



**ПОЛТАВСЬКОЇ ДЕРЖАВНОЇ АГРАРНОЇ АКАДЕМІЇ**

**3'2021**

Матеріали друкуються  
мовами оригіналів –  
українською та англійською

Науково-виробничий  
фаховий журнал  
2021, № 3 (102)

**ВІСНИК  
ПОЛТАВСЬКОЇ  
ДЕРЖАВНОЇ  
АГРАРНОЇ  
АКАДЕМІЇ**

**BULLETIN  
OF POLTAVA  
STATE  
AGRARIAN  
ACADEMY**

**Адреса редакції:**

36003, м. Полтава,  
вул. Г. Сковороди, 1/3,  
Полтавський державний  
аграрний університет,  
редакційно-видавничий відділ  
e-mail: [visnyk@pdaa.edu.ua](mailto:visnyk@pdaa.edu.ua)  
<http://www.pdaa.edu.ua>  
<https://doi.org/10.31210/visnyk>

**ЗАСНОВНИК –**

Полтавський державний  
аграрний університет.  
Видається з грудня 1998 року.  
Свідоцтво про державну реєстрацію  
КВ № 17244-6014 ПР від 21.10.2010 р.

© «Вісник Полтавської державної  
аграрної академії», 2021



**POLTAVA STATE AGRARIAN ACADEMY**

**3'2021**

Materials are published in original  
languages – Ukrainian and English

**Scientific and production  
professional journal**  
2021, № 3 (102)

---

**ВІСНИК  
ПОЛТАВСЬКОЇ  
ДЕРЖАВНОЇ  
АГРАРНОЇ  
АКАДЕМІЇ**

**BULLETIN  
OF POLTAVA  
STATE  
AGRARIAN  
ACADEMY**

**Editorial board address:**

1/3, Skovorody str.,  
Poltava, 36003  
Ukraine,  
Poltava State Agrarian University,  
Editorial and Publishing Department  
e-mail: [visnyk@pdaa.edu.ua](mailto:visnyk@pdaa.edu.ua)  
<http://www.pdaa.edu.ua>  
<https://doi.org/10.31210/visnyk>

**FOUNDER –**

Poltava State Agrarian University.  
Has been issued since December 1998.  
Certificate of state registration  
KV No. 17244-6014 PR of October 21, 2010.

© Bulletin of Poltava State  
Agrarian Academy, 2021

---

---

Науково-виробничий фаховий журнал *Вісник Полтавської державної аграрної академії* включено до «Переліку наукових фахових видань України» **Категорія Б**, в яких можуть публікуватися результати дисертаційних робіт на здобуття наукових ступенів доктора наук, кандидата наук та ступеня доктора філософії з сільськогосподарських, ветеринарних та технічних наук (наказ Міністерства освіти і науки України № 409 від 17.03.2020 р. та № 866 від 02.07.2020 р).

Виходить чотири рази на рік.

## **РЕДАКЦІЙНА КОЛЕГІЯ:**

### **Голова Редакційної ради**

В. І. АРАНЧІЙ, к. екон. наук (Україна)

### **Головний редактор**

О. О. ГОРБ, к. с.-г. наук, (Україна)

### **Заступники голови Редакційної ради**

М. С. САМОЙЛІК, д. екон. наук, (Україна)

Т. О. ЧАЙКА, к. екон. наук (Україна)

### **Заступник головного редактора**

П. В. ПИСАРЕНКО, д. с.-г. наук, (Україна)

## **ЧЛЕНИ РЕДАКЦІЙНОЇ РАДИ**

### **Редакційна колегія з галузі «Сільське господарство»:**

А. ДОЛГАНЬЧУК-ШЬРУДКА, док. габ. (Польща)

А. В. КАЛІНІЧЕНКО, д. с.-г. наук, (Україна, Польща)

І. В. КОРОТКОВА, к. хім. наук (Україна)

В. Ю. КРИКУНОВА, к. хім. наук (Україна)

М. М. МАРЕНИЧ, к. с.-г. наук, (Україна)

Н. М. ОПАРА, к. с.-г. наук, (Україна)

В. М. ПИСАРЕНКО, д. с.-г. наук, (Україна)

А. А. ПОЛЩУК, д. с.-г. наук, (Україна)

С. В. ПОСПЄЛОВ, д. с.-г. наук, (Україна)

М. РАЙФУР, док. габ (Польща)

Т. П. РОМАШКО, к. хім. наук (Україна)

А. О. ТАРАНЕНКО, к. с.-г. наук, (Україна)

А. М. ШОСТЯ, к. с.-г. наук, (Україна)

### **Редакційна колегія з галузі «Ветеринарна медицина»:**

А. А. АНТИПОВ, к. вет. наук (Україна)

В. П. БЕРДНИК, д. вет. н. (Україна)

О. О. БОЙКО, к. біол. наук (Україна)

О. Б. ГРЕБЕНЬ, к. біол. наук (Україна)

В. О. ЄВСТАФ'ЄВА, д. вет. н. (Україна)

Б. П. КИРИЧКО, д. вет. н. (Україна)

Л. М. КОРЧАН, к. вет. наук (Україна)

О. В. КРУЧИНЕНКО, д. вет. наук (Україна)

Т. А. КУЗЬМІНА, к. біол. наук (Україна)

С. М. КУЛИНИЧ, д. вет. н. (Україна)

Т. П. ЛОКЕС-КРУПКА, к. вет. наук (Україна)

В. В. МЕЛЬНИЧУК, к. вет. наук (Україна)

О. Б. ПРИЙМА, к. вет. наук (Україна)

---

**Редакційна колегія з галузі «Технічні науки»:**

О. В. ГОРИК, д. тех. наук (Україна)  
І. А. ДУДНІКОВ, к. тех. наук (Україна)  
С. Б. КОВАЛЬЧУК, к. тех. наук (Україна)  
О. М. КОСТЕНКО, д. тех. наук (Україна)  
В. М. САКАЛО, к. тех. наук (Україна)  
В. О. СУКМАНОВ, д. тех. наук (Україна)  
В. О. ШЕЙЧЕНКО, д. тех. наук (Україна)

**Члени Ради почесних членів:**

А. БРЗОЗОВСКА, д. екон. наук (Польща)  
З. ДАЦКО-ПІКІЄВІЧ, док. габ. (Польща)  
О. ПЕРЕХОЖУК, д. екон. наук (Німеччина)  
В. М. САМОРОДОВ, заслужений винахідник України (Україна)

Журнал рекомендовано до друку за рішенням вченої ради Полтавського державного аграрного університету (протокол № 2 від 15.09.2021 р.)

Назва, концепція, зміст і дизайн «Вісника ПДАА» є інтелектуальною власністю Полтавського державного аграрного університету й охороняється Законом України «Про авторські та суміжні права». Матеріали друкуються мовою оригіналу. У разі передруковування посилання на «Вісник ПДАА» є обов'язковим.

