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 організмної 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, ґрунт, йоноселективні електроди

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

іншими техногенними речовинами, а також про ступінь небезпеки вирощування продовольчої продукції на такому ґрунті. Землекористувачі не мають картограм забруднення ґрунтів, а проведена екологами оцінка носить локальний характер і не спрямована на практичне використання. Більше того, у країні дотепер немає загальноприйнятої концепції охорони й раціонального використання ґрунтових ресурсів.

Усі компоненти екосистем, включаючи ґрунти, рослини, тварин і людину, містять фонові кількості важких металів, що не спричиняють негативного впливу на нормальне функціонування кожного окремого організму й системи в цілому. Перевищення природного рівня концентрації важких металів у живих організмах призводить до порушення метаболізму, викликаючи в людини й тварин ряд захворювань [1, 5]. При природній (фоновій) концентрації важкі метали в ґрунті міцно пов'язані з її складовими частинами, важкодоступні для рослин і не впливають шкідливо, але як тільки умови дозволяють токсичним металам перейти в ґрунтовий розчин, з'являється пряма небезпека забруднення (і ґрунту, і всіх компонентів екосистеми) [2, 5].

Добре відомий той факт, що гриби є екоконцентраторами важких металів. Однак питання про вміст важких металів у субстратах, на яких культивуються гриби, не вивчалось [1, 3].

Гриби – це найбільша в природі група рослинних організмів, вони надзвичайно різноманітні як за формою, розміром, так і за функціями, що виконують у навколишньому середовищі. Зараз описано близько 100 тис. видів грибів. Вони мають досить своєрідний хімічний склад: поряд з речовинами, які властиві рослинам, у них зустрічаються і такі, що характерні для тварин (наприклад глікоген, хітин).

Хімічний склад їстівних грибів свідчить про те, що в них досить поживних речовин [1]. Одним із способів, що дозволяє трохи урізноманітнити раціон, є споживання в їжу грибів. Їх можна використовувати як приправи до страв, оскільки вони значно поліпшують їх поживність, смак, аромат і сприяють засвоєнню їжі [1, 5].

Поштовхом до проведення біоіндикаторних досліджень є погіршене екологічне становище в нашому регіоні – Запорізькій області і в цілому в Україні. Антропогенний і техногенний вплив на ґрунт в останні десятиліття підсилилися [2,3].

Але універсальної методики очищення ґрунту немає й не буде, оскільки «хімічна дія» з видалення важкого металу завжди залежатиме від характеру даного ґрунту, його властивостей і ступеня забруднення, від реакції рослин, що зростають на ньому, і багатьох інших факторів [1, 5]. Дослідження в даній області останнім часом стали пріоритетними. Тим більше, що в Україні практично відсутня спеціалізована література з цього питання (крім декількох монографій). У Росії такий моніторинг проводиться давно і досить успішно; було опубліковано ряд робіт, присвячених проблемі концентрування важких металів в об'єктах навколишнього середовища [1, 3, 5].

Серед забруднювачів промислового походження найбільш масовими є важкі метали із питомою вагою більшою, ніж у заліза [1, 5].

Сильне коливання природних концентрацій важких металів обумовлює труднощі при оцінці підвищення вихідної їхньої концентрації за рахунок діяльності людини [2, 3, 5].

Важкі метали особливо небезпечні тим, що мають здатність накопичуватися, утворюючи високотоксичні металовмісні сполуки, і потім втручатися в метаболічний цикл живих організмів. Швидко змінюючи свою хімічну форму при переході з одного природного середовища в інше, вони не піддаються біохімічному розкладанню, але вступають у хімічні реакції один з одним і неметалами. Крім того, важкі метали є каталізаторами відомих (і невідомих) хімічних реакцій, у тому числі й протікають у ґрунтах. Ґрунт у свою чергу не тільки накопичує металеві забруднення, але виступає як природний переносник їх в атмосферу, гідросферу й живу матерію [1,5].

Зрозуміло, що найголовніше в житті рослинного світу – це взаємодія хімічних елементів. Збалансованість хімічного складу живих організмів – основна умова їхнього

нормального росту й розвитку, при цьому має значення як нестача, так і надлишок металевих елементів [3, 5].

