лабораторных исследований почв и растений при контроле загрязнения окружающей среды металлами. Москва : Гидрометиздат, 1981. С. 45–73.
 15. Паньків З. Забруднення важкими металами ґрунтів міста Буриштин Івано–Франківської області. Вісник Львів. ун-ту. Серія географічна. 2007. Вип. 34. С. 189–192. DOI: <http://dx.doi.org/10.30970/vgg.2007.34.2624>.
 16. Сердюк С. Н. Биогеохимические исследования загрязнения тяжелыми металлами территории г. Днепропетровска. Вісник аграрної науки. 2008. Вип. 12. С. 177–183.
 17. Тютюнник Ю. Г. О зависимости содержания тяжелых металлов в городских почвах от уровня загрязнения атмосферы. Агрохимия. 1992. №7. С. 115–117.
 18. Удод Є. І. Паливно-енергетичні ресурси. Перспективи України. Новини енергетики. 2005. № 1. С. 57–61.
 19. Цветкова Н. Н., Дубина А. О. Миграция органо-минеральных веществ тяжелых металлов в искусственных дубовых насаждениях степной зоны Украины. Вісник Дніпропетр. ун-ту. Біологія. Екологія. 2001. Вип. 9. Т. 1. С. 67–70.
 20. Юдович Я. Э., Кетрис М. П. Ртуть в углях – серьезная экологическая проблема. Биосфера. 2010. Т. 1, № 2. С. 237–247. doi:10.1029/2004GL021748.

21. Якуба М. С. Типологічні особливості накопичення важких металів у підстильці та опаді штучних насаджень Присамар'я Дніпровського. *Екологія та ноосферологія*. 2008. Т. 19, № 3–4. С. 67–76. DOI 10.1016/S0038-0717(97)00163-6.

22. Ge Y., Murray P. Trace metal speciation and bioavailability in urban soils. *Environ. Pollut.* 2000. V. 107, № 3. P. 137–144. DOI:10.1016/S0269-7491(99)00119-0.

23. Sterckeman T., Douay F. Vertical distribution of Cd, Pb and Zn in soils near smelters in the North of France. *Environ. Pollut.* 2000. V. 107, № 3. P. 377–389. DOI:10.1016/S0269-7491(99)00165-7.

PECULIARITIES OF HEAVY METAL ACCUMULATION IN EDAPHOTOPES OF URBOPHYTOCENOSSES UNDER THE ACTION OF EMISSIONS OF THERMAL POWER PLANTS

Zaytseva I. O., Povorotnya M. M.
Oles Honchar Dnipro National University
irinza.ldfr@gmail.com

In the areas with intensive technogenic production, including the thermal power plants (TPP), special zones of geochemical contamination are formed. In the territory of Dnipropetrovsk region, the most dangerous enterprises in terms of quantity and toxicity of emissions are Kryvyi Rih TPP and Prydniprovsk TPP. As a result of their operation 84.751 t/year and 146.529 t/year of contaminating agents, including heavy metals (422 t/year and 748 t/year, respectively), are emitted into the air. Impact of these production facilities on the environmental components is still poorly known.

Studies were conducted on four monitoring sites in the area of operation of Kryvyi Rih TPP and Prydniprovsk TPP and sites of conditional control (botanical garden) and control in the environmentally sound area outside the city limits. The content of mobile compounds of heavy metals Pb, Hg, Cu, Zn, Cd in soils was determined by atomic adsorption spectrometry using the atomic spectrograph AAC-115-M1.

Results of studies show that coal used as a fuel at PdTPP consists mostly of zinc, manganese, copper, cadmium, mercury, with slightly less amount of lead, but taking into account the annual coal consumption KrTPP emits 70 % more Pb compounds

and 3 times more compounds of Hg (metal of I hazard category) into the air.

