

ПРИРОДНІ ТА ШТУЧНІ СОРБЕНТИ ЯК ІНДИКАТОРИ ЗАБРУДНЕННЯ ДОВКІЛЛЯ ВАЖКИМИ МЕТАЛАМИ

А.І. Самчук¹, Г.А. Гродзинська², І.В. Кураєва¹,
К.В. Вовк¹, Ю.Ю. Войтюк¹

1 — Інститут геохімії, мінералогії та рудоутворення ім. М.П. Семененка НАН України
03142, просп. акад. Палладіна, 34, Київ, Україна

E-mail: vovkkaterina90@gmail.com

2 — Інститут еволюційної екології НАН України
03143, вул. акад. Лебедева, 37, Київ, Україна

Викладено результати еколого-геохімічного дослідження забруднення ґрунтового покриву Київського мегаполісу, виконаного з використанням композиційного хелатного сорбенту (КХЦ-1) та дикорослих грибів як сорбентів важких металів. У зонах промислових об'єктів і автомагістралей забруднення ґрунтів та дикорослих грибів важкими металами є у 3–10 разів вищим, ніж у рекреаційних зонах. Показано можливість застосування штучних сорбентів для екологічного моніторингу.

Ключові слова: композиційний хелатний сорбент, дикорослі гриби, важкі метали, забруднення ґрунтового покриву.

Вступ. Зростання темпів урбанізації, концентрація населення, промислових і транспортних об'єктів на невеликих за площею ділянках та значний обсяг викидів шкідливих речовин усе більше актуалізують проблеми забруднення мегаполісів. До пріоритетних забруднювачів довкілля за ступенем небезпеки належать важкі метали: ртуть, свинець, кадмій, арсен, цинк, нікель. Їхньою особливістю є те, що вони довгий час залишаються токсичними, накопичуються у депонівних середовищах і змінюють форми знаходження (оксиди, солі, метало-органічні сполуки та ін.) [2].

Індикатором екологічного стану міських ландшафтів є ґрунти – природні утворення, здатні накопичувати та довго утримувати мікроелементи, у тому числі важкі метали. Ці питання в Україні детально вивчали Е.Я. Жовинський, І.В. Кураєва, А.І. Самчук та ін. [2, 4]

Ефективний механізм акумуляції важких металів із ґрунтів мають дикорослі гриби, що обумовлено специфічною просторовою та фізико-хімічною будовою грибниці. Одержані нами раніше результати та аналіз відповідних літературних даних [3, 5, 7] свідчать, що плодові тіла дикорослих макроміцетів ефективно накопичують важкі метали із антропогенно забруднених ґрунтів. Унаслідок цього у плодових тілах грибів формуються такі концентрації міді, свинцю, арсену, цинку, кадмію, що створюють потенційну небезпеку для здоров'я людини за умови входження цих сполук до трофічних ланцюгів. Висока біоаккумулятивна здатність

деяких видів дикорослих грибів дає змогу застосувати їх для визначення стану довкілля, рівня його забруднення, тобто біоіндикації [5].

Однак ґрунти та гриби, як і інші природні сорбенти (сніг, мули, рослини) мають як індикатори низку недоліків: низьку сорбційну ємність, стійкість, неоднорідність хімічного складу. Найефективніші способи визначення рівнів забрудненості важкими металами засновані на застосуванні штучних сорбентів, передусім іонообмінних сполук.

Наприклад, вміст мікроелементів на штучних сорбентах, які насичувалися поблизу джерел забруднення в природних умовах, є більш контрастним, ніж їх фоновий вміст у ґрунтах [6, 8].

Суть використання методу, який ми обрали для дослідження, полягає у створенні штучного геохімічного сорбційного бар'єру, на якому елементи накопичуються пропорційно до їх вмісту в ґрунтах. При цьому відбувається фіксація рухомих форм металів сорбційним матеріалом за рахунок іонного обміну та комплексоутворення. Уперше застосування такого методу для контролю міграції берилію та цинку під час проведення екологічного моніторингу навколишнього середовища запропонували К.І. Лукашев і Б.Ф. Міцкевич [6, 8].

