

УДК 57.033

**І.В. Кураєва, В.Й. Манічев,  
С.В. Олішевська, О.П. Локтіонова, О.В. Яковенко**

## **БІОГЕОХІМІЧНІ ПОКАЗНИКИ ҐРУНТІВ У ЗОНІ ВПЛИВУ КОСТЯНТИНІВСЬКОГО СВИНЦЕВО-ЦИНКОВОГО КОМБІНАТУ**

Проведено біогеохімічний аналіз зразків техногенно забруднених ґрунтів на території Костянтинівського свинцево-цинкового комбінату. Виявлена пряма залежність між дозою забруднення і кількістю резистентних до нього мікроорганізмів. Визначена ґрунтова біота техногенно забрудненого чорнозему.

**Вступ.** Один з найважливіших напрямків еколого-геохімічних досліджень — вивчення впливу техногенних чинників на біогеоценози. З метою оцінки загрози впливу потенційно токсичних хімічних речовин на організм людини і навколишнє середовище використовують різноманітні види моніторингу, в тому числі вивчення стану ґрунтової біоти, до якої належать і мікроскопічні гриби. Вони мають більшу здатність до накопичення важких металів (ВМ), ніж інші організми ґрунтів. Також мікробні угруповання ґрунту здатні пристосовуватись до підвищеного вмісту токсичних речовин, зокрема ВМ [1, 9, 11–13]. Резистентність їх — це здатність рости та розвиватись в умовах забруднення, а чутливість — пригнічення або навіть загибель під впливом ВМ. Резистентність мікобіоти залежить, в першу чергу, від структури, типу ґрунту, виду і дози забруднення (Т. Duxbury, Bicknell, 1983). Виділяють такі типи взаємодії мікроорганізмів з ВМ, що супроводжуються резистентністю: обмеження поглинання елементів із забрудненого середовища клітинами; відновлення елементів (ртуть, селен та ін.) [14]; відкладення елементів у нешкідливій формі [12].

Характер впливу ВМ на мікроорганізми визначається їх концентрацією у середовищі,

ступенем токсичності та біологічними властивостями мікробних клітин, у тому числі проникністю клітинної оболонки. Певні незначні концентрації металів є необхідними для життєдіяльності мікроорганізмів. Наприклад, залізо бере участь в окисно-відновних процесах, мідь входить до складу багатьох ферментів живих клітин організмів [20]. Але за істотного підвищення значення концентрації будь-який метал для мікроорганізмів стає токсичним: змінюється морфологія клітин, відбувається пригнічення росту мікроорганізмів до повної їх загибелі (Х. Ерліх, 1981).

За високого вмісту ВМ, особливо їх мобільних форм, у ґрунті змінюються морфофункціональні показники ґрунтових мікоміцетів: затримується проростання спор, знижується швидкість спорування і росту міцелію, він стає тоншим [15].

Об'єктивну оцінку рівня екологічної небезпеки щодо техногенного забруднення ґрунту ВМ дають дослідження їх мобільних форм. Саме вони забезпечують надходження токсичних металів у первинну ланку трофічних ланцюгів. Характерною особливістю техногенно забруднених ґрунтів є високий вміст мобільних форм свинцю та цинку.

**Об'єкти і методи досліджень.** Для вивчення особливостей накопичення і вертикального розподілу форм знаходження ВМ у ґрунтах об'єктом дослідження було обрано місцевість

поблизу Костянтинівського свинцево-цинкового комбінату "Свинець". Він розташований на території Донецької обл., у частині, що належить до східної зони степової біокліматичної провінції. У ґрунтовому покриві зони переважають чорноземи звичайні, розвинуті на елювії глинистих сланців [6, 7].

На території об'єкта було відібрано вертикальні ґрунтові колонки, з яких виділені пошарові зразки ґрунту (0–5, 5–10, 10–20, 20–30 см). У них за допомогою методу атомної абсорбції на приладі КАС-115 визначений вміст валовий і рухомих форм ВМ.

