

SOIL CONTAMINATION OF AGRICULTURAL TERRITORIES OF UKRAINE WITH BENZ(A)PYRENE IN THE PRE-WAR PERIOD AS A CRITERIA OF BACKGROUND POLLUTION IN THE POST-WAR PERIOD WHEN DETERMINING THE DANGEROUS CONSEQUENCES OF MILITARY ACTIONS

Chernychenko I.O., Lytvychenko O.M., Babii V.F., Kondratenko O.Ye., Hlavachek D.O.

СТАН ЗАБРУДНЕННЯ ҐРУНТІВ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКИХ ТЕРИТОРІЙ УКРАЇНИ БЕНЗ(А)ПІРЕНОМ У ДОВОЄННИЙ ПЕРІОД ЯК КРИТЕРІЙ ФОНОВОГО ЗАБРУДНЕННЯ У ПОВОЄННИЙ ЧАС ДЛЯ ВИЗНАЧЕННЯ НЕБЕЗПЕЧНИХ НАСЛІДКІВ ВОЄННИХ ДІЙ

**ЧЕРНИЧЕНКО І.О.,
ЛИТВИЧЕНКО О.М.,
БАБІЙ В.Ф.,
КОНДРАТЕНКО О.Є.,
ГЛАВАЧЕК Д.О.**
ДУ «Інститут
громадського
здоров'я
ім. О.М. Марзеєва
НАМН України»,
Київ

С

еред факторів навколишнього середовища та способу життя, які суттєво впливають на формування захворюваності та смертності населення через злякисні новоутворення, найважливішим визнається харчування, відносний внесок якого сягає 35-50% [1, 2].

Це визначає необхідність створення державної системи контролю «продукти харчування – онкологічна безпека», яка базувалася б на регламентуванні канцероген-

них речовин та моніторингу вмісту в основних харчових продуктах. Останнє позначене в Указі президента України від 22.12.2023, яким введено у дію рішення Ради національної безпеки і оборони України «Щодо профілактики, ранньої діагностики та лікування злякисних новоутворень». Цим передбачено розробку та впровадження заходів для визначення впливу канцерогенних факторів та виявлення серед населення груп ризику на

УДК 614.7:615.277.4

СТАН ЗАБРУДНЕННЯ ҐРУНТІВ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКИХ ТЕРИТОРІЙ УКРАЇНИ БЕНЗ(А)ПІРЕНОМ У ДОВОЄННИЙ ПЕРІОД ЯК КРИТЕРІЙ ФОНОВОГО ЗАБРУДНЕННЯ У ПОВОЄННИЙ ЧАС ДЛЯ ВИЗНАЧЕННЯ НЕБЕЗПЕЧНИХ НАСЛІДКІВ ВОЄННИХ ДІЙ

**Черниченко І.О., Литвиченко О.М.,
Бабій В.Ф., Кондратенко О.Є.,
Главачек Д.О.**

ДУ «Інститут громадського здоров'я ім. О.М. Марзеєва НАМН України», Київ, Україна

Мета дослідження – ретроспективний аналіз забруднення ґрунтів сільськогосподарського призначення різних регіонів України бенз(а)піреном, що мало місце у довоєнний період,

як основи визначення фонового рівня на повоєнний період та встановлення безпечної ролі воєнних дій у забрудненні.

Матеріали та методи дослідження.

У роботі використано санітарно-гігієнічні, бібліометричні та аналітичні методи. Аналізу підлягали результати звітів НДР, виконаних лабораторією гігієни канцерогенних факторів ДУ «Інститут гігієни та медичної екології імені О.М. Марзеєва» (нині – «Інститут громадського здоров'я») Національної академії медичних наук України за останні більш ніж десять років, в яких наводяться дані власних досліджень щодо вмісту канцерогенних речовин різних класів, у т.ч. пріоритетних ПАВ у ґрунтах і харчових продуктах рослинного походження.

© Черниченко І.О., Литвиченко О.М., Бабій В.Ф., Кондратенко О.Є., Главачек Д.О. СТАТТЯ, 2024.

