

Міністерство захисту довкілля та природних ресурсів України
Державна екологічна академія післядипломної освіти та управління

ISSN 2306-9716

Екологічні науки

Науково-практичний журнал



ISSN: 2306-9716 (Print)
ISSN: 2664-6110 (Online)

МІНІСТЕРСТВО ЗАХИСТУ ДОВКІЛЛЯ ТА ПРИРОДНИХ РЕСУРСІВ УКРАЇНИ
ДЕРЖАВНА ЕКОЛОГІЧНА АКАДЕМІЯ ПІСЛЯДИПЛОМНОЇ ОСВІТИ ТА УПРАВЛІННЯ

ЕКОЛОГІЧНІ НАУКИ

НАУКОВО-ПРАКТИЧНИЙ ЖУРНАЛ

6(51)



Видавничий дім
«Гельветика»
2023

Екологічні науки : науково-практичний журнал / Головний редактор Бондар О.І. – К. :
Видавничий дім «Гельветика», 2023. – № 6(51). – 258 с.

Головний редактор: Бондар О.І., доктор біологічних наук

Заступник головного редактора: Нагорнева Н.А.

Науковий редактор: Машков О.А., доктор технічних наук

Відповідальний редактор: Сікачина В.Г.

Редакційна колегія:

Гандзюра В.П., доктор біологічних наук

Єрмаков В.М., доктор технічних наук

Захматов В.Д., доктор технічних наук

Іващенко Т.Г., кандидат технічних наук

Коніщук В.В., доктор біологічних наук

Лукаш О.В., доктор біологічних наук

Машков В.А., доктор технічних наук

Михайленко Л.Є., доктор біологічних наук

Нецветов М.В., доктор біологічних наук

Ольшевський С.В., доктор технічних наук

Риженко Н.О., доктор біологічних наук

Рудько Г.І., доктор геолого-мінералогічних наук,

доктор географічних наук, доктор технічних наук

Улицький О.А., доктор геологічних наук

Фінін Г.С., доктор фізико-математичних наук

Шматков Г.Г., доктор біологічних наук

На підставі Наказу Міністерства освіти і науки України № 409 від 17.03.2020 р. (додаток 1) журнал внесений до Переліку наукових фахових видань України (категорія «Б») у галузі біологічних наук (091 – Біологія), природничих наук (101 – Екологія, 103 – Науки про Землю) та технічних наук (183 – Технології захисту навколишнього середовища).

Журнал публікує (після рецензування та редагування) статті, які містять нові теоретичні та практичні здобутки в галузі екологічних наук.

Статті у виданні перевірені на наявність плагіату за допомогою програмного забезпечення StrikePlagiarism.com від польської компанії Plagiat.pl.

*Журнал включено до міжнародної наукометричної бази Index Copernicus International
(Республіка Польща)*

ЗМІСТ

ЕКОЛОГІЯ І ВИРОБНИЦТВО	7
Бондар О.І., Риженко Н.О., Четвериков В.В., Коваль С.М., Россоха А.В. Утворення та емісія стійких органічних забруднювачів у чорній та кольоровій металургії України.....	7
Васільсва Л.А., Шевчук Л.М., Герасимчук О.Л. Передумови виникнення надзвичайних ситуацій природного і техногенного характеру на території Житомирської області.....	14
Кірейцева Г.В., Хоменко С.В., Устименко В.І., Андрєва О.Ю., Палій О.В. Звітність підприємств зі стійкого розвитку як інструмент розвитку екологічної відповідальності.....	18
Шибанова А.М., Руда М.В., Джумеля Е.А., Панчук П.Г. Відновлення ґрунтового покриву і рослинних угруповань посттехногенних ландшафтів сірчаного кар'єру.....	25
ЕКОЛОГІЯ ВОДНИХ РЕСУРСІВ	33
Valerko R., Herasymchuk L., Patseva I., Pokshevnytska T., Lukianova V. Environmental safety of drinking water supply in rural settlement areas.....	33
Домбровський К.О., Єременко Т.С. Оцінка компонентів екосистеми ставка рибогосподарського призначення.....	39
Копилов В.П., Попович В.В. Аналіз фізико-хімічних досліджень гідрографічної мережі ріки Стир в межах міста Луцьк.....	44
Суходольська І.Л., Ковальова І.В. Вміст сполук нітрогену у воді річки Стубелка та його вплив на фітопланктон.....	50
Улицький О.А., Пашкевич Л.П. Використання штаму мікрободорості <i>Chlorella vulgaris Polikarp</i> для очищення прісних водойм від техногенних забруднень.....	58
ЕКОЛОГІЧНИЙ МОНІТОРИНГ	68
Васенко О.Г., Ієвлева О.Ю., Міланіч Г.Ю., Божко Т.В., Мельніков А.Ю., Клочко Т.О. Результати комплексного екологічного моніторингу довкілля української частини дельти Дунаю у 2022 році.....	68
Васенко О.Г., Карлюк А.А., Черба О.В. Сучасний стан системи моніторингу довкілля в Україні.....	73
ЕКОЛОГІЯ ТА ЕКОНОМІКА ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ	78
Мельник-Шамрай В.В., Шамрай В.І., Пацева І.Г., Пацев І.С. Землеустрій як інструмент управління земельними ресурсами в умовах екологізації землекористування.....	78
Rudenko S., Rudenko V. Nature-resource potential of natural regions of Ukraine in present-day figures.....	84
БІОЛОГІЧНА БЕЗПЕКА	90
Боброва М.С., Голодаєва О.А. Особливості зміни стану прооксидантно-антиоксидантної системи тканин насіння <i>Zea mays L.</i> залежно від тривалості зберігання.....	90
Vradii O. Intensity of heavy metal contamination of fodder grain obtained in the conditions of the Right Bank Forest Steppe.....	95
Гришко В.М., Лисенко О.І., Ахмедова В.В. Вплив іонів кадмію, нікелю, хрому та цинку на стійкість гібридів кукурудзи на початку ювенільного етапу розвитку рослин.....	100
Льїна В.Г., Нікітін П.С. Динаміка виносу біогенних елементів з площ, зайятих під зернові та зернобобові культури в умовах Одеської області.....	107
Liashenko O., Khromykh N., Lykholat Yu. Resource potential of the genus <i>Sorbus L.</i> plants as source of metabolites with anti-inflammatory activity.....	113
ЕКОЛОГІЧНА БЕЗПЕКА	117
Микитась Д.О., Білоус М.А., Полушкін Ю.Ю., Іващенко Т.Г., Гунько С.О., Рець Є.Ю. Розробка системи захисту навколишнього середовища від радіоактивно забруднених матеріалів (на прикладі колишнього ВО «ПХЗ»).....	117
Натяжний Я.М., Лапінський А.В. Екологічні аспекти застосування полігексаметиленгуанідин сукцинату.....	126