Проби ґрунтів для виділення мікроскопічних грибів відбирали на глибині 0–10 см, де акумулюється найбільша кількість полутантів і спостерігається найвищий вміст мікроелементів [16]. Для виділення мікроскопічних грибів використовували метод ґрунтового розведення [17]. Ґрунтову суспензію висівали на живильні агаризовані середовища: сусло агар, картопляно-глюкозне середовище і агаризоване середовище Чапека. Повторність кожного посіву була трикратною.

Для оцінки екологічного стану мікобіоти ґрунтів враховували частоту фіксації мікроскопічних грибів [19] та індекс меланізації мікобіоти [3]. Ідентифікацію чистих культур мікроміцетів проводили з використанням загально визначених визначників [9, 18].

**Результати досліджень.** Чорноземні ґрунти, які знаходяться в зоні впливу комбінату, мають потужність від 50 до 90 см, залягають на суглинках, вміст гумусу ~4 %. У табл. 1

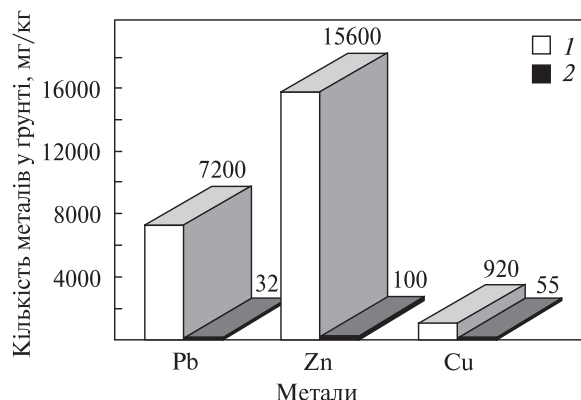


Рис. 1. Вміст важких металів у ґрунті поблизу Костянтинівського свинцево-цинкового комбінату "Свинець": 1 – вміст ВМ; 2 – ГДК

наведено хімічний склад ґрунтів у зоні впливу комбінату.

Костянтинівський свинцево-цинковий комбінат був побудований у 1930 р. Сировиною для отримання цинку та свинцю слугували поліметалічні руди. Забруднення чорноземів упродовж 70 років у ближній зоні впливу Костянтинівського комбінату призвело до того, що, за нашими даними, вміст міді, свинцю і цинку сьогодні значно перевищує гранично допустимі концентрації (ГДК) і фонові значення для даного регіону (табл. 2).

Вертикальний розподіл ВМ показав, що ґрунти до глибини 30 см збагачені на Cu, Pb і Zn, але найбільший вміст цих металів знаходиться у шарі ґрунту 0–5 см [2].

У зразках ґрунту, відібраних на території комбінату та поблизу нього (300 м від комбіна-

Таблиця 1. Середній хімічний склад ґрунтів на території промзони Костянтинівського комбінату, %

SiO <sub>2</sub>	TiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	MgO	CaO	Na <sub>2</sub> O	K <sub>2</sub> O	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	pH	C <sub>орг</sub>	C <sub>карб</sub>
59,86	0,54	8,64	7,94	1,90	6,84	0,60	1,00	0,18	7,1	4,8	0,9

Таблиця 2. Вертикальний розподіл ВМ у техногенно забруднених ґрунтах, мг/кг

Об'єкт	Глибина, см	Cu	Ni	Co	Pb	Zn	Cd
1	0–5	920	38	11	7200	15600	100
	5–10	450	30	13	2600	7000	57
	10–15	160	30	13	290	3000	26
	15–20	60	32	11	100	1950	8
2	0–5	1700	36	20	5000	21200	168
	5–10	46	20	7	100	2380	45
	10–15	42	25	9	110	2540	30
	15–20	60	35	8	250	3900	8

Примітка. 1 – північний напрям, 100 м від комбінату; 2 – північний напрям, 500 м від комбінату.