Мета даної роботи – визначити забруднення ґрунтів важкими металами із використанням композиційних сорбентів КХЦ-1 та дикорослих грибів як геохімічних індикаторів забруднення довкілля.

Об'єкти і методи дослідження. Вміст важких металів визначено у ґрунтах, штучних сорбентах та дикорослих грибах. Проби ґрунтів відібрано з верхньої частини гумусового горизонту (0–10 см) відповідно до ДСТУ 4287:2004. Композиційний

сорбент КХЦ-1 був виготовлений за методикою [6]. Сорбент, синтезований за технологічною схемою, є поліфункціональним іонітом, що містить сильні та слабкокислі групи. Сорбція йонів металів відбувається за механізмом катіонного обміну та комплексоутворення. Сорбенти закладали в ґрунтах лівобережної частини Києва у межах Дарницького і Деснянського районів за методикою, описаною в [6]. Досліджено територію заводу «Радикал», який зараз не працює та промислової зони ВАТ «Завод по переробці відходів «Енергія», двухметрову зону обабіч автомагістралей і лісопаркову зону Парку Партизанської слави. У цих же місцях відібрано і проби ґрунту.

Дикорослі гриби зібрано в межах Києво-Святошинського району Київського мегаполісу на ділянках із різним ступенем техногенного навантаження, а також у зоні впливу Трипільської ТЕЦ. Досліджено білий гриб (*Boletus edulis*), підосичник (*Boletus aurantiacum*), масляк звичайний (*Boletus luteus*), моховик тріщинуватий (*Boletus chrysenteron*), польський гриб (*Xerocomus badius*), дубовик (*Boletus luridus*), печерицю лучну (*Agaricus campe-*

stris), печерицю польову (*Agaricus arvensis*), мухомор червоний (*Amanita muscaria*).

Схема підготовки грибів до аналізу: плодове тіла грибів ретельно очищували від решток ґрунту чи субстрату, висушували за температури 80 °С, подрібнювали і досушували вже за температури ≥ 100 °С протягом 24 годин. Для аналізу використовували середні проби з 3–5 плодкових тіл кожного збору.

Вміст важких металів у пробах ґрунтів, сорбентах і дикорослих грибах визначали за допомогою мас-спектрометра з індукційно зв'язаною плазмою (ICP-MS) аналізатора *Element-2* (Німеччина) в лабораторії Інституту геохімії, мінералогії та рудоутворення імені М.П. Семененка НАН України.

Результати та обговорення. У табл. 1 наведені значення середнього вмісту важких металів у складі досліджених ґрунтів Київського мегаполісу. Законірно, що найбільш помітні аномалії вмісту важких металів зафіксовано поблизу заводу «Радикал», сміттєспалювального заводу «Енергія», в зоні впливу ТЕЦ та в автомагістральній зоні. Для них значення коефіцієнтів концентрації у 3–10 разів перевищують відповідні показники рекреаційних зон. Головним забруднювачем заводу «Радикал» є ртуть: її концентрація у тисячі разів вища за значення в лісопаркових зонах. Також на цій території у ґрунтах визначено підвищення вмісту свинцю (в середньому в 12 разів) і кадмію (у 9 разів). Для ґрунтів обабіч автострад характерне забруднення свинцем і цинком, для заводу «Енергія» – міддю та свинцем, для ґрунтів ТЕЦ – значна концентрація цинку і міді (350 і 113 мг/кг відповідно).

Найбільша кількість важких металів зафіксована на штучних сорбентах із ділянок зі значним техногенним навантаженням. Особливо інтенсивно накопичується Cu, Zn, Ni, дещо менше – Pb. Концентрування V і Cr на штучних сорбентах, за нашими спостереженнями, не зафіксовано.