Серікова О.М. Підвищення рівня екологічної безпеки резервуарів зберігання отруйних та легкозаймистих рідин при сейсмічних навантаженнях.....	130
ЕКОЛОГІЧНІ НАСЛІДКИ ВОЄННИХ ДІЙ	136
Диняк О.В., Кошлякова І.Є. Потенційна небезпека для довкілля та населення від нафтохімічного забруднення геологічного середовища в наслідок бойових дій.....	136
Спрягайло О.В., Безсмертна О.О., Гаврилюк М.Н., Ілюха О.В., Осипенко В.В., Спрягайло О.А., Шевчик В.Л. Перші кроки до оцінки впливу воєнних дій на стан об'єктів природно-заповідного фонду та їхнє біорізноманіття.....	142
ЗМІНА КЛІМАТУ	148
Грабко Н.В., Сафранов Т.А. Особливості біокліматичних умов холодного періоду року на території Одеси.....	148
Пацева І.Г., Кагукіна А.М., Луньова О.В. Тенденції зміни клімату Житомирщини.....	156
Пічура В.І., Потравка Л.О. Просторово-часові закономірності формування кліматичних умов на території басейну річки Случ.....	160
ЗБЕРЕЖЕННЯ БІОЛОГІЧНОГО ТА ЛАНДШАФТНОГО РІЗНОМАНІТТЯ	170
Beznosko I., Mudrak O., Havryliuk L., Gorgan T. Exometalobite of the varieties of cultural plants in allelopathic relationships with micromycetes of <i>Fusarium</i> Link Genus.....	170
Гетьман П.А., Фіцайло Т.В. Екологія придорожніх лісосмуг Кіровоградської області.....	175
Гулай В.В. Вплив жуків виду <i>Cerambyx cerdo</i> на стан збереження об'єктів природно-заповідного фонду м. Знам'янка Кіровоградської області.....	180
Іванець О.Р. Фауністична характеристика і таксономічна структура коловерток (<i>Rotifera : Rotatoria</i>) торф'яних боліт Галичини у дослідженнях Людвіга Козара.....	183
Красовський В.В., Черняк Т.В. Слива солодка <i>Prunus dulcis</i> (Mill.) D.A.Webb в інтродукційних дослідженнях Хорольського ботанічного саду.....	191
Суслова О.П., Бойко Л.І. Життєвий стан видів роду <i>Acer</i> L. в урбосистемах Степової зони України.....	196
Фіцайло Т.В. Чагарникові угруповання з участю глідів.....	202
ІННОВАЦІЙНІ МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕНЬ	207
Кононов О.О. Використання штучного інтелекту в методах біоіндикації та моніторингу антропогенного навантаження на прикладі Chat GPT та MS Copilot.....	207
Хрутьба Ю.С., Пацева І.Г., Хрутьба О.В. Розробка наукових методів дослідження комплексної оцінки використання інформаційних технологій для управління взаємодіями в екопроектах.....	211
ПИТАННЯ СТАЛОГО РОЗВИТКУ	217
Петровська М.А., Петровський С.В. Органічне виробництво в Україні як пріоритетна складова сталого розвитку.....	217
Радкевич В.О., Кравець С.Г., Салій І.В., Радкевич О.П. Сучасні професійні кваліфікації для сталого розвитку зеленої економіки.....	224
ЗАГАЛЬНІ ПРОБЛЕМИ ЕКОЛОГІЧНОЇ БЕЗПЕКИ	231
Жицька Л.І., Хоменко О.М., Аліфанова Г.В., Бондаренко Ю.Г. Екологічна оцінка ризиків для довкілля та динаміки використання стійких органічних забрудників у Черкаській області.....	231
Свердленко Д.О., Горбань В.В., Терещенко О.О. Енергетичний аналіз функціонування екосистем м. Запоріжжя.....	241
Снітко Д.І., Золотарьова О.В. Аналіз статистичних показників кримінальних правопорушень проти довкілля за 2018–2022 роки (за матеріалами Офісу Генерального прокурора України).....	245
ВІДОМОСТІ ПРО АВТОРІВ	252