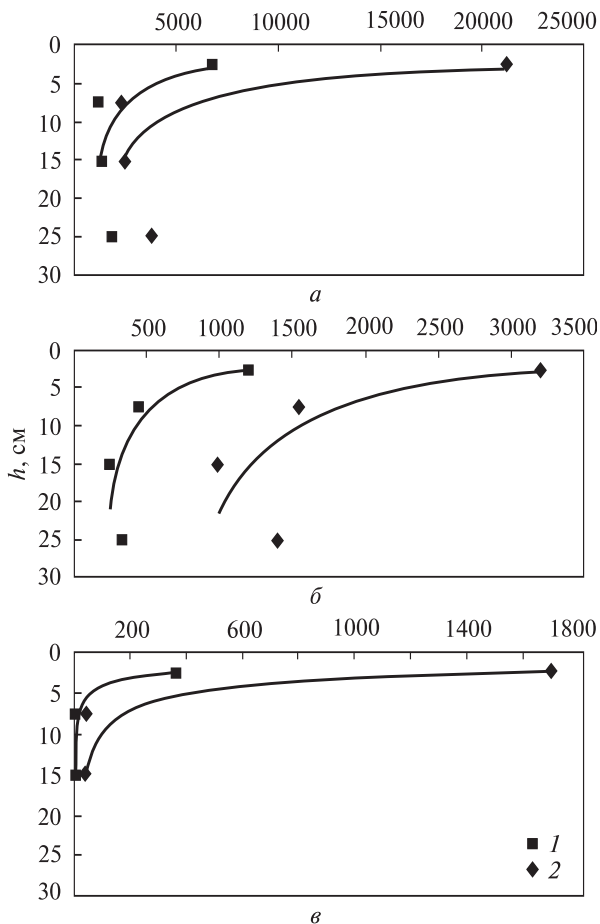


Рис. 2. Вертикальний розподіл Zn (а), Pb (б) і Cu (в) та їх мобільних форм у техногенно забруднених грунтах, мг/кг: 1 — мобільні форми, 2 — валовий вміст

ту) на глибині 0—5 см валова кількість свинцю, цинку та міді перевищувала ГДК в 225,0; 156,0 та 16,7 разів відповідно [6] (рис. 1).

Дослідження вертикального розподілу мобільних форм Cu, Pb і Zn показало, що їх вміст сягає 30 % від валового вмісту для Pb і Zn і 20 — для Cu [2]. Униз за профілем вміст мобільних форм зменшується, але навіть на глибині 30 см Zn присутній у великій кількості — до 1900 мг/кг, а Pb — 350 (рис. 2).

Вміст органічної речовини у верхньому шарі ґрунту (4,8 %) сприяє утворенню з ВМ комплексних сполук, які акумулюються в поверхневих і приповерхневих шарах. Висока адсорбційна здатність гумусового горизонту до ВМ є причиною міцного утримання їх у ґрунті. Цьому сприяють і біогеохімічні чинники, до яких належать вперше в Україні досліджена мікобіота сучасних та стародавніх ґрунтів, забруднених ВМ [21]. Крім цього, у фіксації ВМ чорноземними ґрунтами беруть участь гли-

нисті мінерали. Із досліджених ґрунтів було виділено й ідентифіковано 53 штами 21 виду 16 родів мікроскопічних грибів. Серед вивчених мікроміцетів два види належать до відділу Zygomycota (*Mucor laxorrhizus* var. *laxorrhizus* Y. Ling і *Absidia cylindrospora* Hagem) і два види — до відділу Ascomycota (*Apiospora montagnei* Sacc. і *Chaetomium succineum* L.M. Ames), частота фіксування їх становить 10 %.

Решта видів мікроміцетів належить до мітоспорових грибів. Серед них домінують: *Aspergillus niger* van Tieghem, *Paecilomyces variotii* Chalabuda і *Hormoconis resinae* f. *resinae* (Lindau), частота фіксування яких становить — 60—80 %. У вивчених грунтах часто (30—40 %) зафіксовано *Acremonium persicinum* (Nicot) W. Gams, *Paecilomyces lilacinus* (Thom) Samson, *Penicillium thomii* Maire, а також *Mycelia sterilia* (white).