підставі ідентифікації хімічних канцерогенів.

Серед канцерогенних речовин за впливом на організм людини з продуктами харчування пріоритет належить поліциклічним ароматичним вуглеводням (ПАВ), які характеризуються повсюдним поширенням, стабільністю у довкіллі, високою бластомогенною активністю та ступенем контакту з ними населення.

Надходження канцерогенів цього класу зумовлене транслокацією їх із ґрунту у рослини харчового призначення, з одного боку, та утворенням у продуктах харчування у результаті високотемпературного синтезу під час термічної переробки харчової сировини, з іншого. Агентство з охорони навколишнього

середовища США (US EPA) ідентифікувало 16 ПАВ у харчових продуктах, а науковий комітет харчових продуктів США (SCF) 2002 року пропонував моніторувати 15 з них.

При цьому маркером канцерогенних ПАВ у продуктах харчування визнається бенз(а)пірен (БП), який до того визнавався як індикатор вмісту ПАВ в атмосферному повітрі та ґрунтах, а також промислових продуктах багатьох галузей промисловості (коксхімічної, металургійної, нафтопереробної тощо). А сам БП, за висновками експертів Міжнародного Агентства з вивчення раку, належить до групи речовин з доведеною канцерогенною небезпекою для людини [3, 4].

Проте, незважаючи на

небезпеку канцерогенного впливу за перорального надходження канцерогенних чинників до організму з харчовими продуктами, дотепер основна увага в Україні надавалася фахівцями контролю над їх вмістом у повітряному середовищі, хоча виконані дослідження (Alomirah et al., 2011) засвідчили, що споживання продуктів харчування, які містять ПАВ, сягають близько 80% порівняно з 12% їхнього впливу за рахунок інгаляційного надходження, з чого випливає суттєво вища небезпека пероральної дози ПАВ [5].

Останнім часом увага до канцерогенів цього класу суттєво зросла у зв'язку з загостренням продовольчої проблеми, особливо у країнах Близького Сходу та Африки. Оцінюючи вміст ПАВ у ґрунтах Алжиру, автори [6] стабільно реєструють високі концентрації БП. При цьому, посиляючись на висновки Банку з визначення небезпечних речовин (HSDB), автори позначають вплив небезпеки ПАВ на рівні $2 \cdot 10^{-3}$ нг/кг, або 2,0 мкг/кг, що на порядок нижче за вітчизняний медико-санітарний норматив (20 мкг/кг). Перегукується з цією роботою дослідження Wild S.R., Jones K.C. [7], які підрахували, що 90% ПАВ, які викидаються у довкілля, переважно в атмосферне повітря, осідають і зберігаються у ґрунтах, чим створюють ризик для рослин харчового призначення.

Зазначене загострює питання щодо формування канцерогенного впливу на організм забруднення харчових продуктів, боротьба з яким потребує особливих заходів. Якщо це стосується канцерогенів, дже-

Результати. Аналітичний розгляд проблеми канцерогенної небезпеки забруднення довкілля свідчить, що на теренах України, у тому числі й сільськогосподарських територіях, у довоєнний період стабільно спостерігалось забруднення ґрунтів канцерогенними речовинами класу ПАВ, концентрації яких перевищували гранично допустимі, проте не завжди сягали небезпечних за транслокаційним ефектом рівнів.

Показано, що воєнні дії на території України вже кілька років супроводжуються появою численних додаткових джерел забруднення довкілля канцерогенами зазначеного класу.

Особливо небезпечними у цьому відношенні є пересування військової техніки, розлив пального та численні пожежі різної потужності. Зазначене свідчить про небезпеку зростання загального забруднення ґрунтів і його ризику для сільськогосподарської продукції, вирощеної у таких умовах.

Висновок: у найближчій перспективі забруднення, що реєструвалося у довоєнний період, є певним фоном рівнем вмісту у ґрунтах поліциклічних ароматичних вуглеводнів і його індикаторного показника бенз(а)пірену для майбутнього визначення внеску воєнних дій у забруднення довкілля та його небезпеку для населення.

