

СУЧАСНА РАДІАЦІЙНА СИТУАЦІЯ НА ТЕРИТОРІЇ ВІДОКРЕМЛЕНОГО ПІДРОЗДІЛУ НУБІП УКРАЇНИ НАВЧАЛЬНО- ДОСЛІДНЕ ГОСПОДАРСТВО «ВОРЗЕЛЬ»

**І. М. ГУДКОВ, доктор біологічних наук,
В. В. ІЛЛЕНКО*, А. В. РУСАВСЬКА**, аспіранти
О. Ю. ПАРЕНЮК, кандидат біологічних наук,
М. П. ЖУРАВЕЛЬ, кандидат сільськогосподарських наук**

Наведено результати радіоекологічного обстеження Навчально-дослідного господарства «Ворзель» Національного університету біоресурсів і природокористування України, що проводилося в 2009-2012 рр., а саме: гамма-зйомки територій сільськогосподарських угідь, питомої активності ^{137}Cs та ^{90}Sr в зразках ґрунтів, продукції рослинництва, кормах, молока; дані з вертикальної та горизонтальної міграції радіонуклідів на території, кількісного складу та біорізноманіття функціональних груп ґрунтової мікрофлори.

НДГ «Ворзель», гамма-зйомка, ^{137}Cs та ^{90}Sr у ґрунті, рослинах, кормах, молоці, міграція радіонуклідів, ґрунтова мікрофлора.

Внаслідок аварії на Чорнобильській АЕС тільки в Україні радіоактивними речовинами була забруднена територія у 53454 км², на якій розташовано 2293 населених пунктів, у котрих проживало 2,6 млн людей [5, 9]. Площі сільськогосподарських угідь, забруднених в такій мірі, що становлять небезпеку при веденні сільськогосподарського виробництва, досягають 1,3 млн га. [2]. Нині населення, яке мешкає на забруднених радіонуклідами територіях, до 95 % дози опромінення іонізуючою радіацією одержує за рахунок внутрішнього опромінення інкорпорованих радіонуклідів, що надходять в організм з продуктами харчування. Серед них основними дозоутворювачами є молоко, м'ясо, картопля та овочі [4]. До 4-ї зони радіоактивного забруднення – зони посиленого радіоекологічного контролю після аварії було віднесено НДГ «Ворзель».

Дослідження радіоекологічного стану території господарства проводилося лише в перші роки після аварії в рамках державних програм з оцінки масштабів радіоактивного забруднення країни у 1986

* Науковий керівник – доктор біологічних наук, професор І.М. Гудков.

** Науковий керівник – доктор біологічних наук, професор В.О. Кашпаров.

© І.М. Гудков, В.В. Ілленко, А.В. Русавська,
О.Ю. Паренюк, М.П. Журавель, 2013

р. (рис. 1). Безперечно, за 27 років ситуація змінилась у бік її покращення за рахунок фізичного розпаду радіонуклідів, заглиблення їх у товщу ґрунту, змиву атмосферними опадами [11]. Отже, дослідження сучасної радіаційної ситуації на території господарства, на якому мешкають і працюють співробітники університету, проходять навчальну та виробничу практику студенти, є достатньо актуальним питанням.