Решта видів мітоспорових (анаморфних) грибів встановлювались з частотою 10—20 %: *Aspergillus carneus* Blochwitz, *A. ochraceus* Wilh., *A. ustus* (Bain.) thom et Church, *Trichoderma harzianum* Rifai, *Rhinocladiopsis vesiculosa* Kamyshko, *Alternaria alternata* (Fr.) Keissl., *Cladosporium cladosporioides* (Fres.) de Vr., *Oidiodendron cerealis* (von Thumen) Barron, *Fusarium oxysporum* Nees: Fr. і *Mycelia sterilia* (dark).

Індекс меланізації мікобіоти (кількість темнозabarвлених грибів) склав 42,85 %.

Висока частота фіксування в грунтах поблизу комбінату *P. Lilacinus*, за наявності *Mycelia sterilia* (white), а також такий високий індекс меланізації мікобіоти є індикаторами забруднення ґрунтів ВМ і радіонуклідами [4, 5, 16, 21].

Важливо, що домінують і два види меланінвмісних грибів: *A. niger* і *H. resinae* f. *resinae*. Останній — найвідоміший у світі деструктор різних видів пального і нафтопродуктів, здатний рости на бензині, гасі тощо. Слід відмітити домінування цього виду гриба у грунтах поблизу комбінату, оскільки раніше цей гриб з ґрунтів, забруднених ВМ, не виділяли. Його вважають основним агентом у процесі псування авіапального, а продукти його метаболізму — основною причиною деструкції нафтопродуктів і їх вмістилищ [10].

Особливо відчувається ураження пального грибом у тропіках. Він знайдений у 78 % проб авіапального в Австралії, у великій кількості проб у Бразилії, в 80 % проб з Каліфорнії. Цей гриб переважав також в авіапальному, фільт-

рах і паливних баках літаків, про що є відомості з багатьох країн: Великобританії, Данії, Індії, Японії, Нової Зеландії тощо [8].

Серед грибів, які часто фіксуються в ґрунтах поблизу комбінату, важливо відзначити наявність *P. thomii*. Можливо, така резистентність гриба обумовлена наявністю склероціїв міцеліальних структур, що допомагають йому витримувати несприятливі умови навколишнього середовища; в даному випадку — вплив ВМ.

Важливим є домінування в досліджених ґрунтах патогенних грибів: *A. niger* і *P. variotii*, які можуть викликати у людини алергічні реакції (Д. Саттон, А. Фотергілл та ін., 2001) і глибокі мікози внаслідок вдихання спор або занесення інфекції через пошкодження шкірних покривів (у тому числі з ґрунтовим пилом).

**Висновки.** Під впливом низки антропогенних чинників (забруднення ВМ, автопальним тощо) у ґрунтах зростає кількість стійких до цього впливу грибів, багато з яких мають патогенні властивості [16]. Серед виділених з досліджуваних поблизу свинцево-цинкового комбінату ґрунтів 53 штамів 21 виду 16 родів мікроскопічних грибів домінують *Aspergillus niger* і *Paecilomyces variotii*, здатні викликати грибкові захворювання у тварин і людей.

Високий індекс меланізації мікобіоти (42,85 %) і частота фіксування стерильного міцелію у ґрунті (до 40 %) вказують на негативну дію ВМ на ґрунтову біоту.

Таким чином, за спектром ВМ і станом мікобіоти у ґрунтах, екологічна ситуація поблизу Костянтинівського свинцево-цинкового комбінату "Свинець" оцінена як катастрофічна.

