

КРИВДА Ю.І., директор,  
ПОНОМАРЕНКО М.П., зав. відділом якості продукції та радіолого-токсикологічних досліджень,  
ЗАЙКА І.В., зав. лабораторією хіміко-токсикологічних досліджень,  
ВАСЮРА Н.І., провідний агрохімік,  
БУРКАЦЬКА Т.Г., провідний агрохімік,  
КРАВЧЕНКО Т.О., зав. сектором радіологічних досліджень,  
ОМЕЛЬНИЦЬКА І.Ю., зав. лабораторією аналітичного забезпечення ґрунтово-агрохімічних досліджень, Черкаський обласний державний проектно-технологічний центр охорони родючості ґрунтів і якості продукції “Облдержродючість”

# **ЗМІНИ ЕКОЛОГО-ТОКСИКОЛОГІЧНИХ ПОКАЗНИКІВ ҐРУНТІВ І РОСЛИН У ЧЕРКАСЬКІЙ ОБЛАСТІ ВНАСЛІДОК РАДІАЦІЙНИХ І ТЕХНОГЕННИХ АВАРІЙ**

*Висвітлено результати досліджень наслідків аварій на ЧАЕС та Одеській залізниці. Встановлено зміни щільності забруднення та вмісту Cs-137 і Sr-90 у ґрунті та рослинах, а також нітратів у ґрунті та воді на місцях аварій.*

*Elucidated the results of the research into the consequences of accidents at ChAES and Odesskaya railway. Established changes of density of the contamination by Caesium-137 and by Strontium-90 in soil and in plants, and also nitrates in soil and in water at the places of the accidents.*

**Постановка проблеми. Аналіз останніх публікацій.** З перших днів аварії на Чорнобильській АЕС спеціалісти-радіологи центру розгорнули широку роботу по виявленню щільності забруднення радіонуклідами угідь Черкаської області, здійснювали спостереження за рівнем гамма-фону на 25 контрольних ділянках, а також контроль забруднення продуктів харчування [1, 2, 7]. Виявили особливості впливу техногенних катастроф на ґрунт і воду. Проводили наукові дослідження щодо забруднення ґрунтів і сільськогосподарської продукції важкими металами, а також аналізи води з різних джерел [3, 4, 5, 6, 9]. Отже, зусилля екологів центру були направлені на проведення науково-обґрунтованої екологічної реабілітації шляхом ремісії території.

**Методика та умови досліджень.** Ґрунтові зразки на забруднених (№ 9) і чистих (№ 12) контрольних майданчиках (100 м × 100 м) відбиралися радіологічним буром на глибину 20 см з попереднім проведенням  $\gamma$ -зйомки приладом СРП-68-01 згідно з методикою

радіологічного обстеження щорічно [7]. Питома активність рослинних зразків та щільність забруднення ґрунту радіонуклідом цезію-137 визначалась спектрометрично за допомогою приладу СЕГ-001 “АКП-С” із сцинтиляційним детектором БДЕГ-2-38 і комп’ютерним програмним забезпеченням АК-1, стронцію-90 – радіохімічно, оксалатним методом у ґрунтових і рослинних зразках [8]. Проби ґрунту для визначення вмісту важких металів до глибини 1 м відбирали буром АМ-16, аналізували згідно МВВ 31-497058-005-2003, рухомого бору за ГОСТ 10150-88 та нітратів за ГОСТ 26488-85, а у воді питної за ГОСТ 18826-83. Наслідки аварій на Одеській залізниці, які відбулися у квітні 1996 року (с. Велика Яблунівка Смілянського району – вилив КАС) та листопаді 2000 року (с. Костянтинівна Смілянського району – вилив води аміачної), аналізували на вміст нітратів.

**Результати досліджень та їх обговорення.** Згідно з чинним законодавством, території, забруднені цезієм-137 до 1 Ки/км<sup>2</sup> та стронцієм-90 до 0,02 Ки/км<sup>2</sup> вважаються умовно чистими, де

ведення землеробства можливе без обмежень. Тому для більш глибокого аналізу змін радіологічної ситуації було взято ґрунт Канівського району з більшою інтенсивністю та Смілянського району з меншою щільністю ізотопного забруднення (див. табл. 1). Якщо радіоактивне забруднення ґрунтів у доаварійний період (1981-1985 рр.) було майже на одному рівні ( $\gamma$ -фон – 10 мкР/год, щільність – 0,03 Кі/км<sup>2</sup>), то у рік катастрофи (1986)  $\gamma$ -фон на забруднених контрольних майданчиках (с. Литвинець) досяг максимальних значень – 3400 мкР/год, які спостерігались по області. Одночасно, щільність забруднення цезієм-137 на майданчику № 9 досягала максимуму – 5,28 Кі/км<sup>2</sup> у рік катастрофи на ЧАЕС.