UDC 664.7:666.123.4(477.4)(292.485)

DOI <https://doi.org/10.32846/2306-9716/2023.eco.6-51.15>

INTENSITY OF HEAVY METAL CONTAMINATION OF FODDER GRAIN OBTAINED IN THE CONDITIONS OF THE RIGHT BANK FOREST STEPPE

Vradii O.

Vinnytsia National Agrarian University
Sonyachna str., 3, 21008, Vinnytsia
oksnavradii@gmail.com

In the conditions of technogenic load on the environment, one of the priority areas is the monitoring of heavy metals in the trophic chain: «soil → plant (feed) → animal → product → human». In order to prevent poisoning of agricultural animals with heavy metals, it is recommended to systematically monitor the presence of toxic metals in the feed ration. Of particular concern is the production of poultry meat at home, where it has free access to natural minerals, most of which contain heavy metals and other toxicants. Based on this, there is a need for constant monitoring of the contamination of the fodder base of poultry kept at home and the use of control measures to increase the safety of domestic products. The content of heavy metals in meat is one of the most important sanitary indicators of its safety in conditions of contamination of feed with heavy metals. To improve the sanitary safety of poultry products by the level of cadmium and lead. For the correct organization of poultry feeding, it is necessary to take into account, first of all, the nutritional value of feed and its quality. The basis of the ration of agricultural poultry is grain feed (55–80% of the ration), which is part of compound feed. In order to control feed safety, it is necessary to conduct monitoring at all stages of production: starting with the production of raw materials and components, their further processing, storage, transportation and before use. A soil sample taken in the conditions of the Right Bank Forest-Steppe of Ukraine was studied and analyzed, and an excess of the MPC in it and vegetative mass for cadmium by 1.28 and 1.5 times, respectively, barley, corn and sunflower meal. At the same time, exceedances of maximum permissible concentrations were investigated. In particular, in wheat grain, which, among the concentrated feeds of poultry kept at home, makes up 55% on average, an excess of cadmium and copper was found by 2.1 times and 2.0 times, respectively. An excess of the maximum permissible concentrations by 3.0 times was also observed in sunflower meal. The lowest level of heavy metals such as lead, cadmium, zinc and copper was observed in corn grain. *Key words*: soil, fodder grain, heavy metals, coefficient of danger.

Інтенсивність забруднення важкими металами фуражного зерна отриманого в умовах Лісостепу Правобережного. Вradii O.I.

В умовах техногенного навантаження на довкілля одним з пріоритетних напрямків є моніторинг важких металів у трофічному ланцюгу: «грунт → рослина (корм) → тварина → продукція → людина». З метою попередження отруєнь сільськогосподарських тварин важкими металами рекомендується систематично проводити контроль за наявністю токсичних металів у кормовому раціоні. Особливе занепокоєння викликає виробництво м'яса птиці в домашніх умовах, де вона має вільний доступ до природних мінералів, більшість з яких містить важкі метали та інші токсиканти. Виходячи з цього, виникає необхідність постійного моніторингу зараженості кормової бази птиці, що утримується в домашніх умовах, та застосування заходів контролю для підвищення безпеки вітчизняної продукції. Вміст важких металів у м'ясі є одним із найважливіших санітарних показників його безпеки в умовах забруднення кормів важкими металами та підвищення санітарної безпеки продукції птахівництва за вмістом кадмію та свинцю. Для правильної організації годівлі птиці необхідно враховувати, перш за все, поживність корму та його якість. Основу раціону сільськогосподарської птиці складають зернові корми (55–80% раціону), які входять до складу комбікормів. Для контролю безпечності кормів необхідно проводити моніторинг на всіх етапах виробництва: починаючи з виробництва сировини та компонентів, їх подальшої обробки, зберігання, транспортування і до використання. Досліджено та проаналізовано проби ґрунту, відібраних в умовах Правобережного Лісостепу України, виявлено перевищення ГДК у ґрунті та вегетативній масі по кадмію у 1,28 та 1,5 раз відповідно у зерні ячменю, кукурудзи та соняшникового шроту. При цьому досліджувалися перевищення гранично допустимих концентрацій. Зокрема, у зерні пшениці, яке являється концентрованим кормом птиці, що утримується в домашніх умовах і становить у середньому 55%, виявлено перевищення вмісту кадмію у 2,1 та міді у 2,0 рази відповідно. Перевищення гранично допустимих концентрацій у 3,0 рази виявлено також у соняшниковому шроті. Найменший вміст важких металів, таких як свинець, кадмій, цинк і мідь, спостерігався в зерні кукурудзи. *Ключові слова*: ґрунт, фуражне зерно, важкі метали, коефіцієнт небезпеки.