Ключові слова: ґрунт, бенз(а)пірен, поліциклічні ароматичні вуглеводні, рослини харчового призначення, фоновий рівень, вплив воєнних дій.

UDC 614.7:615.277.4

SOIL CONTAMINATION
OF AGRICULTURAL TERRITORIES
OF UKRAINE WITH BENZO(A)PYRENE
IN THE PRE-WAR PERIOD AS A CRITERIA
OF BACKGROUND POLLUTION
IN THE POST-WAR PERIOD
WHEN DETERMINING THE DANGEROUS
CONSEQUENCES OF MILITARY ACTIONS

**Chernychenko I. O.,
Lytychenko O. M., Babii V. F.,
Kondratenko O. Ye., Hlavachek D. O.**
*SI «O. M. Marzиеiev Institute for Public
Health, National Academy of Medical
Sciences of Ukraine», Kyiv*

The aim of the study is a retrospective analysis of the contamination of agricultural soils in different regions of Ukraine with benzo(a)pyrene, which occurred in the pre-war period, as a basis for determining the background level for the post-war period and establishing the dangerous role of military actions in the contamination.

Materials and methods of the study: The work used sanitary-hygienic, bibliometric and analytical methods. The analyses were carried out using the results of scientific research works obtained in the laboratory of hygiene of carcinogenic factors of the State Institution «Institute of Hygiene and Medical Ecology named O. M. Marzиеiev» (nowadays is the Institute of Public Health) of the National Academy of Medical Sciences of Ukraine over the past ten years has received recognition in scientific research devoted to carcinogenic substances of different classes, including: priority surfactants in household and food

products of the plant-based campaign. The work was carried out under the supervision of Professor N. Ya. Yanisheva, I. O. Chernichenko and Doctor of Medical Sciences I. S. Kireeva.

Results: An analytical examination of carcinogenic hazard problem, environmental pollution, shows that in the territory of Ukraine, including agricultural areas, in the pre-war period, soil pollution with carcinogenic substances of the surfactant class was consistently observed, the concentrations of which exceeded the maximum permissible concentrations, but did not always reach levels that are dangerous due to the translocation effect.

It was shown that military actions taking place on the territory of Ukraine in the last few years are accompanied by the emergence of numerous additional sources of environmental pollution with carcinogens of the specified class. Particularly dangerous in this regard are the movement of military equipment, fuel spills and numerous fires of varying intensity. This indicates the danger of increasing general soil pollution and its risk to agricultural products grown in these conditions.

Conclusion: in the near future, the existing pollution, which recorded in the pre-war period, is a certain background level of content in soils of cyclic aromatic hydrocarbons and its indicator benzo(a)pyrene for the future determination of the contribution of military actions to environmental pollution and its danger to the population.

Keywords: soil, benzo(a)pyrene, polycyclic aromatic hydrocarbons, food plants, background level, influence of military actions.

релом яких є технологічна обробка продовольчої сировини, то тут можна використовувати індивідуальний підхід з перевагою технологічних заходів. Значно складнішою є ситуація з забрудненням рослинної продукції, для якої основним джерелом надходження канцерогенів є транслокація їх із ґрунтів та повторне пилове забруднення.

В умовах ведення військових дій до цього додається пилове забруднення

продуктами згорання. Отже, у ланцюжку «повітря – ґрунт – рослини – організм людини» провідну роль відіграє стан ґрунтів.

Визнання цього факту особливо важливе у наш час і матиме велике значення у найближчій перспективі, що пов'язано з військовими подіями, результатами обстрілів сільськогосподарських територій та численними пожежами.

Вибухові процеси та пожежі є значним за своєю

потужністю джерелом утворення канцерогенних сполук класу ПАВ з подальшим поширенням забруднення на великій відстані від епіцентру пожежі чи вибуху, що зумовлює різке зростання забруднення ґрунтів, з одного боку, та збільшення його транслокації до рослин харчового призначення.