The obtained data show that the content of heavy metals in soils depends primarily on the amount of TPP emissions and the distance to the source of contamination. For example, in the area of operation of more powerful Kryvyi Rih TPP with higher volumes of emissions (compared to Prydniprovsk TPP), the larger quantitative content of Hg, Pb, As and in particular Cu was observed at the distance of 500 m. In the area of operation of PdTPP, at the distance of 500 m, compared to KrTPP, more elements such as Cd and Zn are found in soils, which is due to higher content of these metals in the coal used at the Prydniprovsk TPP. It can also be noted that general features of the environmental impact of thermal power plants lie in the contamination of soils mostly with heavy metals like Hg, the content of which exceeds MPC 2.8 and 2.1 times in the edaphotopes near KrTPP and PdTPP at the distance of 500 m, Cd (2.9 and 4.9 MPC accordingly), As (5.4 and 5.1 MPC), and Pb (1.5 MPC).

Peculiarities of the distribution of heavy metals in edaphotopes depending on the distance from the TPP in the predominant direction of air mass movement are determined. Maximum accumulation of Cd, As, Zn, Cu is observed at the distance of 500–2000 m; it reaches 4.9–4.2 MPC for cadmium, 5.1–3.6 MPC for arsenic, and much lower values for zinc and copper (1–1.3 MPC).

Peculiar features of distribution of Hg and Pb, as distinct from other metals, are manifested in the excess of their amount with regard to MPC in the edaphotopes of test sites located at the large distances from the source of contamination (up to 7000 m), whereas the amount of other heavy metals under study, for example, Cu, does not exceed MPC already at the distance of 2000–4000 m. Maximum accumulation of Hg in soils is recorded at the distance of 1000–3000 m, Pb – at the distance of 3000–4000 m from the contamination source. The content of Hg in the edaphotopes exceeds MPC 3–4 times, making 6.35–8.44 mg/kg; the content of Pb is within 1.8–2.0 MPC and makes 58.71–64.35 mg/kg. Approximation of the curve of Hg content to the normal values with increasing distance indicates that the TPP is the only

source or the largest source of contamination of the edaphotopes with mercury.

Analysis of the distribution of Hg and Pb (metals of I and II hazard categories) in the area of emissions of the Prydniprovsk TPP shows the increase in the level of MPC at the distances of 2–4 km, where large residential estates of the Dnipro city are located. Therefore, residential territories in the area of TPP emissions require the obligatory implementation of the environment improvement measures which primarily include phyto-melioration to prevent the negative effects of accumulation of mercury and lead and their compounds.

DOI <https://doi.org/10.26661/2312-2056/2019-24/2-03>

УДК 582.28:549.28:574.2(477.64)

**БІОІНДИКАЦІЯ ВАЖКИХ МЕТАЛІВ В
ОТОЧУЮЧОМУ СЕРЕДОВИЩІ
ЙОНСЕЛЕКТИВНИМИ ЕЛЕКТРОДАМИ
В ОПЕНЬКУ ОСІННЬОМУ**

Луганська О. В., Єщенко Ю. В., Бовт В. Д.

Запорізький національний університет

130805olga@gmail.com

Об'єктом дослідження були їстівні гриби виду *Armillaria mellea* (опеньок осінній) та субстрат, на якому вони зростали. Гриби вирощували за методикою лабораторії клітинної та організмової технології посівного міцелію (методика екстенсивна, субстрат стандартизований). Збирання матеріалу для дослідів (плодові тіла та субстрат) проводилось у різних екологічних районах м. Марганець (у межах міста), в заводському районі, на узбережжі Каховського водосховища та в м. Запоріжжя (район Кушугумської затоки, в районі звалища 3-го Шевченківського району) та в грибах, культивованих у штучних умовах. В кожному районі було взято та проаналізовано 15 проб. Для кожної проби визначали вміст важких металів у плодовому тілі та в субстратах, на яких вони зростали.

Гриби, важкі метали, йони металів, забруднення, концентрація металів, прунт, йоноселективні електроди

У сучасній Україні практично відсутня достовірна, доступна й зрозуміла населенню інформація про забруднення конкретних ділянок сільськогосподарських угідь тими або