В екосистемах Землі не можна виділити більш важливі або менш значимі складові частини, оскільки нормальне функціонування їх можливо тільки в збалансованій взаємодії всіх складових. Однак у нашому житті є єдина ланка, піклуючись про яку, можна не втратити надію на виживання людства. Ця ланка – ґрунт, його природний шар. Тонкий, усього в кілька сантиметрів, цей шар годує нас, і, зруйнувавши його, ми погубимо все живе. Техногенне забруднення ґрунту призводить не тільки до втрати родючості й зменшення біомаси, що формується в ньому, але й наступному забрудненню інших.

Актуальність роботи:

1) гриби – макроміцети є ймовірним джерелом отруєнь важкими металами (можливо хронічних);

2) вищі базидіоміцети можна використовувати в якості харчової добавки до раціону людини, як джерело мікроелементів;

3) можливість використання макроміцетів в якості біоіндикаторів забрудненості важкими металами повітря та ґрунту.

Метою роботи було: оцінити роль природних грибів – макроміцетів (опенька осіннього), як екоконцентраторів важких металів, для цього:

1) визначили концентрацію важких металів у плодових тілах грибів, які ростуть у різних екологічних зонах м. Марганцю та м. Запоріжжя;

2) визначили концентрацію важких металів у субстратах, на яких ростуть гриби в природному середовищі;

3) дослідили роль природних базидіоміцетів, як біоіндикаторів вмісту важких металів у повітрі та ґрунті.

Матеріали та методи досліджень

В умовах сьогодення для визначення важких металів у біологічних об'єктах використовуються спектрофотометрія, полярографія, потенціометрія, йонна хроматографія, атомно-абсорбційна й атомно-емісійна спектроскопія (АЕС) [4]. Але ці методи дуже коштовні та технічно складні. Тому для

визначення вмісту важких металів використали йоноселективні електроди [6]. При їх визначенні особливу увагу звертали на якість реактивів, води, посуду для аналізу, слідували за чистотою в лабораторії.

Всі реактиви, вода, фільтри, посуд і дозуючі прилади було перевірено на забруднення важкими металами, що визначаються. Способом визначення забруднення й обліку його при аналізі слугує контрольний дослід, який включає всі стадії визначення, крім взяття наважки аналізованого матеріалу. Контрольний дослід виконували з кожної серії наважок не менш ніж у триразовому повторенні, а його середній результат віднімали від результатів аналізу зразків.

Якщо в контрольному досліді значення співпадають з кількістю мікроелемента в зразку, то методом виключення знаходять джерело забруднення і усувають його; очищують недоброякісний реактив або замінюють його чистим.

Рухливі форми мікроелементів визначали у повітряно-сухому ґрунті, подрібненому та пропущеному крізь сито з круглими отворами діаметром 2 мм. Висушування, подрібнення та просіювання ґрунту проводили у тих самих умовах і приладах, що і для визначення мікроелементів [4, 6].

Для аналізу здатності плодових тіл концентрувати важкі метали розраховували коефіцієнт акумуляції за формулою:

$$N=C_1/C_2,$$

де N – коефіцієнт акумуляції;

C₁ – вміст металу в плодових тілах гриба;

C₂ – вміст металу в субстраті, на якому зростає гриб.

Статистична обробка експериментальних даних проводилась за допомогою комп'ютерної програми Microsoft Excel.

Результати та їх обговорення

Аналіз вмісту важких металів у плодових тілах опенька осіннього, вирощеного в межах м. Марганець, представлений у таблиці 1.

Концентрація усіх досліджених важких металів у плодових тілах опенька осіннього, вирощеного в м. Марганець, значно перевищує встановлені гранично

допустимі концентрації (ГДК) (рис. 1). При цьому найбільше в плодових тілах грибів міститься Cd і Pb, спостерігається перевищення ГДК у 3,0 і 2,7 рази, відповідно. Стосовно інших металів (Cu і Zn) перевищення ГДК значно менше – у 1,7 та 1,6 рази, відповідно.

Таблиця 1 – Вміст важких металів у плодових тілах опенька осіннього, вирощеного в м. Марганець

Table 1 – Content of heavy metals in fruiting bodies of honey fungus grown in Marhanets

Важкі метали	Концентрація, мг/кг	ГДК, мг/кг	Коефіцієнт акумуляції
Cu	17,03 ± 0,41	10,0	1,9
Zn	32,34 ± 1,84	20,0	0,5
Pb	1,36 ± 0,56	0,5	0,7
Cd	0,30 ± 0,21	0,1	1,3

Рисунок 1 – Перевищення вмісту важких металів у плодових тілах опенька осіннього відносно ГДК (м. Марганець)

Figure 1 – Excess of the content of heavy metals in the fruiting bodies of fungi relative to MPC (Marhanets)

Аналіз здатності плодових тіл концентрувати важкі метали показав, що найбільший коефіцієнт акумуляції у плодовому тілі гриба спостерігається для Cu та Cd (1,9 і 1,3,

відповідно). Це означає, що плодове тіло опенька осіннього накопичує більшу кількість важких металів, ніж субстрат. Інші метали (Zn і Pb) не накопичуються у плодових тілах досліджених грибів, оскільки цей показник менший за 1 (табл. 1).