*«Вісник Полтавської державної аграрної академії»* індексується у електронних бібліотеках, каталогах, репозиторіях та міжнародних наукометричних базах даних: GOOGLE SCHOLAR, INDEX COPERNICUS INTERNATIONAL, SCIENTIFIC LITERATURE (SCILIT), УКРАЇНІКА НАУКОВА, DIMENSIONS, CrossRef, Національна бібліотека України імені В. І. Вернадського, BASE (Bielefeld Academic Search Engine)

**За точність перекладу, цифр, географічних назв, власних імен, цитат та іншої інформації несе відповідальність автор.**

**Видавець** – редакційно-видавничий відділ Полтавського державного аграрного університету:  
36003, м. Полтава, вул. Г. Сковороди, 1/3, корп. 4,  
каб. 510,  
e-mail: visnyk@pdaa.edu.ua

---

Scientific-production professional journal *Bulletin of Poltava State Agrarian Academy* is included in the "List of scientific professional editions of Ukraine" **Category B**, in which the results of thesis papers for Doctor of Sciences, Candidate of Sciences, and Ph.D degrees in agricultural, veterinary, and technical sciences can be published (Order of the Ministry of Education and Science of Ukraine №409 dated 17.03.2020 and №886 dated 02.07.2020).

The journal is published four times a year.

## **EDITORIAL BOARD:**

### **Chief of Editorial Council**

V. I. ARANCHIY, Cand. Econ. Sci. (Ukraine)

### **Editor-in-chief**

O. O. GORB, Cand. Agr. Sci. (Ukraine)

### **Deputy Head of Editorial Council**

M. S. SAMOILIK, Dr. Econ. Sci. (Ukraine)

T. O. CHAIKA, Cand. Econ. Sci. Professor (Ukraine)

### **Deputy Chief Editor**

P. V. PYSARENKO, Dr. Agr. Sci. (Ukraine)

## **MEMBERS OF THE EDITORIAL COUNCIL**

### **Editorial board in the field of «Agriculture»:**

A. DOLHANCZUK-SRODKA, Dr. hab. (Poland)

A. V. KALINICHENKO, Dr. Econ. Sci. (Ukraine, Poland)

I. V. KOROTKOVA, Cand. Chem. Sci. (Ukraine)

V. YU. KRYKUNOVA, Cand. Chem. Sci. (Ukraine)

M. M. MARENYCH, Cand. Agr. Sci. (Ukraine)

N. M. OPARA, Cand. Agr. Sci. (Ukraine)

V. M. PYSARENKO, Dr. Agr. Sci. (Ukraine)

A. A. POLISHCHUK, Dr. Agr. Sci. (Ukraine)

S. V. POSPIELOV, Dr. Agr. Sci. (Ukraine)

M. RAJFUR, Dr. hab. (Poland)

T. P. ROMASHKO, Cand. Chem. Sci. (Ukraine)

A. O. TARANENKO, Cand. Agr. Sci. (Ukraine)

A. M. SHOSTIA, Cand. Agr. Sci. (Ukraine)

### **Editorial Board in the field of «Veterinary Medicine»:**

A. A. ANTIPOV, Cand. Vet. Sci. (Ukraine)

V. P. BERDNYK, Dr. Vet. Sci. (Ukraine)

O. O. BOYKO, Cand. Biol. Sci. (Ukraine)

O. B. GREBEN, Cand. Biol. Sci. (Ukraine)

V. O. YEVSTAFIEVA, Dr. Vet. Sci. (Ukraine)

B. P. KYRYCHKO, Dr. Vet. Sci. (Ukraine)

L. M. KORCHAN, Cand. Vet. Sci. (Ukraine)

O. V. KRUCHYNNENKO, Dr. Vet. Sci. (Ukraine)

T. A. KUZMINA, Cand. Biol. Sci. (Ukraine)

S. M. KULYNYCH, Dr. Vet. Sci. (Ukraine)

T. P. LOKES-KRUPKA, Cand. Vet. Sci. (Ukraine)

V. V. MELNYCHUK, Cand. Vet. Sci. (Ukraine)

O. B. PRIJMA, Cand. Vet. Sci. (Ukraine)

### **Editorial Board in the field of «Technical Sciences»:**

O. V. HORYK, Dr. Tech. Sci. (Ukraine)

---

I. A. DUDNIKOV, Cand. Tech. Sci. (Ukraine)  
S. B. KOVALCHUK, Cand. Tech. Sci. (Ukraine)  
O. M. KOSTENKO, Dr. Tech. Sci. (Ukraine)  
V. M. SAKALO, Cand. Tech. Sci. (Ukraine)  
V. O. SUKMANOV, Dr. Tech. Sci. (Ukraine)  
V. O. SHEICHENKO, Dr. Tech. Sci. (Ukraine)

**Members of Council:**

A. BRZOZOWSKA, Dr. Econ. Sci. (Poland)  
Z. DACKO-PIKIEWICZ, Dr. hab. (Poland)  
O PEREKHOZHUK, Dr. Econ. Sci. (Germany)  
V. M. SAMORODOV, Honored inventor of Ukraine (Ukraine)

The journal is recommended for publication by the decision of the Academic Council of Poltava State Agrarian University (protocol No. 2 of 15.09.2021).

The title, conception, content, and design of the “Bulletin of Poltava State Agrarian Academy” are intellectual property of Poltava State Agrarian University and are protected by the Law of Ukraine “On Copyright and Related Rights.” Materials are published in original language. In case of reprinting, the reference to the “Bulletin of Poltava State Agrarian Academy” is compulsory.

«*Bulletin of Poltava State Agrarian Academy*» is indexed in electronic libraries, catalogs, repositories and international scientometric databases: GOOGLE SCHOLAR, INDEX COPERNICUS INTERNATIONAL, SCIENTIFIC LITERATURE (SCILIT), УКРАЇНІКА НАУКОВА, DIMENSIONS, CrossRef, Національна бібліотека України імені В. І. Вернадського, BASE (Bielefeld Academic Search Engine)

**The author is responsible for accuracy of translation, figures, geographic names, proper names, citations, bibliography and other information provided.**

**Publisher** – Editorial and Publishing Department of Poltava State Agrarian University: 36003 1/3, Skovorody str., Poltava, building 4, office 510,  
e-mail: visnyk@pdaa.edu.ua