Formulation of the problem. The man-made activity of the population has led to the pollution of the natural environment with various toxicants, including heavy metals, which move along the trophic chains from the soil to the plants, significantly affecting the quality of the harvest. A particular problem is the growing intensity of pollution of agricultural soils due to the high level of chemicalization in the field of crop production. As a result, heavy metals are introduced into the soil every

year, creating certain problems regarding the quality of crop production [2, 33].

Currently, a powerful source of heavy metal contamination of agricultural soils is mineral fertilizers and means of combating weeds and plant pests, which are used in agriculture. About 130 million tons of fertilizers are applied to the soil every year, including more than 70 million tons of nitrogen, 39 million tons of phosphorus, and 26 million tons of potassium fertilizers

[3, 32]. The use of organic fertilizers in crop production also pollutes the soil with heavy metals [4, 10] In particular, about 25 g of zinc, 4 g of copper and 0.3 g of cobalt enter the soil with one ton of litter manure. It is known that one kilogram of dry mass of organic fertilizers contains lead – 6.6–16 mg, zinc 15–250, copper – 2–60, cadmium – 0.3–0.8, manganese – 30–550, nickel – 7.8–30 milligrams [7, 8].

Having migration properties, heavy metals pollute all components of the biosphere, namely: soil, water, and air [9, 12]. In terms of toxicity, metals rank second after pesticides. They rank first in the volume of emissions into the natural environment. Such metals as lead, cadmium, mercury are extremely toxic to humans and animals even in very small concentrations. Some of these elements play an important role, increasing the biological activity of enzymes, hormones and vitamins. It should be noted that lead is characterized by low migration properties. Lead can accumulate in the soil in high concentrations. This element is classified as a particularly dangerous pollutant due to its toxicity and the intensity of its entry into the environment.

The connection of the author's work with important scientific and practical tasks. It is known that the average lead content in agricultural soils can reach up to 10 mg/kg. Lead in agricultural soils is unevenly distributed: up to 57–74% of this element remains in the 0–10 cm layer and from 3 to 8% – at a depth of 30–40 cm [14]. Cadmium is a highly toxic chemical element. Solubility and migration of cadmium in soils depends on their active acidity. In particular, it has the greatest mobility in acidic soils in the range of 4.5–5.5, while it is not mobile in alkaline soils. Cadmium intensively migrates from the soil through the root system into plants and their products [11, 16]. The concentration of cadmium in terms of dry matter in plants is $1 \cdot 10^{-4}\%$. The average content of cadmium in the dry matter for cereal grain ranges from 0.013 to 0.22 mg/kg, in legumes – 0.08–0.28, in herbs – 0.07–0.27 mg/kg [17].

Copper is classified as a moderately toxic element. It is widely used, in particular, in mechanical engineering, the chemical industry, and other branches of the national economy. In agriculture, a number of preparations containing copper compounds are used, for example, fungicides, anti-helminths, etc. Unlike other studied metals, copper is considered an element necessary for life, as it is a component of the active groups of many enzymes [15, 30]. Copper performs a number of functions in the body, namely: participates in hematopoiesis, promotes the transformation of iron into an organically bound form, which in turn enhances the synthesis of hemoglobin, participates in carbohydrate and mineral metabolism.

Analysis of recent research and publications. Among the heavy metals, cadmium and zinc are more available elements for plants compared to lead, chromium and mercury. Zinc is necessary for crop formation,

but in high concentrations it acts as a toxicant, which negatively affects living organisms [29]. The soil is a sorption barrier of heavy metals, especially its humus layer. It was found that high-buffer carbonate horizons fix about 99% of heavy metals that fell in a layer of 10–20 cm. In weakly acidic soils, migration can occur to a depth of 40 cm. In low-buffer soils, the penetration of heavy metals is observed up to 60–80 cm. In general, it was established, that horizontal migration occurs 3–4 times more intensively than vertical migration [28].

The increased content of heavy metals in the soil contributes to their intensive migration into plants [18]. It is known that the concentration of heavy metals in a plant can be tens or even hundreds of times higher than their concentration in the soil. The main factors that affect the migration of heavy metals from the soil to plants include: the amount of organic matter, the mechanical composition of the soil, acidity and the content of phosphorous substances in it [27].

Acidic soils have a lower ability to retain metals than neutral ones [19], although the main sorption of heavy metals is observed in an alkaline environment. The influence of strong dissociations of substances formed during the interaction of the components of chemical production emissions with atmospheric moisture, causes a change in the pH of the soil solution, negatively affects the soil absorption complex, the buffering capacity of soils. Due to the insufficient amount of moisture, neutral reaction, oxidizing conditions, stability of humus, the mobility of metals is limited, which determines their accumulation in the upper root humus horizon of soils [26].