1. Андрулюк К.І., Іутинська Г.О., Антипчук А.Ф. та ін. Функціонування мікробних ценозів ґрунту в умовах антропогенного навантаження. — К. : Обереги, 2001. — 240 с.
2. Висотенко О.О. Вертикальний розподіл важких металів техногенного походження та їх мобільних форм в зоні впливу Костянтинівського свинцево-цинкового комбінату // Міжнар. наук.-практ. конф. "Екологічна безпека: проблеми і шляхи вирішення" (11—15 верес. 2006 р., м. Алушта). — Харків, 2006. — Т. II. — С. 127—130.
3. Жданова Н.М. Моніторинг мікроміцетів при визначенні екологічного стану ґрунтів // Агроекологічний моніторинг та паспортизація сільськогосподарських земель. — К. : Фітосоціоцентр, 2002. — С. 146—152.
4. Жданова Н.Н., Василевская А.И. Меланинсодержащие грибы в экстремальных условиях. — Киев : Наук. думка, 1988. — 196 с.
5. Жданова Н.Н., Захарченко В.А., Артышкова Л.В. и др. Состояние микобиоты загрязненных радионуклидами почв зоны отчуждения Чернобыльской атомной электростанции через 14 лет после аварии // Микология и фитопатология. — 2001. — 35, № 6. — С. 1—82.
6. Жовинский Э.Я., Кураева И.В. Геохимия тяжелых металлов в почвах Украины. — Киев : Наук. думка, 2002. — 214 с.
7. Земельні ресурси України / За ред. В.В. Медведєва, Т.М. Лактіонової. — К. : Аграр. наука, 1998. — 148 с.
8. Каневская И.Г. Биологическое повреждение промышленных материалов. — Л. : Наука, 1984. — 232 с.
9. Кириленко Т.С. Определитель почвенных сумчатых грибов. — Киев : Наук. думка, 1978. — 263 с.
10. Коваль Э.З., Сидоренко Л.П. Микодеструкторы промышленных материалов. — Л. : Наука, 1989. — 192 с.
11. Колесников С.И., Казеев К.Ш., Васильков В.Ф. Влияние загрязнения тяжелыми металлами на микробную систему чернозема // Почвоведение. — 1991. — № 4. — С. 501—505.
12. Лебедев В.С., Кузовникова Г.А., Федоров Ю.И. Исследование закономерностей синергидного действия солей тяжелых металлов (Cu, Ag) и лекарственных препаратов // Докл. АН СССР. — 1984. — 277, № 2. — С. 491—494.
13. Лебедева Л.А., Лебедев С.Н., Идемская Н.Л. Влияние тяжелых металлов и извести на активность уреазы в дерново-подзолистой почве // Вестн. Моск. ун-та. Сер. 17. — 1995. — № 2. — С. 68—71.
14. Летунова С.В., Ковальский В.В. Геохимическая экология микроорганизмов. — М. : Наука, 1978. — 146 с.
15. Марфенина О.Е. Микроскопические грибы как показатель техногенного загрязнения почв тяжелыми металлами // Влияние промышленных предприятий на окружающую среду. — М. : Наука, 1987. — С. 189—196.
16. Марфенина О.Е. Антропогенная экология почвенных грибов. — М. : Медицина для всех, 2005. — 196 с.
17. Методы экспериментальной микологии / Под ред. В.И. Билай. — Киев : Наук. думка, 1982. — 432 с.
18. Милько А.А. Определитель мукоральных грибов. — Киев : Наук. думка, 1974. — 304 с.
19. Мирчик Т.Г. Почвенная микология. — М. : Изд-во Моск. ун-та, 1988. — 220 с.

20. *Никитин Г.А.* Биохимические основы микробиологических производств. — К. : Вища шк., 1994. — 319 с.  
21. *Олишевская С.В., Маничев В.И., Захарченко В.А. и др.* Влияние тяжелых металлов на микобиоту почв некоторых промышленных регионов Украины // Микология и фитопатология. — 2006. — 40, № 2. — С. 133—142.

Ін-т геохімії, мінералогії та рудоутворення

Надійшла 01.10.2008

ім. М.П. Семененка НАН України, Київ

Ін-т геохімії навколиш. середовища НАН і МНС

України, Київ

Ін-т мікробіології і вірусології ім. Д.К. Заболотного

НАН України, Київ

*РЕЗЮМЕ.* Проведен біогеохімічний аналіз образців техногенно забруднених ґрунтів території Константиновського свинцево-цинкового комбінату. Визначено пряму залежність між дозою забруднення і кількістю резистентних к нему мікроорганізмів, а також ґрунтова біота техногенно забрудненого чорнозема.

*SUMMARY.* The aim of the work was to investigate the polluted soils of the territory of Kostyantynivka lead-zinc integrated plant. The direct dependence between the contamination dose and the number of microorganisms resistant to it was determined. The soil biota of the polluted chernozem has been defined.