У наступні роки рівень радіоактивного забруднення цезієм-137 і стронцієм-90 на забруднених майданчиках спадав і впродовж 2001-2005 рр. складав, відповідно, 0,09-2,77 і 0,01-0,17 Кі/км<sup>2</sup>. Отже, сірі опідзолені середньозміті легкосуглинкові на лесі ґрунти с. Литвинець, які характеризуються низьким рівнем параметричних показників родючості (гумус – 2,3 %, Нг – 1,41, Са – 11,3, Mg – 1,6 мг екв. на 100 г ґрунту, калію – 116 мг/кг, рН-КСІ – 6,2 од.), залишаються забрудненими. Гамма-фон у 3,7 рази тут вищий, ніж у доаварійний період.

У рік катастрофи південний слід досяг Смілянського району, де гамма-фон перевищив норму в 16 разів. Детальними дослідженнями встановлено деградацію ґрунтового покриву як за гамма-фоном, так і за щільністю забруднення цезієм-137 відносно вихідного стану.

Наслідки катастрофи відчутні до цього часу. Так, гамма-фон залишається у 1,3-1,5 рази, а щільність забруднення цезієм-137 – у 2-3 рази вищим від початкових показників. Однак на таких угіддях, які вважаються умовно чистими, дозволяється ведення землеробства без обмежень. Оскільки екологічний період напівочищення кореневмісного шару ґрунту в основному співпадає з періодом напіврозпаду цезію-137, то немає підстав сподіватися на значне зниження переходу радіонуклідів з ґрунту в рослини. Тому необхідно і надалі вживати найефективніших запобіжних засобів проти транслокації радіонуклідів із ґрунту до рослинницької продукції. Отже, виникає гостра потреба в проведенні науково-обґрунтованої екологічної реабілітації територій, забруднених радіонуклідами.

Серед екотоксикантів особливої уваги потребують важкі метали, які окрім високої токсичності володіють здатністю до біокумуляції (див. табл. 2). Критерієм небезпеки забруднення є гранично допустимі кількості (ГДК) токсичних речовин у рослинах та ґрунтах. Тому без знання агроекологічного стану земельних угідь неможливе їх раціональне використання у землеробстві, розробка й ефективне застосування

комплексу засобів щодо відтворення родючості ґрунтів.

До важких металів, які підлягають обов'язковому вивченню, відносять свинець, кадмій і ртуть. Важкі метали належать до I класу небезпеки, їх понаднормативний вміст негативно впливає на ріст і розвиток рослин, якість продукції та сировини, і, опосередковано, на здоров'я людини.

У результаті проведення моніторингу було визначено, що межі вмісту важких металів у основній та побічній продукції не досягали гранично допустимих концентрацій.

Даний факт можна пояснити тим, що у чорноземних ґрунтах важкі метали з розчинної форми переходять у нерозчинну (оксиди, гідроксиди, комплексні сполуки). Накопичення важких металів у нерозчинній (важкодоступній рослинам) формі безпечно до критичного рівня, доки рослини здатні протидіяти їх засвоєнню. Скажімо, на чорноземах з нейтральною і лужною реакцією ґрунтового розчину вміст рухомих форм марганцю становить біля 40 % загального його вмісту; він легко окислюється до важкорозчинних сполук (Mn<sup>4+</sup>) [3, 5].

Основним фактором, який зумовлює таку поведінку рухомих та потенційно рухомих сполук важких металів у орному шарі чорноземів, є технологія вирощування різних культур, а також, певною мірою, їх біологічні особливості (саморегуляція родючості чорноземів у тому числі).