У результаті спостерігається формування принципово нової екологічної ситуації на сільськогоспо-

дарських територіях України, що необхідно врахувати під час вибору регіонів для вирощування рослинної харчової продукції загального використання або для специфічного призначення, зокрема вирощування продуктів для дитячого харчування чи лікарського призначення, у зв'язку з чим легко передбачити зміну на теренах України фонового рівня забруднення.

З урахуванням зазначеного **метою дослідження** став ретроспективний аналіз забруднення ґрунтів сільськогосподарського призначення різних регіонів України бенз(а)піреном, що мало місце у довоєнний період, як основи визначення фонового рівня на повоєнний період та встановлення небезпечної ролі у забрудненні воєнних дій.

Матеріали та методи дослідження. У роботі використано санітарно-гігіє-

нічні, бібліометричні та аналітичні методи.

Аналізу підлягали результати звітів НДР, виконаних у лабораторії гігієни канцерогенних факторів ДУ «Інститут гігієни та медичної екології ім. О.М. Марзеєва» (нині – «Інститут громадського здоров'я») Національної академії медичних наук України за останні більш

ніж десять років, в яких наводяться дані власних досліджень щодо вмісту канцерогенних речовин різних класів, у т.ч. пріоритетних ПАВ у ґрунтах і харчових продуктах рослинного походження. Роботи виконані за керівництва професорів Н.Я. Янишевої, І.О. Черниченка та д.м.н. І.С. Киреєвої.

Таблиця 1

Вміст бенз(а) пірену у ґрунті та вирощених на ньому сільськогосподарських культурах в умовах польових дослідів, мкг/кг

Діапазон концентрацій БП у ґрунті, мкг/кг	Сільськогосподарські культури					
	Картопля		Редис		Морква	
	М _{сер}	ρ	М _{сер}	ρ	М _{сер}	ρ
4,5 – 21,4	0,17	0,34	0,16		0,11	
50,5 – 57,8					0,15	>0,05
87,6 – 147,1	0,29	0,54	<0,01	0,92	<0,01	
429,9 – 587,3				1,48	<0,01	0,33
2037,7 – 2195,3				2,83	<0,01	0,63
2333 – 3645	0,94	1,19	<0,01			
14317,5 – 15130	1,57	1,61	<0,05			

Таблиця 2

Вміст бенз(а) пірену у харчових рослинах, вирощених у сільській місцевості України вдалині від індустріальних центрів (за середніми даними), мкг/кг

Продукт	Полісся	Лісостеп		
	Київська обл.	Житомирська обл.*	Львівська обл.	Вінницька обл.*
Картопля	0,140 0,490	0,088 0,240	0,110 0,450	0,097
Морква	0,059 0,110	0,072	0,040	0,028 0,231
Буряк	0,026 0,610	0,062	0,046 0,690	0,040
Капуста	0,050 0,105	0,052	0,094 0,600	0,070
Помідори	0,003	0,006	0,008	0,007
0,139	0,009 0,205	0,005 0,117	0,009	0,007 0,154
Огірки	0,006 0,176	0,008	0,007 0,172	0,004
Кабачки, гарбуз	0,031	0,054	0,040	0,028 0,389
Яблука	0,010 0,150	0,008 0,219	0,008 0,199	0,007 0,154
Сливи	0,072	0,091	0,066	0,084
Персики	0,056			
Полуниця	0,063	0,072		
Виноград				

Примітки: * – території, відведені для вирощування рослин, які використовують для виготовлення дитячого харчування.

Результати досліджень. Аналітичні дослідження ретроспективних даних дозволяють підтвердити загально визнану нині думку щодо залежності вмісту ПАВ загалом та БП зокрема у продуктах харчування рослинного походження від характеру та інтенсивності забруднення ґрунтів. У таблиці 1 наве-

дено дані, отримані нашою лабораторією у попередні роки (І.С. Кіреєва, Н.О. Павлова) щодо вмісту БП у різних сільськогосподарських культурах, вирощених в експериментальних умовах на ґрунтах польових ділянок.