The use of such grain as fodder contributes to the accumulation of heavy metals in the body of animals, including birds, which is accompanied by contamination of the products produced from them [20]. The population's consumption of livestock products contaminated with heavy metals causes a number of disorders, accompanied by the occurrence of various diseases [25]. It has been proven that in the conditions of zinc smelters and in the areas of lead and zinc ore development and shale deposits, the transfer of heavy metals into livestock products with feed is 16 times higher, compared to a conditionally clean area [21].

A previously unsolved part of the overall problem. Feed raw materials play a leading role in the poultry food chain, and up to 95% of heavy metals enter the poultry body mainly through the trophic chain, in particular, with feed and water [24]. The most resistant to heavy metals among agricultural plants are winter rye, winter wheat, oats and barley. Rye adapts better to heavy metals, and barley the least [22].

In order to reduce the migration of heavy metals through food chains, a number of measures are being introduced to reduce their mobility in the soil and reduce their accumulation in agricultural products (Baggio et al., 2016). Maize has a pronounced resistance to heavy metals, which allows effective use of territories

contaminated by these substances without removing them from agricultural use. A positive relationship between the accumulation of heavy metals in corn grain and the amount of protein was revealed, with correlation coefficients for lead of 0.95, cadmium – 0.88, and zinc – 0.77 [1].

In order to control the entry of toxic metals in Ukraine, the Order of the Ministry of Agrarian Policy and Food No. 131 dated 19.03.2012 approved the “List of maximum permissible levels of undesirable substances in fodder and feed raw materials for animals”, which regulates the content of feed and feed raw materials for animals heavy metals, mycotoxins, toxins of various origins. Summarizing the analysis of primary sources, it should be noted that in modern conditions of man-made load on the soils of agricultural lands, there is a need for constant monitoring of the migration of heavy metals in the soil-plant-human organism system in order to predict their movement in natural systems and the high level of risk from these toxicants.

Research results. The analysis of the intensity of pollution of agricultural land within the limits of local man-made load (Fig. 1) showed that the concentration of cadmium in the soil was 1.28 times higher compared to the MPC, while that of lead, zinc, and copper was 1.2 times lower, 4.6 and 9.5 times, respectively.

The highest content of heavy metals in arable land soils was Pb, compared to Cd, Zn, and Cu by 2.7, 3.8 and 1.0 times, respectively.

The results of studies on the intensity of heavy metal contamination of feed raw materials for poultry (Table 1) showed that the concentration of lead, cadmium, copper and zinc in corn grain was lower, compared to the MPC, by 7.1, 30.0, 44.0 respectively. 2.0 and 600.0 times, in wheat grain the concentration of lead, copper and zinc was lower than the MPC by 1.2, 4.2 and 1.9 times, respectively, while cadmium exceeded the MPC by 2.1 times. In oat and barley grains, the concentration of lead, cadmium, copper, and zinc was 16.7, 11.5, 19.2, and 66.0 times lower than the MPC, respectively. In sunflower meal, it was found that the content of lead, zinc, and copper was 1.25, 7.0, and 30.3 times lower, respectively, and cadmium was 3.0 times higher compared to the MPC.

Compared to the MPC, the highest intensity of contamination of feed raw materials of the poultry diet was observed in wheat grain. Thus, in wheat grain, lead, cadmium, zinc and copper were 5.7, 21.0, 239.4 and 22.6 times higher compared to similar raw materials of corn, oats – by 4.4, 12.3, 5.1 and 1.9 times, barley – 1.3, 8.0, 2.6 and 2.3 times, respectively (Fig. 2).

Compared to wheat, sunflower meal had 12.0 times lower zinc content, 3.6 times more copper, and 1.4 times more cadmium.

Analyzing the coefficient of danger of heavy metals in fodder grain (Table 2), it should be noted that this indicator was the highest for lead in wheat grain and sunflower meal. Specifically, compared to corn, oat, and