Рівень і топографія забруднення ґрунтів важкими металами зумовлюється багатьма факторами. Перш за все це ґрунтово-кліматичні умови, рельєф місцевості, кількість і вид опадів тощо. У процесі моніторингу встановлено, що карбонатність ґрунтових порід, тип водного режиму, гумусний стан та насиченість ґрунтів основами обумовлюють рухомість та акумуляцію важких металів у чорноземних ґрунтах області. Так, найбільший вміст міді – 2,7-2,9 мг/кг виявлено у чорноземах дерново-карбонатних, найменше – 1,4-1,9 мг/кг у чорноземах опідзолених. Стосовно цинку, то мінімальний його вміст – 4,4 мг/кг виявлено у чорноземах типових середньогумусних, максимум у дерново-карбонатних чорноземах на елювії карбонатних порід – 9,1-9,5 мг/кг.

Однак, рівні запасів рухомих важких металів у чорноземних ґрунтах були значно нижчими гранично допустимих концентрацій, що дозволяє вважати їх мікроелементами.

Загальною характерною рисою у розподілі рухомих форм досліджуваних елементів є закономірне зростання їх вмісту від ґрунтів більш легкого механічного складу до ґрунтів важкосуглинкових. У даному випадку можна охарактеризувати такий стан, як зміни фонового вмісту елементів.

За результатами визначень екоотоксикантів у рослинах виявлено, що вміст міді, цинку, свинцю, кадмію та срібла в основній та побічній продукції знаходився нижче гранично допустимих концентрацій (див. табл. 2). Отже, всі 25 моніторингових стаціонарних ділянок екологічно безпечні та придатні для вирощування екологічно безпечної продукції без застосування комплексу додаткових агрохімічних, агротехнічних та інших заходів для зниження вмісту важких металів. Ґрунти моніторингових ділянок потребують внесення якісних органічних і мінеральних добрив, які містять макро- і мікроелементи. Таким чином можливо поліпшити едафічні умови позитивних змін біотичних факторів для формування високоякісного врожаю польових культур.

Проблема якості питної води та ґрунтів для Черкаської області була і залишається вкрай актуальною і надзвичайно загострюється з часом, особливо під впливом техногенних катастроф. Наведемо результати аналізів двох аварій.

Зразки ґрунту і води з прилеглих до місця аварії на 218 км Одеської залізниці (с. Велика Яблунівка Смілянського району) аналізували на вміст нітратів (див. табл. 3 і 4). У проаналізованих зразках ґрунту, відібраних після вилливу з цистерни карбамідно-аміачної суміші, на місці аварії, виявлено значне перевищення (у 124 рази) вмісту нітратів над гранично допустимим рівнем. Максимальний вміст нітратів виявлено у пробах відібраних з шарів ґрунту нижче 40 см. Встановлено характерне проникнення нітратів до глибини 160 см ґрунту. Високий вміст нітратів у глибоких шарах ґрунту спостерігали наступні роки (2004 і 2007 рр.).

У результаті забруднення КАС на ґрунті садиби гр. Вороніна В.С. нічого не росло. Господарю була виплачена компенсація.

Наслідки аварії проявляються тривалий час. Так, при гранично допустимій концентрації 45 мг/л води, у криниці глибиною 18-20 м виявлено 576 мг/л нітратів, що у 13 разів вище за норму. Навіть через 11 років параметричні показники вмісту нітратів, хоч і знизились у 3,38 разів, однак були вищі за норму. Тому криниця перебуває під замком з тим, щоб уникнути отруєння людей і тварин.

Вивчали екоотоксикологічний стан близьких за ландшафтом до місця аварії на 218 км залізниці стан природних вод. Наднормативного вмісту нітратів у воді джерела (22-44 мг/л) та струмка (4-25 мг/л) не виявлено (див. табл. 4). Отже, прояв негативного впливу аварії був локальним.

Кількість шкідливих нітратів після аварії на 204 км п'ятого перегону (с. Костянтинівна

Смілянського району) в ґрунті була значно меншою від попередньої, описаної нами аварії (див. табл. 5). Тут потерпіли аварію цистерни з аміачною водою. Так, перевищення вмісту нітратів спостерігали у рік аварії до 60 см та у 2002 році, коли практично вся метровая товща ґрунту містила більше норми нітратів (149-250 мг/кг). У 2004-2007 рр. ґрунт відновив свій доаварійний статус, завдячуючи неглибокому заляганню ґрунтових вод (3-4 м).

Уміст нітратів у воді після аварії на 204 км п'ятого перегону став у 1,4 вищим за норму (45 мг/л) і у 2,0-5,0 разів вищим за фонові показники (11-33 мг/л) у доаварійний період. Абсолютний вміст нітратів у воді знижувався поступово і залишився на рівні 62 мг/л.