Величини вмісту важких металів у плодових тілах опенька осіннього, вирощеного в заводському (промисловому) районі м. Марганець, наведені у таблиці 2.

Таблиця 2 – Вміст важких металів у плодових тілах опенька осіннього, вирощеного в заводському районі м. Марганець

Table 2 – The content of heavy metals in the fruiting bodies of honey fungus grown in the Factory district of Marhanets

Важкі метали	Концентрація, мг/кг	ГДК, мг/кг	Коефіцієнт акумуляції
Cu	20,20 ± 4,62	10	1,5
Zn	31,62 ± 1,86	20	0,5
Pb	2,63 ± 0,93	0,5	0,4
Cd	0,41 ± 0,23	0,1	0,4

Рисунок 2 – Перевищення вмісту важких металів у плодових тілах опенька осіннього відносно ГДК (заводський район м. Марганець)

Figure 2 – Excess content of heavy metals in the fruiting bodies of fungi relative to MPC (factory district, Marhanets)

Показано, що концентрація усіх важких металів значно перевищує встановлені ГДК. Найбільше в плодових тілах грибів міститься Pb і Cd, спостерігається перевищення ГДК у 5,3 і 4,1 рази відповідно, а стосовно інших металів (Cu і Zn) перевищення ГДК є значно меншим – у 2,0 і 1,6 рази, відповідно (рис. 2).

При цьому найбільший коефіцієнт акумуляції у плодовому тілі гриба спостерігається для Cu (1,5). Це означає, що воно накопичує більшу кількість цього металу, ніж субстрат. Інші метали (Zn, Pb і Cd) плодове тіла опенька осіннього не накопичують, тобто коефіцієнт менший за 1 (табл. 2).

Аналіз вмісту важких металів у плодових тілах опенька осіннього, вирощеного на узбережжі Каховського водосховища м. Марганець, показано в таблиці 3 та на рисунку 3.

Таблиця 3 – Вміст важких металів у плодових тілах опенька осіннього, вирощеного на узбережжі Каховського водосховища, м. Марганець

Table 3 – The content of heavy metals in the fruiting bodies of honey fungus grown on the coast of the Kakhovka reservoir, Marhanets

Важкі метали	Концентрація мг/кг	ГДК, мг/кг	Коефіцієнт акумуляції
Cu	13,60 ± 2,29	10	1,2
Zn	11,91 ± 1,23	20	1,3
Pb	0,56 ± 0,36	0,5	0,3
Cd	0,22 ± 0,14	0,1	0,1

Дослідження показали, що концентрація важких металів (Cu, Zn, Pb, Cd) у плодових тілах опенька осіннього, вирощеного на узбережжі Каховського водосховища м. Марганець, дещо перевищує встановлені ГДК. Найбільше в плодових тілах грибів міститься Cd і Cu, при цьому спостерігається перевищення ГДК у 2,2 і 1,4 рази, відповідно. За вмістом Pb відзначається перевищення ГДК у 1,1 раза. Вміст Zn не перевищує ГДК (рис. 3).

Рисунок 3 – Перевищення вмісту важких металів у плодових тілах опенька осіннього відносно ГДК (узбережжя Каховського водосховища, м. Марганець)

Figure 3 – Excess content of heavy metals in the fruit bodies of fungi relative to MPC (the coast of the Kakhovka reservoir, Marhanets)

Найбільший коефіцієнт акумуляції у плодовому тілі дослідженого гриба спостерігається для Cu та Zn (1,2 і 1,3, відповідно). Отже, плодове тіло опенька осіннього накопичує більшу кількість цих важких металів порівняно зі субстратом. Інші метали (Pb і Cd) плодове тіло гриба не накопичує, тобто $N < 1$ (табл. 3).