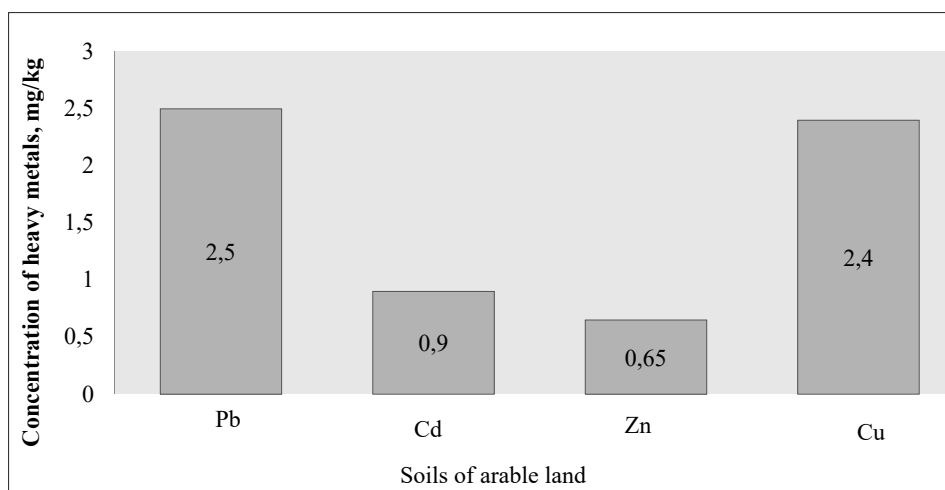


Fig. 1. Intensity of heavy metal contamination of arable land soils

Table 1

Concentration of heavy metals in fodder grain, mg/kg ($\bar{x} \pm SE$, n = 4)

Components of poultry diet	Pb	MPC	Cd	MPC	Cu	MPC	Zn	MPC
Corn	0.07 ± 0.04	5.0	0.01 ± 0.02	0.3	0.05 ± 0.03	30.0	1.13 ± 0.02	50.0
Wheat	0.41 ± 0.01	0.5	0.21 ± 0.03	0.1	11.97 ± 0.04	30.0	25.61 ± 0.03	50.0
Oat	0.09 ± 0.01	5.0	0.01 ± 0.02	0.3	2.34 ± 0.05	30.0	13.12 ± 0.01	50.0
Barley	0.33 ± 0.03	5.0	0.02 ± 0.02	0.3	4.53 ± 0.01	30.0	11.32 ± 0.03	50.0
Sunflower meal	0.42 ± 0.02	0.5	0.32 ± 0.03	0.1	0.99 ± 0.03	30.0	7.12 ± 0.02	50.0

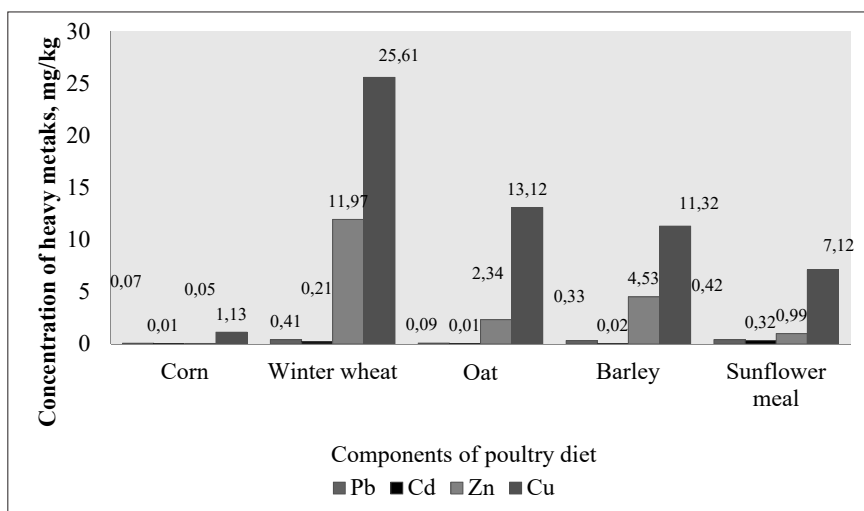


Fig. 2. Comparative characteristics of the intensity of fodder grain contamination, mg/kg

Table 2

The coefficient of danger of heavy metals in feed

Components of poultry diet	% in the diet	Pb	Cd	Zn	Cu
Corn	30	0.014	0.01	0.05	1.13
Wheat	55	0.8	0.21	11.97	25.60
Oat	5	0.018	0.017	2.34	13.12
Barley	5	0.06	0.026	4.53	11.30
Sunflower meal	5	0.8	0.3	0.99	7.12

barley grains, the hazard ratio of lead in wheat and sunflower meal was 5.7, 44.4, and 13.3 times higher, respectively. The highest hazard ratio of cadmium in fodder grain was found in sunflower meal, which was 0.3 mg/kg.

Compared to corn, wheat, oat, and barley grains, the hazard ratio of cadmium in sunflower meal was 30.0 times higher, 1.4, 17.6, and 11.5 times, respectively. The highest zinc hazard ratio was in wheat grain compared to corn grain, oat, barley, and sunflower meal at 239.4 times, 5.1, 2.6, and 12.1 times, respectively. The copper hazard ratio was 22.6 times highest in corn grain, 1.9 times in oats, 2.3 times in barley, and 3.6 times in sunflower meal compared to wheat grain.

That is, in the study areas of the Right Bank Forest Steppe, an excess of heavy metals in fodder grain was detected for cadmium in wheat grain and sunflower meal. At the same time, it should be noted that wheat and sunflower meal are characterized by a high content of lead, although without exceeding the maximum permissible limit.

Main conclusions. In the conditions of the Right-Bank Forest-Steppe of Ukraine, there is a 1.28- and 1.5-fold excess of the MPC in soil and vegetative mass for cadmium, respectively.