---

|                                                                                                                                                                                                                              |     |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| <i>Березовський М. Д., Наріжна О. Л., Ващенко П. А., Шостя А. М., Усенко С. О., Кузьменко Л. М., Слинько В. Г.</i> Термінальні кнури та інші батьківські форми в системі гібридизації.....                                   | 135 |
| <i>Кравченко О. І., Карбан Ю. В., Усенко С. О., Васильєва О. О., Слинько В. Г., Юхно В. М.</i> Загальносвітові тенденції розвитку галузі козівництва та основні фактори формування якості козячого молока .....              | 142 |
| <i>Осадча Ю. В.</i> Реакція організму курей на зміну висоти розташування кліткової батареї.....                                                                                                                              | 150 |
| <i>Чижанська Н. В., Кузьменко Л. М., Поліщук А. А.</i> Наукові основи застосування фітогенних добавок для відгодівлі свиней .....                                                                                            | 157 |
| <i>Сухно Т. В., Шостя А. М., Ващенко П. А.</i> Розробка технологічних підходів щодо ведення свинарства при отриманні та дорощуванні приплоду.....                                                                            | 162 |
| <i>Полева І. О., Корх І. В., Карунна Т. І., Тендітник В. С., Кодак Т. С.</i> Біологічна цінність молока корів української чорно-рябої молочної породи із різними генотипами капа-казеїну (CSN3) та сиру кисломолочного ..... | 169 |

## ВЕТЕРИНАРНА МЕДИЦИНА

|                                                                                                                                                                                                                  |     |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| <i>Євстаф'єва В. О., Щербакова Н. С., Кручиненко О. В., Мельничук В. В., Михайлютенко С. М., Корчан Л. М., Долгін О. С., Передера С. Б.</i> Вплив техногенного забруднення на вміст бенз(а)пірену в силосі ..... | 178 |
| <i>Деркач І. М.</i> Вплив клатрохелату Феруму(IV) на динаміку біохімічних показників сироватки крові поросят .....                                                                                               | 186 |
| <i>Мельничук В. В., Євстаф'єва В. О., Хоменко А. М., Сидоренко І. С.</i> Аналіз видового різноманіття паразитів окремих видів риб прісноводних водойм України. Паразитичні найпростіші....                       | 194 |
| <i>Горюк Ю. В.</i> Терапевтична ефективність бактеріофагового препарату «Фагомаст» для лікування субклінічного маститу корів .....                                                                               | 204 |
| <i>Сахарова О. Ю.</i> Особливості анатомічної будови та фізіології копит віслуків.....                                                                                                                           | 210 |
| <i>Хорольський А. А.</i> Порівняльна ефективність методів зажиттєвої лабораторної діагностики пасалурозу кролів .....                                                                                            | 224 |
| <i>Прийма О. Б., Дмитренко Н. І.</i> Поширення паразитозів шлунково-кишкового каналу кіз у господарствах Полтавської області .....                                                                               | 230 |
| <i>Кручиненко О. В.</i> Поширення шлунково-кишкових паразитозів у курей.....                                                                                                                                     | 236 |
| <i>Киричко Б. П., Звенігородська Т. В., Киричко О. Б.</i> Використання ультразвукового дослідження як методу діагностики патологій репродуктивної системи у самок дрібних тварин.....                            | 242 |

## ТЕХНІЧНІ НАУКИ

|                                                                                                                                                               |     |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| <i>Березовський А. П., Трус О. М., Прокопенко Е. В.</i> Аналіз стану виробничого травматизму по регіонах України.....                                         | 249 |
| <i>Бурлака О. А., Горбенко О. В., Келемеш А. О., Бурлака А. О.</i> Дослідження надійності роботи елементів транспортних систем зернозбиральних комбайнів..... | 258 |

---



original article | UDC 502.175 | doi: 10.31210/visnyk2021.03.22

## INFLUENCE OF TECHNOGENIC POLLUTION ON BENZ(A)PYRENE CONTENT IN SILAGE

V. Yevstafieva

N. Shcherbakova

O. Kruchynenko

V. Melnychuk\*

S. Mykhailiutenko

L. Korchan

O. Dolhin

S. Peredera

ORCID  [0000-0003-4809-2584](https://orcid.org/0000-0003-4809-2584)ORCID  [0000-0002-3573-7673](https://orcid.org/0000-0002-3573-7673)ORCID  [0000-0003-3508-0437](https://orcid.org/0000-0003-3508-0437)ORCID  [0000-0003-1927-1065](https://orcid.org/0000-0003-1927-1065)ORCID  [0000-0001-6634-1244](https://orcid.org/0000-0001-6634-1244)ORCID  [0000-0002-6064-5922](https://orcid.org/0000-0002-6064-5922)ORCID  [0000-0003-0368-317X](https://orcid.org/0000-0003-0368-317X)ORCID  [0000-0001-6363-878X](https://orcid.org/0000-0001-6363-878X)Poltava State Agrarian University  
1/3, Skovorody Str., Poltava, 36003, Ukraine

\*Corresponding author

E-mail: [melnychuk86@ukr.net](mailto:melnychuk86@ukr.net)

## How to Cite

Yevstafieva, V., Shcherbakova, N., Kruchynenko, O., Melnychuk, V., Mykhailiutenko, S., Korchan, L., Dolhin, O., & Peredera, S. (2021). Influence of technogenic pollution on benz(a)pyrene content in silage. *Bulletin of Poltava State Agrarian Academy*, (3), 178–185. doi: 10.31210/visnyk2021.03.22

The data concerning the possible ways of finding benz(a)pyrene, a harmful substance with the expressed carcinogenic and mutagenic properties, were presented in the work. The substance belongs to the first class of danger. Benz(a)pyrene is an indicator of the environmental state. As a result of migration, it gets into feeds of plant origin. According to the results of the conducted monitoring studies of feeds used for farm animals on private farms of Poltava region, the main source of contamination with PAH (polycyclic aromatic hydrocarbons), namely benz(a)pyrene, was determined. Its eco-toxicity was investigated. In particular, it was detected in the experimental samples of silage at a concentration of  $6.72 \pm 0.22 \mu\text{g/kg}$ , fluctuating from  $6.30$  to  $7.50 \mu\text{g/kg}$  in the studied feed. To determine possible ways of contaminating silage with benz(a)pyrene, the content of this dangerous carcinogenic substance in Sudan grass and sunflower at the beginning of flowering, as well as in corn green mass was studied. The choice of plants for the experiment was based on the fact that the majority of farmers use the green mass of corn and Sudan grass, which are sown at a distance of  $50$ – $1500$  m away from the Kyiv-Kharkiv highway, to put in silo pits. Comparing the level of benz(a)pyrene accumulation in the experimental samples of plants grown on lands located at a distance of  $500$ – $300$  m away from the highway, it was found that the super-toxin was accumulated most of all in Sudan grass (over  $9.94 \mu\text{g/kg}$ ). The accumulation in sunflower was somewhat less than in Sudan grass at the beginning of flowering ( $9.10 \mu\text{g/kg}$ ,  $P < 0.01$ ) and in corn ( $8.41 \mu\text{g/kg}$ ,  $P < 0.05$ ). During the study of average samples of the above mentioned plants, which were taken at a distance of  $400$ – $900$  m and  $1,000$ – $1,500$  m away from Kyiv-Kharkiv highway, the tendency of decreasing the quantitative indicator of benz(a)pyrene was registered, which correlated with the distance to the highway. Thus, at a distance of  $500$ – $900$  m, the average indicator in Sudan grass made  $1.50 \mu\text{g/kg}$ , and at a distance of  $1,000$ – $1,500$  m it decreased to  $0.30 \mu\text{g/kg}$ . The obtained results are of important theoretical and practical significance, as they to some extent complement the already existing scientific data on the accumulation of the carcinogen in various plants, including crops. In addition, the obtained data allow farmers to plan sowing crops taking into account the safe distance to intensive-traffic highways.