**Висновки.** У післяаварійний період (через 21 рік) сірі опідзолені ґрунти залишаються забрудненими. Гамма-фон тут у 3,7 рази вищий, ніж у доаварійний період. Наслідки катастрофи на ЧАЕС відчутні до наших днів і на чорноземних ґрунтах. Однак на таких угіддях, де гамма-фон вищий у 1,3-1,5 рази від початкових показників, дозволяється ведення землеробства без обмежень.

Серед екоотоксикантів важкі метали потребують особливої уваги, оскільки належать до I класу небезпеки. У результаті проведення моніторингу встановлено, що межі важких металів у рослинах та рівні їх запасів у ґрунті були значно нижчими від гранично допустимих концентрацій, що дозволяє сприймати їх як мікроелементи.

Однією з важливих проблем, яка виникла як наслідок посилення антропогенної діяльності, є проблема нітратів. Нагромадження нітратів у ґрунті та воді становлять серйозну загрозу для здоров'я людей.

Наслідок залізничних аварій локальний і негативний. Вилливу карбамідно-аміачної суміші з цистерни підвищив уміст нітратів у ґрунті на 124 рази відносно гранично допустимих норм (130 мг/кг). Проникнення нітратів встановлено до глибини аналізованого шару (160 см).

Наслідки аварій встановлено і у воді. У криниці глибиною 18-20 м виявлено 576 мг/л нітратів, що у 13 разів вище за гранично допустимі норми (45 мг/л).

З метою зниження негативного впливу подібних аварій необхідно вживати запобіжних засобів проти транслокації радіонуклідів з ґрунту в рослини, комплекс засобів щодо відтворення родючості ґрунтів, створювати умови для денітрифікації у ґрунті, користуватись водою з водогону, де вміст нітратів складає 1,7 мг/л.

Таблиця 1

**Рівень радіоактивного забруднення ґрунтів на контрольних ділянках Черкаської області**

Райони, населені пункти, контрольні ділянки	Роки	Гамма-фон, мкГ/год	Щільність забруднення, Кі/км <sup>2</sup>	
			цезієм-137	стронцієм-90
Канівський, с. Литвинець, сірі опідзолені середньозмиті і легкосуглинкові на лесі, № 9	1981-1985	10	0,03	0,03
	1986	3400	5,28	0,90
	1991-1995	43	3,05	0,25
	2001-2005	37	2,47	0,17
Смілянський, с. Березняки, чорноземи реградовані грубопилуваті середньосуглинкові на лесі, № 12	1981-1985	9	0,03	0,03
	1986	150	0,17	0,07
	1991-1995	16	0,10	0,02
	2001-2005	14	0,09	0,01

Таблиця 2

**Уміст важких металів у рослинницькій продукції, мг/кг. 2003-2005 рр.**

Культура	Продукція	Роки	Уміст важких металів, мг/кг*				
			<i>Cu</i>	<i>Zn</i>	<i>Pb</i>	<i>Cd</i>	<i>Hg</i>
Пшениця озима	зерно	2003-2005	2,29	7,12	0,10	0,003	0,02
	солома		2,39	7,06	0,10	0,003	0,02
Ячмінь	зерно	2003-2005	2,54	7,14	0,07	0,01	0,02
	солома		2,32	6,53	0,07	0,01	0,02
Кукурудза	зерно	2003-2005	2,70	7,90	0,14	0,05	0,02
	стебла		3,04	8,70	0,05	0,05	0,02
Горох	зерно	2003-2005	2,54	6,96	<0,01	<0,01	<0,01
	солома		2,40	6,24	<0,01	<0,02	<0,01
Жито	зерно	2003-2005	2,39	6,28	0,12	0,01	0,02
	солома		1,27	4,68	0,20	0,01	0,02
Овес	зерно	2003-2005	2,75	6,75	0,05	0,01	0,01
	солома		2,90	8,45	0,05	0,01	0,02
Гречка	зерно	2003-2005	2,17	5,06	0,39	0,02	<0,01
	солома		2,32	9,22	0,20	0,01	<0,01
Соняшник	насіння	2003-2005	2,45	5,60	<0,01	0,02	<0,01
	стебла		2,90	6,65	0,01	0,02	0,02
Ріпак	насіння	2003-2005	2,90	6,70	–	–	–
	солома		2,30	7,10	–	–	0,02
Кукурудза (силос)	листочестеб-лова маса	2003-2005	2,45	6,93	0,08	0,01	0,02
Буряк цукровий	коренеплоди	2003-2005	1,81	7,11	0,12	0,01	0,02
	гичка		2,76	7,23	0,08	0,01	0,02
Багаторічні трави	зелена маса	2003-2004	3,10	7,65	<0,01	0,01	0,02
Травостій (суміш)	зелена маса	2003-2005	2,32	9,17	0,10	0,01	0,02
Вика	зелена маса	2003	1,60	9,50	–	–	0,01