Накопичення важких металів на штучних сорбентах загалом пропорційно до вмісту цих елементів у ґрунтах. Найбільше концентруються нікель та мідь, особливо на сорбентах, закладених на техногенно забруднених територіях (рисунок). Найменше насичення штучних сорбентів важкими металами спостерігається в межах лісопаркової зони. Коефіцієнти концентрації (порівняно з валовим вмістом у ґрунтах) досліджуваних важких металів такі: Ni – 1,66 уздовж автомагістралей, Cu – 0,9 та Zn – 0,69 на території заводу «Радикал». Накопичення свинцю на досліджуваних об'єктах незначне – Кк – 0,08–0,3, найвищі значення зафіксовано на території заводу «Енергія».

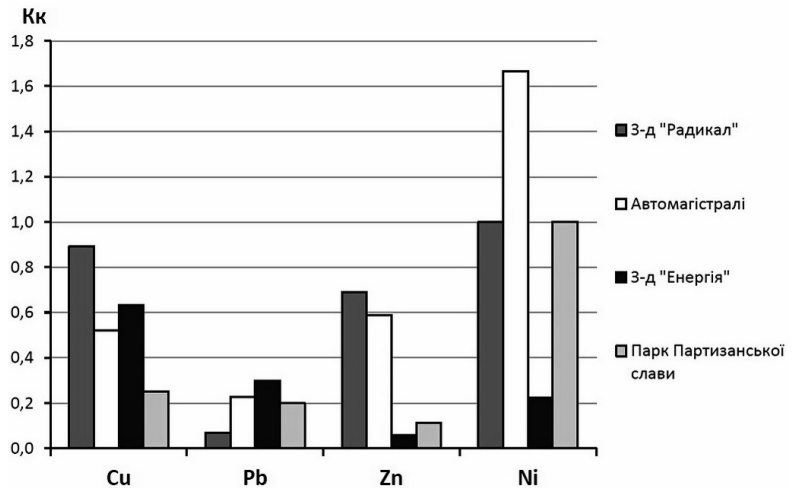
Таблиця 1. Середній вміст мікроелементів у ґрунтах агломерації Київського мегаполісу, мг/кг

Table 1. Medium concentration of microelements in Kyiv megalopolis soils, mg/kg

Місце відбору	Cu	Zn	Pb	Hg	Cd	Se
<i>Техногенна зона</i>						
Зона ТЕЦ (10)	$\frac{113}{4,8}$	$\frac{350}{15}$	$\frac{64}{5,6}$	$\frac{0,65}{9}$	$\frac{0,62}{9}$	$\frac{0,32}{3}$
Автомагістральна зона (25)	$\frac{69}{1,3}$	$\frac{96}{4,9}$	$\frac{55}{4,8}$	$\frac{0,10}{2,7}$	$\frac{0,045}{0,9}$	$\frac{0,22}{1,2}$
Промзона підприємства «Радикал» (20)	$\frac{183}{10,5}$	$\frac{170}{13}$	$\frac{86}{2,5}$	$\frac{10}{333}$	$\frac{0,58}{9,7}$	$\frac{0,34}{2,5}$
Промзона підприємства «Енергія» (35)	$\frac{158}{6,5}$	$\frac{172}{3,3}$	$\frac{67}{3}$	$\frac{0,18}{6}$	$\frac{0,71}{12}$	$\frac{0,28}{1,4}$
<i>Лісопаркова зона</i>						
Пуша-Водицький лісопарк (15)	$\frac{18}{1,1}$	$\frac{42}{1,2}$	$\frac{12}{1}$	$\frac{0,03}{1}$	$\frac{0,06}{0,9}$	$\frac{0,18}{1,4}$
Парк партизанської слави (20)	$\frac{20}{2,5}$	$\frac{3}{0,1}$	$\frac{40}{3,4}$	$\frac{0,06}{2}$	–	–
Паркова зона ВДНГ (18)	$\frac{48}{3,1}$	$\frac{52}{1,3}$	$\frac{43}{3,6}$	$\frac{0,06}{2}$	$\frac{0,06}{0,9}$	$\frac{0,18}{1,4}$

Примітка: у чисельнику – валовий вміст, у знаменнику – коефіцієнт концентрації (Кк) відносно фонового вмісту, у дужках – кількість проб, тире – дані відсутні.