**Key words:** carcinogen, benz(a)pyrene, feeds, polycyclic aromatic hydrocarbons (PAH), silage.



## ВПЛИВ ТЕХНОГЕННОГО ЗАБРУДНЕННЯ НА ВМІСТ БЕНЗ(А)ПІРЕНУ В СИЛОСІ

*В. О. Євстаф'єва, Н. С. Щербакова, О. В. Кручиненко, В. В. Мельничук, С. М. Михайлютенко, Л. М. Корчан, О. С. Долгін, С. Б. Передера*

Полтавський державний аграрний університет  
м. Полтава, Україна

У роботі наведено дані щодо можливих шляхів потрапляння до навколишнього середовища бенз(а)пірену – шкідливої речовини з вираженими канцерогенними та мутагенними властивостями. Речовину відносять до першого класу небезпеки. Бенз(а)пірен – індикатор стану навколишнього середовища. В результаті міграції він потрапляє до кормів рослинного походження. За результатами проведених моніторингових досліджень кормів, що використовують для сільськогосподарських тварин в умовах приватних фермерських господарств Полтавської області, визначено основне джерело забруднення представниками ПАВ (поліциклічними ароматичними вуглеводнями), а саме бенз(а)піреном. Висвітлено його екотоксичність. Зокрема, виявлено наявність останнього у дослідних зразках силосу в концентрації  $6,72 \pm 0,22$  мкг/кг за умови коливань від 6,30 до 7,50 мкг/кг досліджуваного корму. Для визначення можливих шляхів забруднення бенз(а)піреном силосу досліджено вміст небезпечної канцерогенної речовини в суданській траві, соняшнику в період початку цвітіння, а також у зеленій масі кукурудзи. Вибір рослин для дослідів базувався на тому, що більшість фермерів для закладки в силосні ями використовують зелену масу кукурудзи та суданської трави, якими засівають земельні угіддя на відстані 50–1500 м від автомагістралі Київ–Харків. Порівнюючи рівень накопичення бенз(а)пірену в дослідних зразках рослин, що вирощуються на угіддях, розташованих на відстані 500–300 м від автомагістралі, зафіксовано, що супертоксин найбільше акумулюється в суданській траві (понад 9,94 мкг/кг). Деяко менше порівняно з суданською травою відбувається накопичення в соняшнику на початку цвітіння 9,10 мкг/кг ( $P < 0,01$ ), та в кукурудзі 8,41 мкг/кг ( $P < 0,05$ ). Під час дослідження середніх проб вищезазначених рослин, які відібрано на відстані 400–900 м та 1000–1500 м від траси Київ–Харків зареєстровано тенденцію до зниження кількісного показника бенз(а)пірену, що корелює з віддаленням від траси. Наприклад, на відстані 500–900 м у суданській траві середній показник становив 1,50 мкг/кг, а на відстані 1000–1500 м він знизився до 0,30 мкг/кг. Отримані результати мають важливе теоретичне і практичне значення, оскільки певною мірою доповнюють вже наявні наукові дані щодо накопичення канцерогену в різних рослинах, зокрема й сільськогосподарських культурах. Окрім того ці дані дозволять фермерам планувати посіви сільськогосподарських культур, зважаючи на безпечну відстань до автомагістралей з інтенсивним трафіком.

**Ключові слова:** канцероген, бенз(а)пірен, корма, поліциклічні ароматичні вуглеводні, ПАВ, силос.

### Вступ

Нині у світі особливої актуальності набувають проблеми онкоекоекології, де ведуться дослідження впливу онкогенних факторів на біоценози. Цей новий підхід припускає дослідження популяційних ефектів циркулюючих канцерогенних речовин з метою інтегральної оцінки стану різних екосистем, визначення організмів-індикаторів забрудненості навколишнього середовища канцерогенами та контролю за їх вмістом [1–5, 13–16, 19].

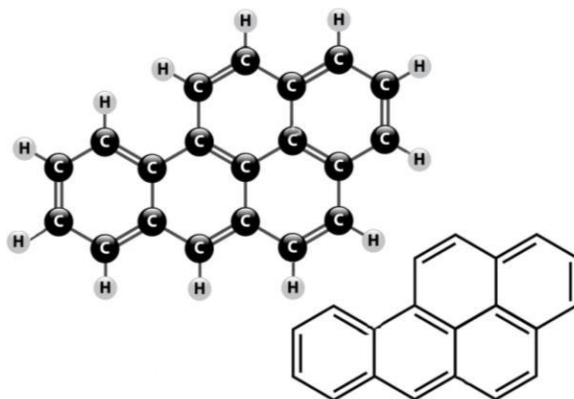
Бензопірен або бенз(а)пірен ( $C_{20}H_{12}$ ) – ароматична сполука, представник родини поліциклічних вуглеводнів, речовина першого класу небезпеки канцерогенних речовин. Це п'ятикілцевий поліциклічний ароматичний вуглеводень (рис. 1), який у нормальних умовах має вигляд світло-жовтих кристалів із температурою плавлення  $179^\circ\text{C}$ .

Цю речовину виявляють у тютюновому димі, забрудненому повітрі великих міст, особливо на великих магістралях і поблизу заправних станцій, у ґрунті, сирій нафті [19, 20, 21].

У світі щорічно до навколишнього середовища потрапляє близько 7 тис. т бенз(а)пірену – речовини, яка є вкрай стійкою. Їй властива дуже висока здатність до акумуляції в організмі та навколишньому середовищі [7, 11–13].

У навколишньому середовищі канцероген накопичується переважно у ґрунті, іноді у воді. Ґрунти на територіях, прилеглих до автомагістралей, відчувають регулярне хімічне забруднення важкими металами, нафтопродуктами і поліциклічними ароматичними вуглеводнями (ПАВ), які містяться, головню, в газопилових викидах автотранспорту [9, 19, 20]. Ситуація ускладнюється тим, що дорожні

проїзди за межами бічних примігистральних газонів активно використовують як стоянки для автомобілів. Як відомо, вихлопні гази двигуна автомобіля більш збагачені токсичними речовинами, особливо ПАВ (зокрема бенз(а)піреном). Тому рівень хімічного забруднення цих ділянок є надзвичайно високим [11, 12].