\* Визначали уміст ВМ у продукції отриманій з 25-ти стаціонарних майданчиків.

Таблиця 3

Уміст  $NO_3$  в ґрунті після аварії на 218 км Одеської залізниці, мг/кг. 1996-2007 рр.

Шар ґрунту, см	Дати відбору проб та вміст $NO_3$ , мг/кг			
	1996 рік	2000 рік	2004 рік	2007 рік
0-20	950	1388	173	37
20-40	2066	2877	317	93
40-60	3983	3240	650	109
60-80	4074	3323	488	233
80-100	6717	4712	538	287
100-120	6831	5233	729	534
120-140	8070	5856	3362	1171
140-160	5215	9125	2155	2282

Таблиця 4

Уміст  $NO_3$  у воді після аварії на 218 км Одеської залізниці, мг/кг. 1996-2007 рр.

Місце відбору проб води*	Дати відбору проб та вміст $NO_3$ у воді, мг/кг			
	1996 рік	2000 рік	2004 рік	2007 рік
Вул. Першотравнева, криниця будинку № 240	576	266	169	170
Джерело	44	31	22	20
Струмок	25	14	4	7

\* Глибина криниці 18-20 м

Таблиця 5

Уміст нітратів у ґрунті після аварії на 204 км п'ятого перегону, мг/кг. 2002-2007 рр.

Шар ґрунту, см	Дати відбору проб ґрунту та вміст $NO_3$ , мг/кг				
	2000 рік	2002 рік	2004 рік	2006 рік	2007 рік
0-20	226	216	53	69	50
20-40	159	149	58	72	122
40-60	121	176	84	73	87
60-80	96	250	71	103	49
80-100	58	184	71	83	40

Таблиця 6

Уміст нітратів у воді після аварії на 204 км п'ятого перегону, мг/кг. 2002-2007 рр.\*

Дати відбору проб води та вміст $NO_3$ , мг/кг				
2000 рік	2002 рік	2004 рік	2006 рік	2007 рік
69	67	65	63	62

\* Глибина криниці 3-4 м

**ЛІТЕРАТУРА**

1. Пономаренко М.П., Кравченко Т.О., Герасько Т.М. Радіаційна ситуація в аграрній сфері Черкаської області // Збірник наукових праць. – Проблеми моніторингу ґрунтів і сучасні технології відтворення родючості, № 15. – Том I. – Кам'янець-Подільський, 2007. – С. 374-377.
2. Методические указания по определению тяжелых металлов в почвах сельхозугодий и продукции растениеводства. – М.: ЦИНАО, 1992. – 56 с.
3. Алексеев Ю.В. Тяжелые металлы в почвах и растениях. – Л.: Агропромиздат, 1987. – 142 с.
4. Філонова К.В., Міськевич С.В. Проблеми якості питної води в Україні // I-ий всеукраїнський з'їзд екологів. Універсам – Вінниця, 2006. – С. 263.
5. Корсун С.Г. Екоотоксична ситуація в сучасному агроландшафті // I-ий всеукраїнський з'їзд екологів. Універсам – Вінниця, 2006. – С. 243.
6. Топольний Ф.П., Топольний С.Ф. Забезпечення питною водою – неусвідомлена проблема України // I-ий всеукраїнський з'їзд екологів. Універсам. – Вінниця, 2006. – С. 274.
7. Методические указания по определению содержания стронция-90 и цезия-137 в почвах и растениях. – М., 1985. – 64 с.
8. Методика агрохімічної паспортизації земель сільськогосподарського призначення / За ред. С.М. Рижука, М.В. Лісового, Д.М. Бенцаровського. – К., 2003. – 63 с.
9. Фатеев А.І., Захарова М.А. Основы применения микроудобрений. – Харьков, 2005. – 134 с.