Note: in numerator – the general contents, in a denominator – concentration coefficient (Kk) of rather background value, dash – data are absent.



Коефіцієнт концентрації важких металів у штучному сорбенті відносно валової концентрації у ґрунтах

Concentration coefficient of heavy metals in artificial sorbents rather total contents in the soil

Оскільки унаслідок іонного обміну та комплексоутворення на штучних сорбентах відбувається фіксація рухомої частки хімічних елементів, їх можна опосередковано застосовувати для оцінки і порівняння рухомості досліджуваних мікроелементів. Таким чином, у ґрунтах заводу «Радикал» найбільш рухливими є Ni, Zn, меншою мірою – Cu, сміттєспалювального заводу «Енергія» – Cu, Zn; автомагістральної зони – Zn, Ni.

Як природні сорбенти, як вказано вище, досліджено дикорослі гриби. Характеристику концентрації мікроелементів у грибах наведено у табл. 2. Вміст фізіологічно важливих елементів (Cu, Se) найвищий у білому грибі, дубовику та досліджених видах родини печерицевих. Особливу увагу привертає вміст високотоксичних елементів. Отримані дані вказують на досить високий вміст кадмію, ртуті та арсену у плодкових тілах болетальних грибів на техногенно забруднених територіях, мг/кг сухої маси: Cd – до 6,2 (фонове 0,1) у білому грибі, до 10 мг/кг у моховику; Hg, As – 0,04–0,90 (фонове – 0,01 і 0,1 відповідно) у дубовику і моховику.

Порівняння значень вмісту цих елементів у болетальних грибах із даними щодо інших видів показало, що найнебезпечнішими (за умови включення у трофічні ланцюги) є представники родів Agaricaceae (печерицеві). Найвищий вміст кадмію (50 мг/кг с. м.) зафіксований у плодкових тілах печериці лучної, ртуті (20 мг/кг с. м.) – плодкових тілах печериці польової. Концентрація арсену в цих видах (і в мухоморі червоному) на порядок вища, ніж у представниках інших видів.

У зразках одних і тих же видів, зібраних у різних місцях зростання, виявлено істотні коливання значень вмісту мікроелементів. Це пов'язано з умовами зростання (тип і склад ґрунту, його кислотність, наявність антропогенних токсикантів).

Наприклад, найвищий вміст елементів 1 та 2 класу небезпеки у плодкових тілах білого гриба виявлено у зразках, зібраних поблизу ТЕЦ та автомагістралей (табл. 3). У цих грибах зафіксовано значні концентрації, мг/кг: As – 0,6-1,2, Hg – 0,2–0,4, Cu – 70–200, що у 5–10 разів вище, ніж на умовно чистих територіях. Це робить небезпечним їх як продук-

Таблиця 2. Вміст мікроелементів у плодкових тілах дикорослих грибів Києво-Святошинського району, мг/кг сухої маси

Table 2. Medium concentration of elements in fruit bodies of wild-growing mushrooms of Kyiv-Svyatoshyn region, mg/kg dry weight