Аналіз вмісту важких металів у плодових тілах опенька осіннього, вирощеного в районі Кушугумського залива м. Запоріжжя, відображено в таблиці 4 і на рисунку 4.

Як показано в таблиці 4, концентрація важких металів (Cu, Zn, Pb, Cd) у плодових тілах опенька осіннього, вирощеного в районі Кушугумського залива м. Запоріжжя, значно перевищує встановлені ГДК. Найбільше в плодових тілах грибів міститься Cu і Cd, при цьому спостерігається перевищення ГДК у 2,0 і 2,6 рази, відповідно. Стосовно інших металів – Zn і Pb, – перевищення ГДК менше – у 1,9 та 1,8 рази, відповідно.

Таблиця 4 – Вміст важких металів у плодових тілах опенька осіннього, вирощеного в районі Кушугумського залива, м. Запоріжжя

Table 4 – Content of heavy metals in fruiting bodies of honey fungus grown in the area of Kushugum Bay, Zaporozhzhia

Важкі метали	Концентрація мг/кг	ГДК, мг/кг	Коефіцієнт акумуляції
Cu	$19,86 \pm 2,29$	10	1,6
Zn	$38,42 \pm 1,23$	20	0,6
Pb	$0,92 \pm 0,36$	0,5	0,3
Cd	$0,26 \pm 0,14$	0,1	0,4

Рисунок 4 – Перевищення вмісту важких металів у плодових тілах опенька осіннього відносно ГДК (район Кушугумського заливу, м. Запоріжжя)

Figure 4 – Excess content of heavy metals in the fruiting bodies of fungi relative to MPC (Kushugum Bay, Zaporizhzhia)

Щодо здатності плодових тіл накопичувати важкі метали, то найбільший коефіцієнт акумуляції спостерігається для Cu (1,6). Отже, плодове тіло опенька осіннього накопичує більшу кількість цього металу, ніж субстрат. Інші метали (Zn, Pb та Cd) плодове тіло гриба не накопичує, оскільки $N < 1$.

Дослідження показали, що концентрація важких металів (Cu, Zn, Pb, Cd) у плодових тілах опенька осіннього,

вирощеного в районі звалища 3-го Шевченківського району м. Запоріжжя, значно перевищує встановлені ГДК. Найбільше в плодових тілах грибів міститься Cu і Pb, спостерігається перевищення ГДК у 6,9 і 12,3 рази, відповідно (рис. 5). Стосовно інших металів (Zn і Cd) перевищення ГДК було меншим – у 3,7 та 6,7 разів, відповідно. При цьому найбільший коефіцієнт акумуляції в плодовому тілі гриба спостерігається для Cu (1,9). Це означає, що воно накопичує більшу кількість цього металу, ніж субстрат. Інші метали (Zn, Pb і Cd) плодове тіло опенька осіннього не накопичує, про що свідчить величина коефіцієнта акумуляції ($N < 1$) (табл. 5).

Таблиця 5 – Вміст важких металів у плодових тілах опенька осіннього, вирощеного в районі звалища 3-го Шевченківського р-ну, м. Запоріжжя

Table 5 – The Content of heavy metals in the fruiting bodies of honey fungus grown in the landfill area of the 3rd Shevchenko district, Zaporizhzhia

Важкі метали	Концентрація мг/кг	ГДК, мг/кг	Коефіцієнт акумуляції
Cu	68,83 ± 4,38	10	1,9
Zn	74,04 ± 3,18	20	0,8
Pb	6,16 ± 1,64	0,5	0,3
Cd	0,67 ± 0,37	0,1	0,5

Аналізуючи отримані дані, можна відмітити, що використання цих грибів у їжу є небезпечним у зв'язку з тим, що опеньок осінній є екоконцентратором важких металів (Cu та Pb). Він може викликати отруєння завдяки високому вмісту цих металів у плодових тілах у разі зростання в екологічно забруднених промислових районах.

В якості контролю, для визначення впливу оточуючого середовища на вміст металів у плодових тілах опенька осіннього, проводився аналіз вмісту важких металів у його плодових тілах за культивування у штучних умовах (табл. 6, рис.6).