Аналізуючи наведені дані, необхідно зупинитися на деяких аспектах фізіо-

логічного накопичення БП у рослинах. Так, у культурах типу салату (листові овочі), накопичення канцерогену зумовлене переважно забрудненням великої листової поверхні дрібними частинками ґрунтового та атмосферного пилу. Завдяки електростатичним та адсорбційним властивостям канцероген

Таблиця 1 (продовження)

Вміст бенз(а) пірену у ґрунті та вирощених на ньому сільськогосподарських культурах в умовах польових дослідів, мкг/кг

Діапазон концентрацій БП у ґрунті, мкг/кг	Сільськогосподарські культури							
	Салат		Капуста		Огірки		Пшениця (зерно)	
	М _{сер}	ρ	М _{сер}	ρ	М _{сер}	ρ	М _{сер}	ρ
4,5 – 21,4	9,5		0,105	>0,05	0,076	>0,05	0,067	
50,5 – 57,8							0,060	>0,05
87,6 – 147,1	13,2	<0,05	0,057	>0,05	0,075	>0,05		
429,9 – 587,3			0,299	>0,05	0,061	>0,05	0,070	>0,05
2037,7 – 2195,3							0,067	
2333 – 3645	15,4	<0,01						
14317,5 – 15130	32,0	<0,001						

Таблиця 2 (продовження)

Вміст бенз(а) пірену у харчових рослинах, вирощених у сільській місцевості України вдалині від індустріальних центрів (за середніми даними), мкг/кг

Степ				Середнє по країні
Полтавська обл.	Одеська обл.*	Херсонська обл.*	Дніпропетровська обл.	
0,170 0,570	0,0120	0,140	0,135	0,125 0,438
0,035	0,040 0,310	0,145 0,610	0,050	0,059 0,315
0,190 0,820	0,033	0,053	0,019	0,059 0,707
0,160 0,910	0,049	0,078	0,065	0,077 0,538
0,006				
0,005	0,009 0,186	0,009	0,010	0,007 0,178
0,0065	0,073 0,462	0,081 0,541	0,090	0,058 0,4634
0,016	0,008 0,228	0,019 0,224	0,021	0,012 0,196
0,068	0,056	0,067	0,064	0,071
	0,048	0,053		0,052
0,059	0,054	0,061		0,062
	0,021	0,027		0,024

Примітки: * – території, відведені для вирощування рослин, які використовують для виготовлення дитячого харчування.

міцно утримується, а завдяки ліпідній розчинності – надходить до воскового шару кутикули рослини.

Щодо корене- та клубнеплодів, провідним є поглинання канцерогену із ґрунту кореневою системою.

Загалом ми наводимо зазначені дані і залежності «ґрунт – рослини», щоб підкреслити наявність мінімальних концентрацій канцерогену у ґрунтах, за яких спостерігається накопичення їх у сільськогосподарських рослинах, що потрібно враховувати під час вирощування окремих культур. Зокрема, максимальні концентрації БП у ґрунті, за яких не спостерігається транслокаційний ефект, є для редису – 57,8 мкг/кг, салату – 87,6 мкг/кг, картоплі – 105,8 мкг/кг, моркви – 430,0 мкг/кг.

Таким чином, порогові концентрації БП у ґрунті за критерієм транслокаційного ефекту у 3-10, а то й більше разів перевищують нині діючий санітарний гігієнічний норматив його у ґрунті (20 мкг/кг).

Зважаючи, що наведені дані щодо залежності ґрунт – рослини отримано в умо-

вах штучного створення концентрацій, важливо визначитись щодо реальної небезпеки сільськогосподарської продукції, вирощеної на території країни.

Для з'ясування цього питання було проаналізовано наші попередні дані, отримані у різних територіальних зонах країни у натурних умовах (табл. 2).

Виходячи з потреб масового споживача, аналізу підлягали ґрунти та вирощена продукція на землях, віддалених від індустріальних центрів та промислових джерел забруднення.

Як видно з наведених даних, на усій території України вміст БП в овочах та фруктах був приблизно на одному рівні, а виявлені концентрації канцерогену – у межах показників, визначених в експериментальних умовах за рівнем забруднення ґрунтів, що не перевищують ГДК (табл. 1).