**Benzo(a)pyrene**  
**C<sub>20</sub>H<sub>12</sub>**

*Рис. 1. Хімічна формула бенз(а)пірену*

Варто зазначити, що з ґрунту бенз(а)пірен надходить до рослин, і продовжує свій рух далі у трофічному ланцюгу, при цьому на кожному етапі його вміст у природних об'єктах зростає в кілька разів [14–16, 19, 20].

Зважаючи на вищезазначене та введення системи НАССР, за якою проводиться аналіз ризиків на кожному етапі сільськогосподарського і промислового виробництва продовольчої сировини і продуктів, а також їх зберігання, пакування і маркування, – гарантування безпеки і якості продуктів та сировини є одним з основних завдань, і можна стверджувати, що встановлення вмісту бенз[а]пірену в кормах для тварин є актуальною науково-практичною задачею.

*Метою* проведеного дослідження було з'ясувати рівень накопичення бенз(а)пірену в зелених кормах, які використовують як сировину для закладання силосних ям залежно від відстані угідь, де їх вирощують, до дорожнього полотна автомагістралі Київ-Харків.

## Матеріали і методи досліджень

Матеріалом дослідження слугували зразки суданської трави, зелена маса кукурудзи, соняшника та силос, якими годують сільськогосподарських тварин у фермерських господарствах передмістя Полтави. Зразки рослин для проведення досліджень відбирали з полів розташованих уздовж автомагістралі Київ-Харків на різній відстані від дорожнього полотна: 50–300, 400–900 та 1000–1500 м.

Кількісний показник бенз(а)пірену визначали згідно з ДСТУ 4689:2006 Продукти харчові. Методи визначення масової частки бенз(а)пірену [22].

Статистичні розрахунки проводили на персональному комп'ютері з використанням програмного забезпечення MedCalc Statistical Software version 19.1 (MedCalc Software bvba, Ostend, Belgium). Вираховували стандартну похибку (SE) і середні значення (M). Встановлення статистичної різниці між двома групами проводили за критерієм Манна-Уїтні. Рівень  $P < 0,05$  вважали статистично значущим.

## Результати досліджень та їх обговорення

Моніторингові дослідження кормів для тварин щодо їх забрудненості бенз(а)піреном визначають наявність вищенаведеної шкідливої речовини у дослідних зразках силосу. Зафіксовано, що вміст бенз(а)пірену в дослідних зразках силосу в середньому становив  $6,72 \pm 0,22$  мкг/кг за умови коливань від 6,3 до 7,5 мкг/кг. Варто зазначити, що на сьогодні регламентом не встановлено граничних меж бенз(а)пірену в кормах для тварин, зокрема й силосі, проте для порівняння у продуктах харчування, зокрема в копченому м'ясі максимально допустимий вміст бенз(а)пірену 5 мкг/кг [17]. Отже, можна стверджувати, що в силосі вміст бенз(а)пірену перевищує понад 25,6 % від максимально допустимої

## ВЕТЕРИНАРНА МЕДИЦИНА

норми для харчових продуктів. Отож, варто було дізнатися можливі шляхи забруднення корму тварин бенз(а)піреном.

Встановлено, що фермерські господарства, в умовах яких були проведені дослідження для закладки у силосні ями, використовують зелену масу кукурудзи, соняшнику на початку цвітіння, а також суданську траву. Варто відмітити, що угіддя, де вирощується зелена маса цих рослин переважно розташовані вздовж автомагістралі Київ–Харків, на різній відстані від дорожнього полотна. Отже, було досліджено вміст бенз(а)пірену саме в цих рослинах.

Результати досліджень свідчать, що накопичення рослинами ПАВ прямо пропорційно залежить від відстані місця відбору зразків до автомагістралі (табл.).

**Вміст бенз(а)пірену у відібраних зразках залежно від віддаленості угідь до автомагістралі Київ–Харків, мкг/кг,  $n=5$ ,  $M \pm SE$**

| Суданська трава      | Соняшник на початку цвітіння | Зелена маса кукурудзи | ГДМ Бенз(а)пірену |
|----------------------|------------------------------|-----------------------|-------------------|
| 1000–1500 м          |                              |                       |                   |
| $0,30 \pm 0,050$     | $0,24 \pm 0,04$              | $0,21 \pm 0,05$       | не нормується     |
| 500–900 м            |                              |                       |                   |
| $1,50 \pm 0,01^{**}$ | $1,10 \pm 0,05^{**}$         | $0,96 \pm 0,02^{**}$  | не нормується     |
| 50–400 м             |                              |                       |                   |
| $9,94 \pm 0,14^{**}$ | $9,10 \pm 0,20^{**}$         | $8,41 \pm 0,51^{**}$  | не нормується     |

*Примітки:* \* –  $P < 0,05$ , \*\* –  $P < 0,01$  – порівняно з показником на відстані 1000–1500 м; ГДМ – гранично допустимі межі.