Назва гриба	Cd	Hg	As	Cu	Se
<i>Boletus edulis</i> (білий гриб)	0,1–6,02	0,03–0,41	0,16–1,2	24–200	15–36
<i>Boletus luridus</i> (дубовик)	0,2–5,0	0,01–0,65	0,1–0,96	44–51	25,80
<i>Xerocomus badius</i> (польський гриб)	0,5–5,0	0,02	0,1–0,2	24–36	0,50
<i>Boletus chrysenteron</i> (моховик тріщинуватий)	5,0–10	0,03–0,6	0,2–0,39	28–47	0,10
<i>Boletus luteus</i> (маслюк)	0,5–1,0	0,02	0,10–0,53	2,1–2,9	1–5
<i>Agaricus campestris</i> (печериця лучна)	5,0–50	1–10	1–2,1	42–180	20–50
<i>Amanita muscaria</i> (мухомор червоний)	5,0–10	–	1,1–1,8	6–25	10–36
<i>Agaricus arvensis</i> (печериця польова)	5,0–20	2–20	1,8–2,1	60–120	17–30

Примітка: тире – концентрація елементу за межами визначення методики.

Note: dash – concentration of an element outside definition of a technique.

Таблиця 3. Вміст мікроелементів у плодових тілах *Boletus edulis* у різних місцях зростання, мг/кг сухої вагиTable 3. Concentration of microelements in *Boletus edulis* fruit bodies from different territories, mg/kg of dry weight

Місце збору	Cu		Zn		Pb		As		Hg		Se	
	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2
Зона Трипільської ТЕЦ	101–200	1,17–2,33	106–140	0,83–1,10	1–3,3	0,01–0,05	0,9–1,2	0,20–0,26	0,35–0,41	1,30–1,52	25–36	83–120
Автомагістральна зона	69–126	1,00–1,83	98–140	1,02–1,46	1,2–2,9	0,02–0,05	0,6–0,8	0,55–0,73	0,2–0,4	2,00–4,00	15–17	68–77
Масив Новобіличі (Святошин. район, м. Київ)	62–110	1,03–1,83	90–120	1,00–1,33	0,9–2,1	0,01–0,03	0,3–0,6	0,43–0,86	0,16–0,20	3,20–4,00	17–20	85–100
Пушаводицький лісопарк	32–40	1,78–2,22	40–50	0,95–1,19	0,8–0,96	0,07–0,08	0,16–0,21	1,60–2,10	0,03–0,05	1,00–1,67	20–30	111–167
Заказник Жуків хутір	24–33	1,00–1,38	35–40	1,17–1,33	0,6–0,8	0,07–0,09	0,18–0,20	1,80–2,00	0,03–0,05	1,00–1,67	19–20	95–100

Примітка: 1 – вміст елемента у плодовому тілі білого гриба (мг/кг сухої ваги), 2 – коефіцієнт біологічного поглинання (КБП).

Note: 1 – the contents of element in fruit body of boletus mushroom, 2 – biological absorption coefficient.

тівхарчування. Вміст інших важких металів на ділянках, віддалених від антропогенних джерел викидів (понад 5 км), був у 2–5 разів нижчий.

Розраховано коефіцієнти біологічного поглинання (КБП) мікроелементів у білому грибі відносно валового вмісту у ґрунті (за методикою І.А. Авессаломової [1]). Установлено, що мідь, цинк, ртуть є елементами сильного накопичення. Особливо активно плодове тіла білого гриба захоплює ртуть (КБП – 1–4). КБП арсену змінюється від слабкого накопичення (0,2–0,86) на техногенно забруднених територіях до сильного накопичення (1,6–2,1) у рекреаційних зонах та заказника. Скоріш за все це пов'язане з бар'єрним накопиченням арсену плодовими тілами білого гриба. Селен є елементом енергійного накопичення (КБП – 70–120). Слабке захоплення характерне для свинцю.

Одержані дані свідчать, що гриби є ефективним природним індикатором забруднення навколишнього середовища важкими металами. У зв'язку з тим, що представники виду *Boletales* мають здатність до накопичення Cu, Se, As, Cd, Hg, вміст цих елементів доцільно контролювати в плодових тілах дикорослих грибів на антропогенно забруднених територіях.