При цьому важливо також підкреслити, що у разі вибору за критерій показники, отримані на територіях, відведених для вирощування продукції для дитячого харчування як найбільш екологічно безпечні,

і порівняти з ними дані, отримані на інших землях (табл. 2), можна побачити відсутність суттєвих розбіжностей, коли усі дані визначаються у межах природних коливань.

Отже, можна стверджувати, що у довоєнний період природні умови вирощування сільськогосподарської рослинної продукції в Україні перебували у межах допустимого рівня, чим забезпечувалася їхня безпечність.

Але нині, коли країна перебуває в екстремальних умовах з наявними численними джерелами додаткового забруднення довкілля, передусім ґрунтів, екологічна ситуація в окремих районах може різко змінитися і не на кращий бік. Як відомо, про що йшлося у попередній публікації [8], основними джерелами забруднення канцерогенами класу ПАВ, індикаторним показником яких є БП, є відпрацьовані гази військової техніки, розливи палива і пожежі. Останні є небезпечними, особливо враховуючи тривалість пожежі та поширення продуктів згорання на значні відстані від епі-

Таблиця 3

Вміст бенз(а) пірену у харчових рослинах, які вирощуються в Україні поблизу автомобільних доріг різної категорії, мкг/кг сухої речовини

Відстань від дороги, м	Категорія дороги							
	I		II			III		
	ґрунт	Картопля	ґрунт	Картопля	Цукровий буряк	ґрунт	Картопля	Цукровий буряк
5,0	-	-	103,17± 0,39	1,51± 0,07	0,71± 0,3	34,8± 0,19	0,38± 0,02	0,52± 0,09
25,0	1393,0± 14,5	9,22± 1,27	168,71± 7,07	1,83± 0,04	0,85± 0,04	36,11± 0,19	0,47± 0,03	0,35± 0,05
50,0	2030,3± 1,04	3,88± 1,11	198,02± 2,29	0,39± 0,05	0,56± 0,03	20,34± 0,03	0,57± 0,03	0,16± 0,02
100,0	71,43± 0,39	0,54± 0,07	40,03± 0,43	0,22± 0,05	0,47± 0,03	23,44± 0,21	0,55± 0,09	0,35± 0,03
150,0	56,3± 0,4	0,43± 0,08	38,1± 0,2	0,29± 0,07	-	0,25± 0,08	0,48± 0,08	-
200,0	34,2± 0,28	0,24± 0,12	29,1± 0,18	0,31± 0,09	-	0,24± 0,08	0,47± 0,04	-

центру та залежно від су-
путнього вітру, значного
ареалу забруднення.

На жаль, ситуація нині
пов'язана з активними
бойовими діями та щільні-
стю мінування територій,
через що немає можливо-
сті провести необхідні для
відповіді на ці питання на-
турні дослідження, тому
звернемося до техноло-
гічно аналогічних ситуа-
цій, які вивчалися у
довоєнний період, хоча
при цьому зрозуміло, що
за своєю потужністю вони
далекі від тих, що мають
місце наразі.

Передусім хочемо змо-
делювати поширення від-
працьованих газів важкої
військової техніки у про-
цесі її переміщення, для
чого візьмемо за аналог
автомагістралі з пересу-
ванням різних видів авто-
транспорту.

Виконані нами кілька
серій досліджень на різних
ділянках автомагістралей
підтверджують їхню по-
тужність як джерел за-
бруднення атмосферного
повітря та ґрунтів. При-
чому рух на магістралях
першої та другої категорії
з пропускнуою щільністю

десять тисяч транспорт-
них одиниць на годину на
відстані до 1000 м обумов-
лює вміст БП у ґрунтах на
рівнях, близьких до тих,
що вимірюються у районах
потужних промислових
джерел. А загалом за-
бруднення на рівнях,
вищих за гігієнічний нор-
матив, реєструється на
відстані до 200 метрів оба-
біч дороги. Хоча при цьому
небезпечний транслока-
ційний ефект спостеріга-
ється у межах, трохи
більших за 100 метрів від
траси. Але при цьому слід
враховувати, що небез-
пека автотранспортних
мереж пов'язана з уре-
гульованими системами
забруднення, тоді як в міс-
цях ведення воєнних дій ці
процеси не регулюються і
мають повсюдно стихій-
ний характер, у зв'язку з
чим площа уражень про-
гнозується більш значною
і непередбачуваною.