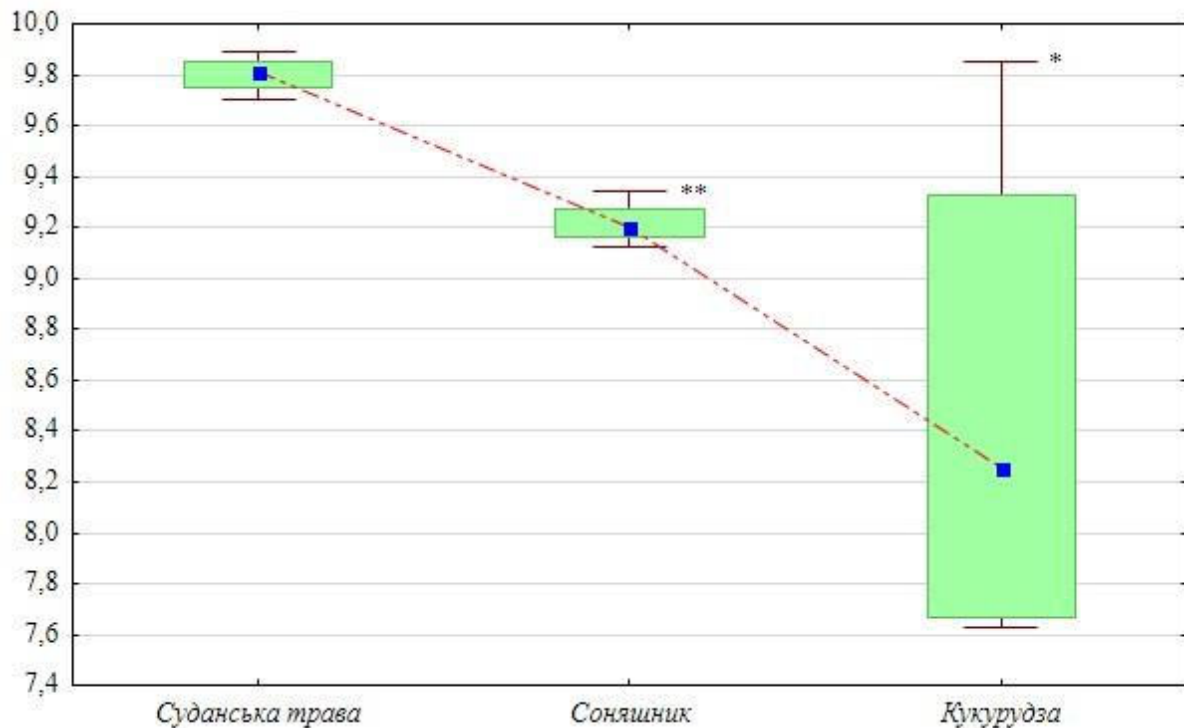
Зафіксовано, що зразки рослин, відібрані на відстані 1000–1500 м від автомагістралі Київ–Харків виявилися найменше забрудненими бенз(а)піреном (від 0,21 до 0,30 мкг/кг). Зокрема, на вказаній відстані показник забрудненості суданської трави в середньому становив  $0,30 \pm 0,050$  мкг/кг, соняшнику та зеленої маси кукурудзи  $0,24 \pm 0,04$  та  $0,21 \pm 0,05$  мкг/кг відповідно. Зі скороченням відстані від угідь до автомагістралі до 500–900 м зафіксовано збільшення кількості ПАВ у зразках, в середньому від 0,96 до 1,50 мкг/кг. Наприклад, у суданській траві цей показник становив  $1,50 \pm 0,01$  мкг/кг, а в соняшнику та кукурудзі  $1,10 \pm 0,05$  та  $0,96 \pm 0,02$  мкг/кг відповідно. Порівняно з аналогічними показниками у рослин відібраних на відстані 1000–1500 м від дорожнього полотна автомагістралі, їх забрудненість зростає, а отримані значення набули вірогідної різниці. Зокрема в суданській траві збільшилася концентрація у 5,00 разів, у кукурудзі та соняху – майже однаково – 4,57 та 4,58 разів відповідно ( $P < 0,01$ ).

Досліджуючи зелену масу кормів, відібрану на відстані 50–400 м від автомагістралі, встановлено різке зростання ПАВ у відібраних зразках рослин (від 8,41 до 9,94 мкг/кг) порівняно з показниками, отриманими в рослин, відібраних на відстані 1000–1500 м від автомагістралі. У суданській траві концентрація бенз(а)пірену становила  $9,94 \pm 0,14$  мкг/кг, а в соняшнику та кукурудзі  $9,1 \pm 0,20$  та  $8,41 \pm 0,51$  мкг/кг відповідно. Отже, показники забрудненості цих рослин підвищилися у 33,13–40,04 разів ( $P < 0,01$ ) та набули вірогідних значень.

Можна дійти висновку, що наближеність угідь до автомагістралей сприяє забрудненню рослин бенз(а)піреном, а отже, й кормів, що в подальшому використовуються для годівлі продуктивних тварин.

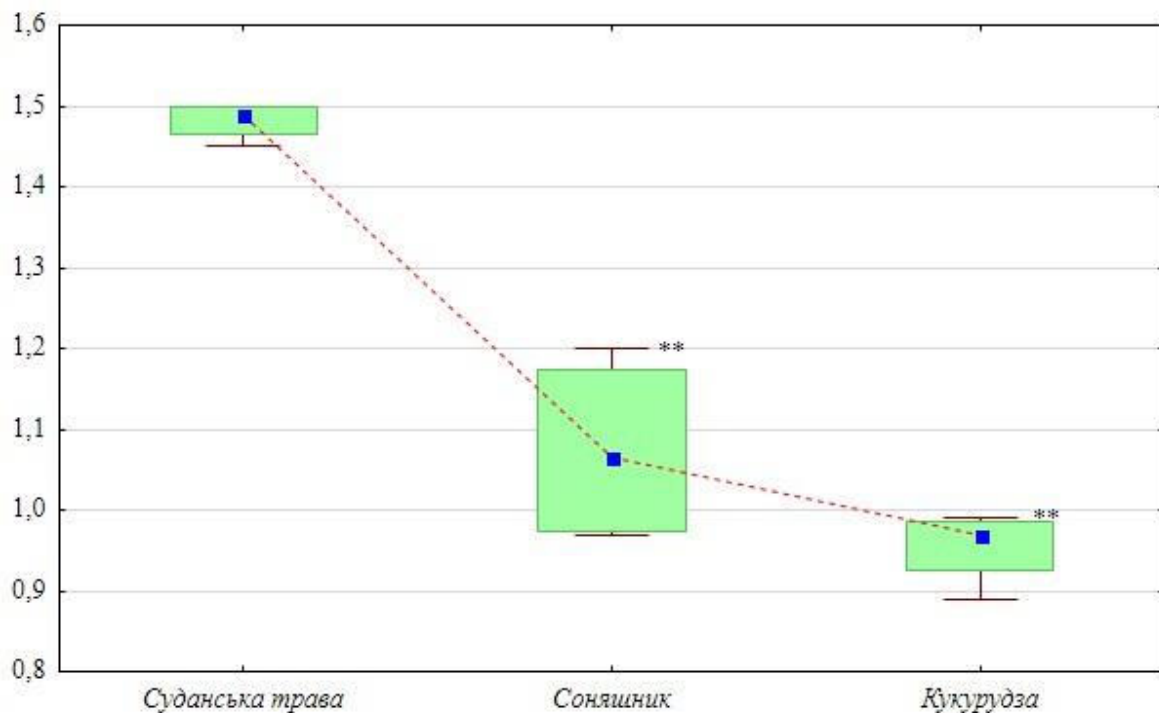
Окрім того, за наслідками проведених досліджень з'ясовано, що використовувані в експерименті рослини мають різну здатність до акумулювання бенз(а)пірену. Зокрема, найбільшу здатність до накопичення шкідливої речовини має суданська трава, на другому місці виявився сонях, і, найменше накопичувала в собі ПАВ кукурудза (рис. 2–4).

При порівнянні рівня накопичення бенз(а)пірену в дослідних рослинах виявлено, що на відстані 50–300 м від автомагістралі ПАВ найбільше акумулюються в суданській траві  $9,94$  мкг/кг, за умов коливань від 9,70 до 10,50 мкг/кг (рис. 2). У соняшнику на початку цвітіння його кількість була дещо меншою порівняно з суданською травою у 1,09 разів ( $P < 0,01$ ), і становила в середньому  $9,10$  мкг/кг за коливань від 9,70 до 10,50 мкг/кг, і найменше –  $8,41$  мкг/кг за умов коливань від 9,12 до 9,43 мкг/кг у кукурудзі, що у 1,18 разів менше порівняно із показником суданської трави ( $P < 0,05$ ).