Висновки. Визначено середній вміст важких металів у ґрунтах техногенно забруднених зон Київського мегаполісу. Виявлено специфічність

забруднення ґрунтів: завод «Радикал» – ртуть, свинець, кадмій; завод «Енергія» – мідь, свинець; ТЕЦ – цинк, мідь; автомагістралі – свинець, цинк.

Установлено залежність накопичення важких металів на сорбентах та у ґрунтах і коефіцієнти переходу цих елементів у штучні сорбенти. У результаті експериментальних досліджень виявлено, що найсприятливішими умовами для фіксації латеральної міграції хімічних елементів характеризується весняний період. Результати досліджень підтверджують можливість застосування штучних сорбентів для вивчення вмісту рухомих форм мікроелементів у ґрунтах.

Показано специфічність накопичення важких металів різними видами дикорослих грибів. Найвищий вміст важких металів першого класу небезпеки (Cd, Hg, As) зафіксований у плодових тілах печериці польової та мухомора червоного.

Розраховано коефіцієнти біологічного поглинання мікроелементів плодовими тілами білого гриба: енергійне накопичення властиве для селену; сильне накопичення – міді, цинку, арсену, ртуті; слабке захоплення – свинцю.

Виявлена залежність вмісту важких металів у плодових тілах дикорослих макроміцетів від рівня антропогенного забруднення території. Це дає змогу застосовувати їх як індикатори забруднення навколишнього середовища важкими металами.

Література

1. Авессаломова И.А. Геохимические показатели при изучении ландшафтов: учеб.-метод. пособ. М.: Изд-во Моск. гос. ун-та, 1987. 108 с.
2. Важкі метали в ґрунтах Українського Полісся та Київського мегаполісу / Самчук А. І. [та ін.]. Київ: Наук. думка, 2006. 108 с.
3. Гродзинська А., Самчук А., Сирчин С. Вміст мінеральних елементів у болетальних грибах. *Вісник НАН України*, 2010. № 6. С. 29–35.
4. Жовинский Э.Я., Кураева И.В. Геохимия тяжелых металлов в почвах Украины. Київ: Наук. думка, 2002. 213 с.

5. Костычев А.А. Возможность использования базидиальных макромицетов в качестве биоиндикаторов загрязнения окружающей среды тяжелыми металлами и мышьяком. *Вестник ОГУ*. 2009. № 1. С. 108–112.
6. Лукашев В.К., Лукашев К.И. Использование ионообменных смол при геохимических поисках. *Докл. АН БССР*. 1978, 22 (6). С. 544–546.
7. Макромицеты: лекарственные свойства и биологические свойства / под ред. Вассера С.П. Київ, 2012. 285 с.
8. Мицкевич Б.Ф., Сушич Ю.Я., Самчук А.И. Физико-химические условия формирования экзогенных ореолов и потоков рассеивания бериллия. Київ: Наук. думка, 1984. 176 с.

References

1. Avessalomova, I.A. (1987) Geochemical indicators of landscapes studying. Educational and methodical grant. Moscow: MSU publishing house, p.108 [in Russian]
2. Samchuk, A.I., Kuraeva, I.V., Egorov, O.S., Manichev, V.I., Stadnyk, V.O., Stroi, A.M., Krasnyuk, O.P., Khudaikulova, O.O., Ogar, T.V., Bilyk V.V. and Batievskii, B.O. (2006). Heavy metals in soils of Ukrainian Polesie and Kyiv megapolis. Kyiv: Naukova dumka, 108 p. [in Ukrainian].
3. Grodzynska, A., Samchuk, A. and Syrchyn, S. (2010). Content of mineral elements in Boletus mushrooms. *Visn. Nac. Acad. Nauk Ukr.* 6, pp. 29-35 [in Ukrainian].
4. Zhovynsky, E.Ya., Kuraeva, I.V. (2002). Geochemistry of heavy metals in soils of Ukraine. Kyiv: Naukova dumka, 213 p. [in Russian].
5. Kostychev, A.A. (2009). Possibility of use the basidium makromitseta as bioindicators of environmental pollution by heavy metals and arsenic. *Bulletin OSU*, 1, pp. 108-112 [in Russian].
6. Lukashov, V.K. and Lukashov, K.I. (1978). Use of ion-exchange pitches by geochemical search. *Reports AS BSSR*, 22 (6), pp. 544-546 [in Russian].
7. Vasser, S.P. ed. (2012). Makromitseta: medicinal properties and biological properties. Kyiv, 285 p. [in Russian].
8. Mitskevich, B.F., Suschik, Yu.Ya. and Samchuk, A.I. (1984). Physical and chemical conditions of formation of beryllium exogenous auras and streams of dispersion. Kyiv: Naukova dumka, 176 p. [in Russian].