Але ще більшу небезпеку
для екологічних систем у
зоні сільськогосподарсь-
ких територій обумовлю-
ють пожежі. Проведені
нами спостереження за
вмістом БП у ґрунтах у зоні
впливу пожежі на нафто-
базі ТОВ «БРСМ-Нафта»

поблизу міста Васильків
Київської області дозво-
лили визначити певні
особливості, які легко екс-
траполювати на аналогічні
процеси, пов'язані з по-
тужнішими і більш числен-
ними пожежами, на те-
риторіях, придатних для
проживання та вирощу-
вання сільгосппродукції.
Зокрема, у зоні спостере-
жень пожежі на нафтобазі
було виявлено значні кон-
центрації БП у ґрунтах у
радіусі близько 20 км, які
дорівнювали 146,6-280,0
мкг/кг, що у 7-14 разів
вище за ГДК. При цьому
чітко простежувалася за-
лежність концентрації від
відстані до епіцентру во-
гнища.

Але навіть на відстані
спостереження забруд-
нення не досягало норма-
тивних показників, хоча і
зменшилося більш ніж
удвічі. Отже, навіть за
таких обмежених даних
можна передбачити не-
безпеку для забруднення
ґрунтів та рослинної про-
дукції через воєнні дії
останнім часом.

У даній статті ми зробили
наголос на небезпечному
класі канцерогенних ПАВ,
увага до якого останнім
часом, як ми вже за-
значали, зростає. Висвіт-
люючи ці питання, як ми у
своїх ранніх роботах [4, 5],
так і закордонні автори [9-
11] останнім часом роб-
лять наголос на загаль-
ному навантаженні канце-
рогенів класу ПАВ, у тому
числі БП, на організм лю-
дини, що враховує не
лише рослинну продукцію,
а й продукти тваринного
походження. Для повноти
вирішення цього питання
вміст канцерогенів у про-
дуктах тваринного поход-
ження на ринку в Україні
буде проаналізовано нами
у наступних роботах.

Таблиця 3 (продовження)

**Вміст бенз(а) пірену у харчових рослинах,
які вирощуються в Україні поблизу автомобільних
доріг різної категорії, мкг/кг сухої речовини**

Відстань від дороги, м	Категорія дороги					
	IV			V		
	Ґрунт	Картопля	Куку- рудза	Ґрунт	Цукровий буряк	Ячмінь
5,0	16,1± 0,09	0,42± 0,03	0,51± 0,04	23,9± 0,13	0,41± 0,05	0,33± 0,05
25,0	19,65± 0,1	0,47± 0,05	0,42± 0,02	19,39± 0,09	0,39± 0,06	0,36± 0,05
50,0	12,07± 0,09	0,33± 0,02	0,40± 0,03	19,14± 0,18	0,40± 0,03	0,24± 0,05
100,0	19,11± 0,11	0,29± 0,03	0,49± 0,04	7,26± 0,11	0,40± 0,03	0,29± 0,03
150,0	-	-	-	-	-	-
200,0	-	-	-	-	-	-

Висновок

Аналітичний розгляд проблеми канцерогенної небезпеки, забруднення до-вкілля свідчить, що на теренах України, у тому числі й сільськогосподарських територіях, у довоєнний період, стабільно спостерігалось забруднення ґрунтів канцерогенними речовинами класу ПАВ, концентрації яких перевищили гранично допустимі, проте не завжди сягали небезпечних за транслокаційним ефектом рівнів.

Воєнні дії, які відбуваються на території України вже кілька років, супроводжуються появою численних додаткових джерел забруднення довкілля канцерогенами зазначеного класу. Особливо небезпечними у цьому аспекті є пересування військової техніки, розлив пального та численні пожежі різної потужності. Зазначене свідчить про небезпеку зростання загального забруднення ґрунтів і його ризику для сільськогосподарської продукції, вирощеної у таких умовах.