In the fodder grain of the diet of poultry in the conditions of the Right-Bank Forest-Steppe of Ukraine, an excess of the MPC was found in poultry grain for cadmium and copper by 2.1 times and 2.0 times, respectively, and in sunflower meal for cadmium by 3.0 times.

In the conditions of agricultural lands of gray forest soils with soil content of Pb – 2.5 mg/kg, Cd – 0.9 mg/kg, Zn – 0.65 mg/kg and Cu – 2.4 mg/kg in the produced fodder grain exceeding the MPC of these toxicants was not observed, except for Cd in poultry grain and sunflower meal. The highest content of Pb, Cd, Zn, and Cu was found in fodder grain of winter wheat.

The discussions in this paper. Man-made pollution of the environment with harmful substances, especially agricultural soils, to one degree or another can affect the safety of feed raw materials for poultry, the level of which depends on the efficiency of its use in poultry farming. It is known that in technogenically polluted territories, a certain part of heavy metals is translocated in plants and their products, in particular, grain, which occupies the main part of the diet of poultry.

Contamination of poultry feed with heavy metals on its free access to soil minerals creates a danger of obtaining high-quality poultry products.

References

1. Aloud S.S., Alotaibi K.D., Almutairi K.F., Albarakah F.N. Assessment of heavy metals accumulation in soil and native plants in an industrial environment, Saudi Arabia. Sustainability. 2022. Vol. 14. P. 1–15. DOI: 10.3390/su14105993.