Рисунок 5 – Перевищення вмісту важких металів у плодових тілах опенька осіннього відносно ГДК (район звалища 3-го Шевченківського р-ну, м. Запоріжжя)

Figure 5 – Excess content of heavy metals in the fruiting bodies of fungi relative to MPC (landfill area 3rd Shevchenko district, Zaporizhzhia)

Таблиця 6 – Вміст важких металів у плодових тілах опенька осіннього, культивованого в штучних умовах

Table 6 – Content of heavy metals in fruiting bodies of oyster fungus cultivated in artificial conditions

Важкі метали	Концентрація мг/кг	ГДК, мг/кг	Коефіцієнт акумуляції
Cu	12,331±2,212	10	0,3
Zn	30,641±1,774	20	0,3
Pb	1,037±0,481	0,5	0,1
Cd	0,068±0,353	0,1	0,0

Дослідження показали, що концентрація досліджених важких металів у плодових тілах опенька осіннього, культивованого у штучних умовах, також вища за ГДК. Найбільше в плодових тілах грибів міститься Zn і Pb, при цьому спостерігається перевищення ГДК у 1,5 і 2,1 рази,

відповідно. Вміст Cu був більший за ГДК у 1,2 рази. Концентрація Cd не перевищувала ГДК (рис. 6).

Плодові тіла опенька осіннього, вирощеного у штучних умовах, не акумулюють важкі метали (Cu, Zn, Pb і Cd), оскільки $N < 1$ (табл. 6). Таким чином, контроль за якістю грибної продукції за вмістом важких металів для даного виду можна звести до аналізу на важкі метали субстрату, на якому вирощується цей гриб. Гриби, що були вирощені за цих умов, не здатні викликати отруєння та придатні до їжі.

Рисунок 6 – Перевищення вмісту важких металів у плодових тілах опенька осіннього відносно ГДК (штучні умови)

Figure 6 – Excess content of heavy metals in the fruiting bodies of fungi relative to MPC (artificial conditions)

Результати порівняльного аналізу вмісту важких металів у опеньку осінньому, вирощеному за різних екологічних умов, відображено на рисунку 7.

Отже, згідно з даними, представленими на рисунку 7, найбільш оптимальними умовами для вирощування та збору грибів є штучні умови, оскільки це дає можливість слідкувати за концентрацією важких металів у субстраті, а також у плодовому тілі гриба. За цим процесом слідкує санепідемстанція, яка дає дозвіл на продаж цих грибів у торгову мережу.

Рисунок 6 – Порівняння вмісту важких металів у грибах, що вирощені за різних екологічних умов (екологічно чистих та різного ступеня забруднення)

Figure 7 – Comparison of heavy metal content in fungi grown under different environmental conditions (environmentally friendly and different degrees of pollution)

Аналізуючи дані по заводському району м. Марганець, можна відмітити, що концентрація Zn у плодових тілах грибів у цьому районі достовірно не відрізняється від концентрації цього металу у плодових тілах грибів, які були вирощені в штучних умовах. Концентрація таких металів, як Cu, Pb і Cd у плодових тілах грибів, за цих умов зростання значно перебільшує їх концентрацію у плодових тілах грибів, що вирощені в штучних умовах. У грибах, які були зібрані у м. Запоріжжя в районі звалища 3-го Шевченківського району, спостерігається найбільша концентрація всіх металів у плодових тілах порівняно з грибами з інших районів. Таким чином, район звалища в м. Запоріжжя є найбільш небезпечним місцем для збору грибів. Вживання цих грибів може призвести до отруєння важкими металами.

Висновки

1. Концентрація важких металів (Cu, Zn, Pb, Cd) у плодових тілах опенька осіннього, вирощеного в м. Марганець і в м. Запоріжжя, значно перевищує встановлені ГДК. Найбільше в плодових тілах грибів, зібраних у м. Марганець, міститься Cd і Pb, а в грибах, зібраних у м. Запоріжжя, – Cu та Pb.

2. Найбільший коефіцієнт акумуляції у плодових тілах грибів відзначається для Cu та Cd.

3. У грибах, які були зібрані у м. Запоріжжя, спостерігається найбільша концентрація всіх металів порівняно з грибами, що зростали в районах з іншими умовами оточуючого середовища.

4. Концентрація важких металів у плодових тілах гриба може бути індикатором екологічної обстановки в місці дослідження.

При наступних дослідженнях можливо виявити шляхом порівняння різних видів гриби, оптимальні для біоіндикації стану оточуючого середовища.

Література:

1. Haselwandter K., Leyval C., Sanders F. E. *Impact of arbuscularmycorrhizal fungi on plant uptake of heavy metals and radionuclides from soil. Impact of ArbuscularMycorrhizal on Sustianable Agriculture and Natural Ecosystems.* / Ed. S. Ginninazzi, H. Schiiep. Basel : BirkhuserVorlag, 1994. P.7.