Звідси легко передбачити, що у найближчій перспективі забруднення, що реєструвалось у довоєнний період, є певним фоновим рівнем вмісту у ґрунтах ПАВ і його індикаторного показника бенз(а)пірену для майбутнього визначення впливу воєнних дій на стан довкілля та його безпеки для населення.

REFERENCES

1. Sytar O, Taran N. Effect of heavy metals on soil and crop pollution in Ukraine – a review. *Journal of Central European Agriculture*. 2022;23(4):881-7. <https://doi.org/10.5513/jcea01/23.4.3603>

2. Harada KH, Soleman SR, Ang JS, Trzcinski AP. Conflict-related environ-

mental damages on health: lessons learned from the past wars and ongoing Russian invasion of Ukraine. *Environmental Health and Preventive Medicine*. 2022;27:35. <https://doi.org/10.1265/ehpm.22-00122>

3. The environmental impact of the conflict in Ukraine. Nairobi, Kenya: United Nations Environmental Programme; 2022. 56 p. EU/2466/NA.

4. Yanysheva N.I., Kireeva I.S., Chernichenko I.O. Hygienicheskye problem okhrani okruzhaiushchei sredi ot zahriazneniya kantserohenamy [Hygienic problems of protecting the environment from pollution by carcinogens]. Kyiv: Zdorovia; 1985. 102 p. . Russian.

5. Yanysheva N.I., Chernichenko I.O., Tsipryan V.Yu. K voprosu obosnovaniya dopustymikh urovnei soderzhaniya benz(a)pyrena v produktakh pytaniya [On the issue of justification of permissible levels of benzo(a)pyrene in food products]. *Ekspyrymental-naia onkologiya [Experimental oncology]*. 1999;21(1):9-12. . Russian.

6. Mebarka DH, Taleb S, Benghalem A, Tundo P, Ahmed MT, Arabi M. Residue analysis of some PAHs in some algerian soil: a preliminary environmental impact assessment. *Energy Procedia*. 2012;18:1125-34. <https://doi.org/10.1016/j.egypro.2012.05.127>

7. Wild SR, Jones KC. Polynuclear aromatic hydrocarbons in the United Kingdom environment: a preliminary source inventory and budget. *Environmental Pollution*. 1995;88(1):91-108. [https://doi.org/10.1016/0269-7491\(95\)91052-m](https://doi.org/10.1016/0269-7491(95)91052-m)

[https://doi.org/10.1016/0269-7491\(95\)91052-m](https://doi.org/10.1016/0269-7491(95)91052-m)

8. Koziarin IP, Khomenko IM, Chernychenko IO, Lytvychenko OM. Osoblyvosti laboratornykh doslidzhen stanu dovkillia u voiennyi period [Features of laboratory studies of environment state during the war period]. *Environment & Health [Dovkillia ta zdorovia]*. 2023 Sep;(3(108)):24-30. <https://doi.org/10.32402/dovkil2023.03.024>. Ukrainian.

9. Singh L, Agarwal T, Simal-Gandara J. Summarizing minimization of polycyclic aromatic hydrocarbons in thermally processed foods by different strategies. *Food Control*. 2022; Nov :109514. <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2022.109514>

10. Ingenbleek L, Veyrand B, Adegboye A, Hosou SE, Koné AZ, Oyedele AD, Kisito CS et al. Polycyclic aromatic hydrocarbons in foods from the first regional total diet study in Sub-Saharan Africa: contamination profile and occurrence data. *Food Control*. 2019; Sep 103:133-44. <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2019.04.006>

11. Einolghozati M, Talebi-Ghane E, Amir-sadeghi S, Fereshteh M. Evaluation of polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs) in processed cereals: a meta-analysis study, systematic review, and health risk assessment. *Heliyon*. 2022; Dec 8(12):e12168. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2022.e12168>

Конфлікт інтересів відсутній.

Надійшло до редакції
09.04.2024