2. Alengebawy A., Abdelkhalik S. T., Qureshi S. R., Wang M. Q. Heavy metals and pesticides toxicity in agricultural soil and plants: ecological risks and human health implications. *Toxics*. 2021. Vol. 9(3). P. 42–48. DOI: 10.3390/toxics9030042/
3. Baggio S.R., Vicente E., Bragagnolo N. Cholesterol oxides, cholesterol, total lipid and fatty acid composition in turkey meat. *Journal of Agricultural and food chemistry*. 2002. Vol. 50. P. 5981–5986.
4. Бойко В.І. *Зерно і ринок: монографія*. К.: ННЦ ІАЕ, 2007. 312 с.
5. Balabanova B., Stafilov T., Baceva K. Bioavailability and bioaccumulation characterization of essential and heavy metals contents in *R. acetosa*, *S. oleracea* and *U. dioica* from copper polluted and referent areas. *Journal of Environmental Health Science Engineering*, 2015. Vol. 13(1). P. 114–121. <https://doi.org/10.1186/s40201-015-0159-1>.
6. Bigalke M., Ulrich A., Rehmus A., Keller A. Accumulation of cadmium and uranium in arable soils in Switzerland. *Environmental Pollution*. 2017. Vol. 221. P. 85–93. DOI: 10.1016/j.envpol.2016.11.035.
7. Caldas D., Pestana I.A., Almeida M.G., Henry F.C. Risk of ingesting As, Cd, and Pb in animal products in north Rio de Janeiro state, Brazil. *Chemosphere*. 2016. Vol. 164. P. 508–515. DOI: 10.1016/j.chemosphere.2016.08.130.
8. Chen F., Muhammad F.G., Khan Z.I., Ahmad K. Ecological risk assessment of heavy metal chromium in a contaminated pastureland area in the Central Punjab. *Environmental Science and Pollution Research*. 2021. Vol. 11(2). P. 1–10. <https://doi.org/10.1007/s11356-021-15904-0>.
9. Chen F., Muhammad F.G., Khan Z.I., Ahmad K. Bioaccumulation and transfer of zinc in soil plant and animal system: a health risk assessment for the grazing animals. *Environmental Science and Pollution Research*. 2021. Vol. 17(4). P. 14–22. <https://doi.org/10.1007/s11356-021-15808-z>
10. Gadzhiev R. Sh. Indicators of Soil-Ecological Monitoring in Intensive Agriculture Area Biogeosyst. *Technique*. 2016. Vol. 10(4). P. 50–68. DOI: 10.13187/bgt.2016.10.250
11. Gosset T., Trancart J., Thevenot D.R. Batch metal removal by peat. *Kinetics and thermodynamics*. 2016. Vol. 20(1). P. 21–26. [https://doi.org/10.1016/0043-1354\(86\)90209-5](https://doi.org/10.1016/0043-1354(86)90209-5)
12. Герасименко В.Г., Бойко В.С. Ефективність згодовування сапонітового борошна молодняку свиней. Ефективне птахівництво та тваринництво. 2003. № 4. С. 34–35.
13. Hetmanska B., Tomasik P. The metal interactions in biological systems. *Water, air and Soil Pollution*. 1994. Vol. (74). P. 281–288.
14. Horckmans L.R., Deckers J.S. Geochemical and mineralogical study of a site severely polluted with heavy metals (Maattheide, Lommel, Belgium). *Environmental Geology*. 2006. Vol. 50. P. 725–742. DOI: 10.1007/s00254-006-0245-x.
15. Hussain M.I., Khan Z.I., Naem M., Ahmad K. Blood, hair and feces as an indicator of environmental exposure of sheep, cow and buffalo to cobalt: a health risk perspectives. *Sustainability*. 2021. Vol. 13. P. 77–83. <https://doi.org/10.3390/su13147873>
16. Янчева М.О., Пешук Л.В., Дромченко О.Б. *Фізико-хімічні та біохімічні основи технології м'яса та м'ясопродуктів*. К.: Центр учбової літератури. 2009. 304 с.
17. Ismael M.A., Elyamine A.M., Moussa M.G., Cai M. Cadmium in plants: uptake, toxicity, and its interactions with selenium fertilizers. *Metallomics*. 2019. Vol. 11. P. 255–277. DOI: 10.1039/C8MT00247A
18. Jaishankar M., Tseten T., Anbalagan N., Mathew B.B. Toxicity, mechanism and health effects of some heavy metals. *Interdisciplinary Toxicology*. 2018. Vol. 7(2). P. 60–72. DOI: 10.2478/intox-2014-0009
19. Кабаченко О.С. Інтенсивність забруднення фуражної кормової сировини важкими металами в зоні інтенсивного землеробства. Сільське господарство та лісівництво. 2017. №7. Т. 2. С.130–137.
20. Khan M.J., Jones D.L. Effect of Composts, Lime and Diammonium Phosphate on the Phytoavailability of Heavy Metals in a Copper. *Mine Tailing Soil Pedosphere*. 2019. Vol. 19(5). P. 631–41. [https://doi.org/10.1016/S1002-0160\(09\)60158-2](https://doi.org/10.1016/S1002-0160(09)60158-2).
21. Korobova E.M. Combined assessment of the ecological and geochemical state of anthropogenically impacted areas. *Geochemical International*. 2017. Vol. 55(10). P. 861–871. DOI: 10.1134/S0016702917100068
22. Low K.S., Lee C.K., Liew S.C. Sorption of cadmium and lead from aqueous solutions by spent grain. *Bioresource Technology*. 2020. Vol. 68(2). P. 205–208. [https://doi.org/10.1016/S0032-9592\(00\)00177-1](https://doi.org/10.1016/S0032-9592(00)00177-1)
23. Miclean M., Cadar O., Levei E. A., Roman R., Ozunu A. Metal (Pb, Cu, Cd, and Zn) transfer along food chain and health risk assessment through raw milk consumption from free-range cows. *International Journal of Environmental Research and Public Health*. 2019. Vol. 16(21). P. 40–64. DOI: 10.3390/ijerph16214064
24. Minkina T.M., Mandzhieva S.S., Chaplygin V. A. Accumulation of Heavy Metals by Forb Steppe Vegetation. *Arid Ecosystem*. 2018. Vol. 8(3). P. 190–202. DOI: 10.1134/S2079096118030058
25. Pereira C. Meat nutritional composition and nutritive role in the human diet Cardoso Pereira. 2013. Baltazar Vicente *Meat Science*. Vol. 93 (3). P. 586–592.
26. Ratie R., Vaňkova Z., Baragano D., Liao R. Antagonistic Cd and Zn isotope behavior in the extracted soil fractions from industrial areas. *Journal of Hazardous Materials*. 2022. Vol. 12(9). P. 519–524. DOI: 10.1016/j.jhazmat.2022.129519
27. Roy M., McDonald L.M. Metal uptake in plants and health risk assessments in metalcontaminated smelter soils. *Land Degradation*. 2013. Vol. 49. P. 517–524. <http://dx.doi.org/10.1002/ldr.2237>.
28. Tefera M., Gebreyohannes F., Saraswathi M. Heavy metal analysis in the soils of in and around Robe town, Bale zone, South Eastern, Ethiopia *Eurasian Journal of Soil Science*. 2018. Vol. 7(3). P. 251–256. DOI: 10.18393/ejss.430116
29. Wood J.D., Enser V., Fisher A.V. Fat deposition, fatty acid composition and meat quality: A review. *Meat Science*. 2008. Vol. 78. (4). P. 343–358.
30. Wu, T., Song, M., Shen, X. (2020). Seasonal dynamics of copper deficiency in Wumeng semi-fine wool sheep. *Biological Trace Elements Research*, (197), 487–494. <https://doi.org/10.1007/s12011-019-02018-5>
31. Wuana R.A., Okieimen F.E. Heavy metals in contaminated soils: a review of sources, chemistry, risks and best available strategies for remediation. *Improvement Science Research Network Ecology*. 2021. Vol. 20(90). P. 4614. DOI: 10.5402/2011/402647
32. Сачко Р.Г., Лесик Я.В., Лучка І.В. Вміст важких металів у доквіллі, кормах та продукції ВРХ в біогеохімічній провінції Прикарпаття. *Науковий вісник ЛНУВМБТ імені С.З. Гжицького*. 2016. № 3 (71). Т. 18. С. 87–90.
33. Sharma, C., & Forster, C. F. (2018). Removal of hexavalent chromium using sphagnum moss peat. *Water Research*, 27, (7), 1201–1208 [https://doi.org/10.1016/0043-1354\(93\)90012-74](https://doi.org/10.1016/0043-1354(93)90012-74).