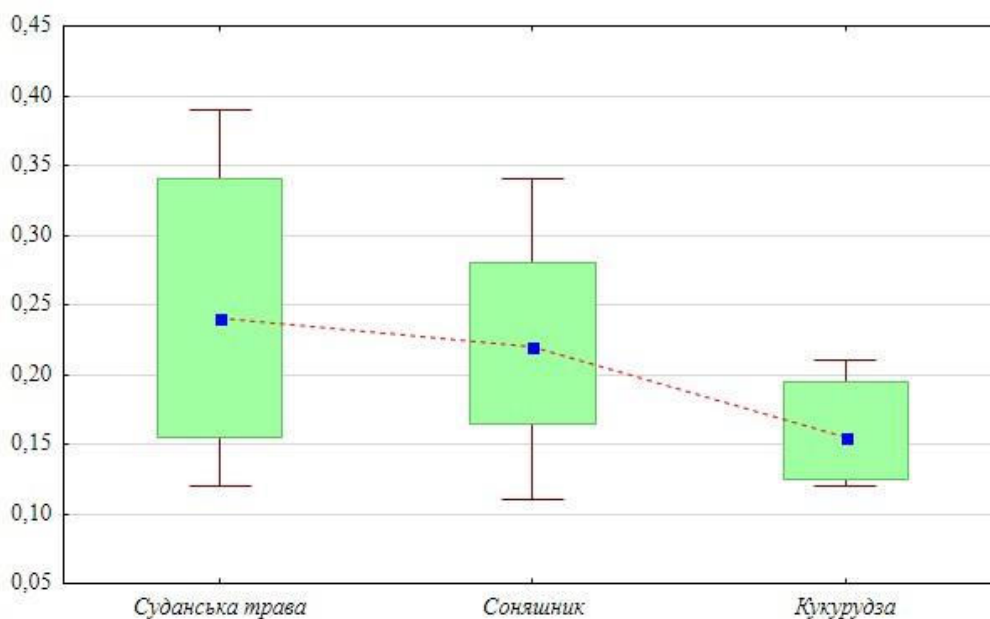
**Рис. 2. Рівень акумуляції бенз(а)пірену в дослідних зразках рослин з угідь на відстані 50–300 м від автомагістралі Київ–Харків (мкг/кг)**  
**Примітки:** \* –  $P < 0,05$ , \*\* –  $P < 0,01$  – порівняно з показником у суданській траві.

Варто відмітити, що рівень бенз(а)пірену в суданській траві, зібраній з угідь, які розташовані на відстані 400–900 м від автомагістралі, виявився вірогідно вищим порівняно з аналогічним у соняху та кукурудзі на 1,36 та 1,56 раза ( $P < 0,01$ ) (рис. 3).



**Рис. 3. Рівень акумуляції бенз(а)пірену в дослідних зразках рослин з угідь на відстані 400–900 м від автомагістралі Київ–Харків (мкг/кг).**  
**Примітки:** \*\* –  $P < 0,01$  – порівняно з показником у суданській траві.

Таку ж картину зафіксовано у забрудненості рослин з угідь, розташованих на відстані 1000–1500 м від автомагістралі Київ–Харків (рис. 4). У суданській траві зафіксовано найвищі показники забрудненості бенз(а)піреном 0,30 мкг/кг, що на 1,25 та 1,43 рази більше порівняно з аналогічним показником у соняшнику та кукурудзі. Проте вірогідності отримані значення не набули.



**Рис. 4.** Рівень акумуляції бенз(а)пірену в дослідних зразках рослин з угідь на відстані 1000–1500 м від автомагістралі Київ–Харків (мкг/кг).

Отримані дані, на нашу думку, можна пояснити будовою кореневої системи рослин та тим, що максимальна кількість бенз(а)пірену накопичується в корінні рослин, оскільки трава суданська має потужну мичкувату кореневу систему, що проростає на глибину понад 2,5 м. Що стосується надкореневої частини рослин – стебла, то в ньому концентрація шкідливих речовин у 15 разів менша. Варто зазначити, що до 70 відсотків коріння цієї рослини розташовується в орному шарі ґрунту, який забруднюється газопаливними викидами автотранспорту, що і сприяє інтенсивному забрудненню рослини.

Аналізуючи отримані результати, ми з'ясували, що антропогенним чинником, який призводить до суттєвого погіршення екологічної ситуації та виступає джерелом розповсюдження ПАВ, є автомагістраль, що розташована вздовж полів, на яких вирощують аграрні культури.

### Висновки

Встановлено, що джерелом забруднення на бенз(а)пірен кормів рослинного походження, що зростають уздовж автомагістралі Київ–Харків, є газопилові викиди автотранспорту. Найбільшого забруднення зазнають рослини, що зростають на угіддях уздовж автомагістралі на відстані 50–300 м від дорожнього полотна. Зокрема забрудненість суданської трави, соняшнику та кукурудзи коливається в межах 8,41–9,94 мкг/кг. Зареєстровано, що суданська трава порівняно із соняшником та кукурудзою найбільше акумулює бенз(а)пірен  $P < 0,05$  –  $P < 0,001$  (у 1,09–1,56 разів) незалежно від наближеності угідь до автомагістралі. Безпечною відстанню для вирощування сільськогосподарських культур, зокрема й тих, що використовуються як кормова база для тварин, можна вважати відстань не менше 500 метрів від автомагістралей.

Перспективи подальших досліджень полягають у вивченні шляхів зменшення кількісного вмісту бенз(а)пірену в кормах, призначених для годівлі сільськогосподарських тварин.

### References

1. Birks, S. J., Cho, S., Taylor, E., Yi, Y., & Gibson, J. J. (2017). Characterizing the PAHs in surface waters and snow in the Athabasca region: Implications for identifying hydrological pathways of atmospheric deposition. *Science of The Total Environment*, 603-604, 570–583. doi: 10.1016/j.scitotenv.2017.06.051
2. Boom, A., & Marsalek, J. (1988). Accumulation of polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs) in an urban snowpack. *Science of The Total Environment*, 74, 133–148. doi: 10.1016/0048-9697(88)90134-9