2. Swift M. I. *The roles of fungi and animals in the immobilization and release of nutrient elements from decomposing branch-wood. Soil Organisms as Component of Ecosystems. Ecd. Bull (Stockholm), 1994. P.25.*

3. Vogt K. A., Edmonds R. L. *Patterns of nutrient consentration in basidiocarps in Western. Can. I. Bot. P.58.*

4. Єщенко Ю. В., Омелянчик Л. О., Бовт В. Д. *Проблеми здоров'я, хвороб і метаболізм металів. Одеса : Купрієнко С. В., 2018. 432 с.*

5. Лакин Г. Ф. *Биометрия: учеб.пособие для биол. спец. ВУЗов. 4-е изд., перераб. и доп. Москва : Высшая школа, 1990. 352 с.*

6. Луганська О. В., Омелянчик Л. О., Коваленко Д. С. *Електрохімічні та аналітичні характеристики іоноселективних електродів, оборотних до біологічно активних речовин : монографія. Запоріжжя: Запорізький національний університет, 2011. 226с.*

BIOINDICATION OF HEAVY METALS IN THE ENVIRONMENT BY ION-SELECTIVE ELECTRODES IN HONEY FUNGUS

Luganskaya O. V., Eshchenko Y. V., Bovt V. D.

Zaporizhzhia National University

130805olga@gmail.com

The aim of the research was to estimate the role of fungi growing under natural conditions – macromycetes (honey fungus), as ecoconcentrators of heavy metals. In the furtherance of this aim the concentration of heavy metals in the fruiting bodies of fungi that grow in different ecological zones in the city of Marhanets and in the city of Zaporizhzhia was analyzed. Additionally, the concentration of heavy metals in substrates on which fungi grow under natural conditions was determined. The role of natural basidiomycetes as bioindicators of heavy metals in air and soil was investigated.

An object of research was edible mushrooms of the species *Armillariella mella* (honey fungus) and substrate on which they grew. Collection of material for experiments (fruiting bodies and substrates) was conducted in different ecological districts of Marhanets (within the city, p. 6) in the factory district, on the coast of the Kakhovka reservoir) and in the city of Zaporizhzhia (the area of Kushugum Bay, the area of the landfill of the 3rd Shevchenkovsky district and from fungi cultivated under artificial conditions). The content of heavy metals in the fruiting bodies and in the substrates on which they grow was determined for each sample.

The choice of method depends on the feasibility of its application in terms of versatility, ease of implementation, reliability, equipment and the cost of analysis.

To analyze the ability of fruiting bodies to concentrate heavy metals, we calculated the accumulation factor.

Researches have shown that the concentration of heavy metals (Cu, Zn, Pb, and Cd) in the fruiting body of ordinary tree oyster mushroom cultivated under artificial conditions (Table 3.6) also exceeds the MPC.

Most in the fruiting bodies of mushrooms contain Cd and Pb, there is an excess of MPC in 3 and 2.7 times, respectively, and for the metals Cu and Zn excess of MPC is significantly less – 1.7 and 1.6 times, respectively, which is shown in Fig. 1.

The fruiting body of a tree oyster mushroom grown under artificial conditions does not accumulate heavy metals (Cu, Zn, Pb and Cd), that is $N < 1$.

Consequently, the control of the quality of mushroom production by the content of heavy metals for a tree oyster mushroom can be reduced to the heavy metals analysis of the substrate on which this mushroom is grown.

The concentration of heavy metals (Cu, Zn, Pb, Cd) in the fruiting bodies of honey fungus grown in the city of Marhanets and in the city of Zaporizhzhia significantly exceeds the established MPC.

1. Most of the fruiting bodies of mushrooms collected in Marhanets contain Cd and Pb, and mushrooms collected in Zaporizhzhia contain Cu and Pb.

2. The highest coefficient of accumulation in the fruiting bodies of mushrooms is observed for Cu and Cd, which means that the fruiting body of this mushrooms accumulates more of these metals.

3. Mushrooms collected in the city of Zaporizhzhia have the highest concentration of all metals in fruiting bodies comparing to mushrooms that have been analyzed in other regions

The most optimal conditions for the cultivation and collection of mushrooms are artificial conditions, because this makes it possible to monitor the concentration of heavy metals in the substrate and in the fruiting body of the mushrooms.