Самчук А.И.¹, Гродзинская А.А.², Кураева И.В.¹, Вовк Е.В.¹, Войтюк Ю.Ю.¹

¹ – Інститут геохімії, мінералогії та рудообрання ім. Н.П. Семенка НАН України

² – Інститут еволюційної екології НАН України

Природные и искусственные сорбенты как индикаторы загрязнения окружающей среды тяжелыми металлами

Изложены результаты эколого-геохимического исследования загрязнения Киевского мегаполиса, выполненного с использованием композиционного хелатного сорбента (КХЦ-1) и дикорастущих грибов как геохимических индикаторов. В зонах промышленных предприятий и автомагистралей загрязнение тяжелыми металлами в 3–10 раз выше, чем в лесопарковых и заповедных зонах. Подтверждена эффективность использования искусственных сорбентов для эколого-геохимических исследований загрязнения окружающей среды. Оценены свойства грибов относительно накопления тяжелых металлов. Самые высокие значения содержания кадмия (до 50 мг/кг), ртути (до 20 мг/кг), арсена (до 2,1 мг/кг) и селена (до 50 мг/кг) зафиксированы в плодовых телах шампиньона лугового и мухомора красного. Показано, что содержание тяжелых металлов в грибах на территориях, отдаленных от источников выбросов, в 2–5 раз ниже, чем возле промышленных предприятий и автодорог. Дикорастущие грибы применены как биоиндикаторы загрязнения почв тяжелыми металлами.

Ключевые слова: композиционный хелатный сорбент, грибы, тяжелые металлы, загрязнение почвенного покрова.

Samchuk A.I.¹, Grodzinskaya A.A.², Kuraeva I.V.¹, Vovk K.V.¹, Voytyuk Yu.Yu.¹

¹ – M.P. Semenenko Institute of geochemistry, mineralogy and ore formation of the National Academy of Sciences of Ukraine

² – Institute of Evolutionary Ecology of the National Academy of Sciences of Ukraine

Natural and piece sorbents as indicators of heavy metals' environmental pollution

Results of ekologo-geochemical assessment of the Kiev megalopolis pollution with use of a composite helate sorbent (KHTs-1) and wild-growing mushrooms as geochemical indicators are given. It is shown that in zones of the industrial enterprises and highways pollution by heavy metals is 3-10 times higher in comparison with a green and reserved space. The efficiency of artificial sorbents use at ekologo-geochemical assessment of environmental pollution is confirmed. The possibility of mushrooms to accumulation of heavy metals is estimated. The highest content of cadmium (up to 50 mg/kg), mercury (up to 20 mg/kg), arsenic (up to 2,1 mg/kg) and selenium (up to 50 mg/kg) recorded in fruit bodies of champignon meadow and a fly agaric red. It is shown that the content of heavy metals in mushrooms in the territories remote from sources of emissions, is 2-5 times lower, than near the industrial enterprises and highways. The wild-growing mushrooms used as bioindicators of soils pollution by heavy metals.

Keywords: composite chelate sorbent, mushrooms, heavy metals, pollution of soils.

Надійшла 30.01.2018.