3. Chetwittayachan, T., Shimazaki, D., & Yamamoto, K. (2002). A comparison of temporal variation of particle-bound polycyclic aromatic hydrocarbons (pPAHs) concentration in different urban environments: Tokyo, Japan, and Bangkok, Thailand. *Atmospheric Environment*, 36 (12), 2027–2037. doi: 10.1016/s1352-2310(02)00099-7
4. Ander, E. L., Johnson, C. C., Cave, M. R., Palumbo-Roe, B., Nathanail, C. P., & Lark, R. M. (2013). Methodology for the determination of normal background concentrations of contaminants in English soil. *Science of The Total Environment*, 454–455, 604–618. doi: 10.1016/j.scitotenv.2013.03.005
5. Finardi, S., Radice, P., Cecinato, A., Gariazzo, C., Gherardi, M., & Romagnoli, P. (2017). Seasonal variation of PAHs concentration and source attribution through diagnostic ratios analysis. *Urban Climate*, 22, 19–34. doi: 10.1016/j.uclim.2015.12.001
6. Uyutkin, V., Izvekova, T., Gushchin, A., & Mashkin, D. (2014). Ecological risk assessment at soil contamination by oil supply enterprises (as exemplified by Ivanovo city). *Safety in Technosphere*, 1, 32–38. doi: 10.12737/2776
7. Papageorgiou, A., Manoli, E., Touloumi, E., & Samara, C. (1999). Polycyclic aromatic hydrocarbons in the ambient air of Greek towns in relation to other atmospheric pollutants. *Chemosphere*, 39 (13), 2183–2199. doi: 10.1016/s0045-6535(99)00143-5
8. Ravindra, K., Sokhi, R., & Vangrieken, R. (2008). Atmospheric polycyclic aromatic hydrocarbons: Source attribution, emission factors and regulation. *Atmospheric Environment*, 42 (13), 2895–2921. doi: 10.1016/j.atmosenv.2007.12.010
9. Sharma, M., & McBean, E. A. (2001). PAH deposition to snow surface. *Environmental Science and Pollution Research*, 8 (1), 11–18. doi: 10.1007/bf02987290
10. Golodnyak, V., Granica, N., Grigorova, L., Zelenina, L., Makarchuk, T., Podrushnyak, A., & Koval, A. (2007). K voprosu o reglamentacii soderzhaniya 3, 4 benzpirena v rastitelnom masle i zhirah. Zhurnal "Olijno-zhirovij kompleks". Retrieved from: <https://www.apk-inform.com/ru/oilprocessing/57021> [In Russian].
11. Dolyna, L. F., Kozachyna, V. A., & Prystynskyi, V. V. (2013). Monitorynh zabrudnennia atmosfernoho povitria benz(a)pirenom ta vuhlevodnem. *Elektromahnitna Sumisnist ta Bezpeka na Zaliznychnomu Transporti*, 6, 91–97. doi: 10.15802/ecsrt2013/51294 [In Ukrainian].
12. Shorina, T. S., Teslya, A. V., & Popov, A. V. (2012). Ocenka ekologicheskogo sostoyaniya pochvennogo pokrova pridorozhnyh territorij g. Orenburga. *Vestnik Orenburgskogo Gosudarstvennogo Universiteta*, 6 (142), 106–108. [In Russian].
13. Kamlyk, M. I. (2001). Pravova baza z pytan ekolohii ta okhorony pryrodnoho seredovyscha. In: *Zbirnyk normatyvnykh aktiv*. Kyiv: Atika [In Ukrainian].
14. Kireeva, N. A., Novoselova, E. I., & Erohina, N. I. (2009). Nakoplenie benz(a)pirena v sisteme pochva-rastenie pri zagryaznenii neftyu i pri aktivnogo privnesenii ila. *Vestnik Orenburgskogo Gosudarstvennogo Universiteta*, 6 (100), 579 – 581. [In Russian].
15. Kenofontov, B., Kozodayev, A., Taranov, R., & Vinogradov, M. (2020). Treatment of waste water from complex organic substances. *Ecology and Industry of Russia*, 24 (7), 4–7. doi: 10.18412/1816-0395-2020-7-4-7
16. Kryvenko, G., Vozniak, L., & Zorin, V. (2019). Analiz vykydiv zabrudniuiuchykh rehovyn v atmosfere povitria statsionarnymy dzherelamy. *Ecological Safety and Balanced Use of Resources*, 1 (19), 85–93. doi: 10.31471/2415-3184-2019-1(19)-85-93 [In Ukrainian].
17. Pro zatverdzhennia Derzhavnykh hihienichnykh pravyl i norm "Rehlament maksimalnykh rivniv okremykh zabrudniuiuchykh rehovyn u kharchovykh produktakh"Zatverdzheno nakazom ministerstva okhorony zdorovia Ukrainy vid 13.05.2013 № 368. (2013). Retrieved from: [https://zakononline.com.ua/documents/show/347397\\_\\_656916](https://zakononline.com.ua/documents/show/347397__656916) [In Ukrainian].
18. Rak v Ukraini, 2017 – 2018. Zakhvoriuvannist, smertnist, pokaznyky diialnosti onkologichnoi sluzhby. (2019). In: *Biuletyn natsionalnoho kantser-reestru Ukrainy № 20*. Kyiv. Retrieved from: [http://www.ncru.inf.ua/publications/BULL\\_20/index.htm#zmist](http://www.ncru.inf.ua/publications/BULL_20/index.htm#zmist) [In Ukrainian].
19. Shcherbakova, N. S., Bezghodko, Ye. O., & Peredera, Zh. O. (2016). Monitorinh vmistu benz(a)perenu u miasoproduktakh vyrobnytstva deiakykh pidpriemstv poltavskoi oblasti. *Zbirnyk tez mizhnarodnoi naukovo-praktychnoi konferentsii «Rol ahrarnykh vyshchykh navchalnykh zakladiv u rozvytku malykh form hospodariuvannia yak faktora sotsialno-ekonomichnoi stabilnosti silskykh terytorii ta samozainiatosti naseleennia»*. (Kyiv, 23 lystopada 2016). Kyiv: Naukovo-metodychnyi tsentr “Ahroosvita” [In Ukrainian].

20. Shcherbakova, N. S., Bezghodko, Ye. O., & Peredera, S. B. (2017). Monitoryng zabrudnennia benz(a)perenom snihu ta vody v poltavskii oblasti. *Problemy zoonzhenerii ta veterinarynoi medytsyny*, 34 (2), 357–361. [In Ukrainian].

21. DSTU 4689:2006. *Produkty kharchovi. Metody vyznachannia masovoi chastky benz(a)pirenu*. Chynnyi vid 2007-07-01. (2001). Kyiv. Retrived from: [http://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page?id\\_doc=85154](http://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page?id_doc=85154) [In Ukrainian].

Стаття надійшла до редакції: 04.07.2021 р.

### Бібліографічний опис для цитування:

Євстаф'єва В. О., Щербакова Н. С., Кручиненко О. В., Мельничук В. В., Михайлютенко С. М., Корчан Л. М., Долгін О. С., Передера С. Б. Вплив техногенного забруднення на вміст бенз(а)пірену в силосі. *Вісник ПДАА*. 2021. № 3. С. 178–185.

© Євстаф'єва Валентина Олександрівна, Щербакова Наталія Сергіївна,  
Кручиненко Олег Вікторович, Мельничук Віталій Васильович,  
Михайлютенко Світлана Миколаївна, Корчан Леонід Миколайович,  
Долгін Олександр Сергійович, Передера Сергій Борисович 2021