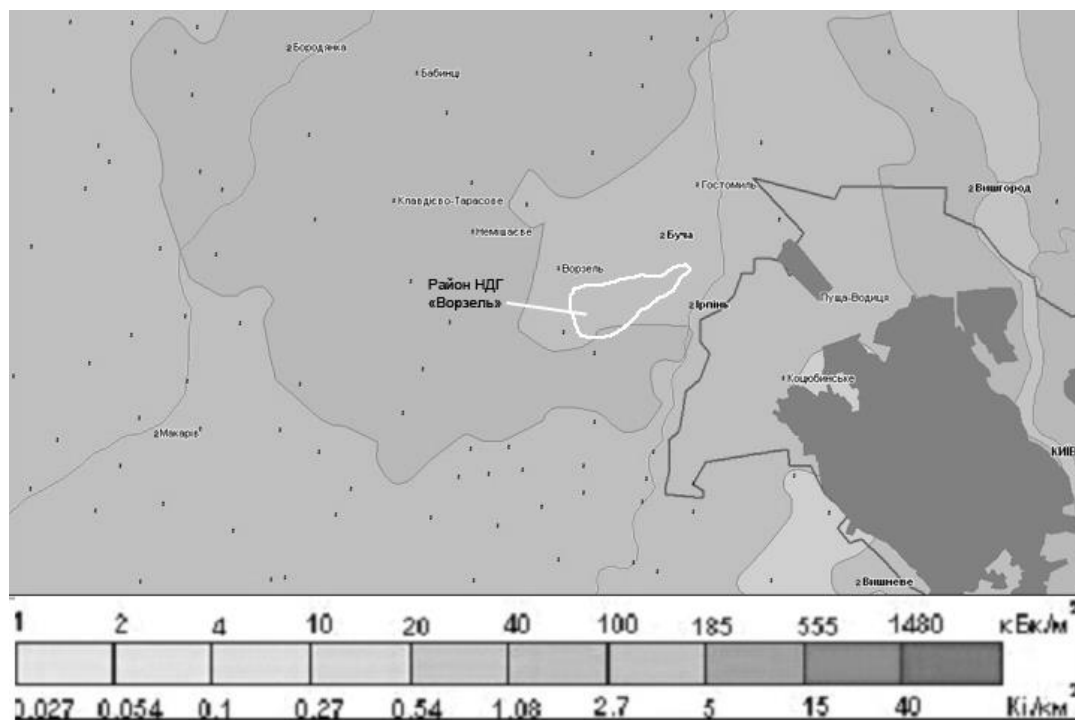


Рис. 1. Забруднення району НДГ «Ворзель» ^{137}Cs станом на 1986 р. [1]

Загальна характеристика НДГ «Ворзель». Господарство розташоване близько смт. Ворзель Києво-Святошинського району Київської області, належить до центральної правобережної зони Українського Полісся. Загальна площа угідь становить 785 га, з яких рілля займає 523 га, решта 262 га – сіножаті і пасовища, 10 000 м² займають теплиці. Основними напрямками діяльності господарства є проведення виробничої і наукової практики студентів університету, науково-дослідна робота з вивчення впливу різних факторів на формування м'ясної продуктивності ВРХ, м'ясне та молочне тваринництво, вирощування овочів закритого ґрунту.

Для усього Києво-Святошинського району характерний широкохвилястий долинно-балковий водозерозійний тип рельєфу. Рельєф господарства являє собою злегка хвилясту рівнину з невеликим похилом поверхні з півдня та південного заходу в бік Дніпра та Десни.

Найбільшу площу в господарстві займають дерново-слабо і середньо підзолисті різного рівня оглеєння ґрунти; гумусний горизонт з низьким вмістом гумусу (до 1 %) не перевищує 16–20 см, насиченість основами складає 50–75 %, гідролітична кислотність 2,5 мг-екв/100 г ґрунту, вміст

фосфору і калію не перевищує 100 мг/кг ґрунту.

Мета досліджень – оцінка сучасного радіоекологічного стану територій господарства, які зазнали забруднення радіонуклідами внаслідок аварії на Чорнобильській АЕС.

Матеріали та методика досліджень. Для оцінки радіаційної ситуації на території НДГ було проведено гамма-зйомку, визначено вміст ^{137}Cs і ^{90}Sr у зразках ґрунту і рослин овочевої та кормової сівозмін, деяких кормів і молока, проаналізовано вплив радіонуклідного забруднення на різноманітність мікрофлори ґрунту.

Зразки було відібрано в кілька відборів: взимку в лютому, влітку в червні 2009 р., навесні у травні, восени у жовтні 2010 р., влітку в серпні, восени в жовтні 2011 р. Точки відбору проб (Т1–Т10) зображено на рис. 2. При відборі проб ґрунту та продукції керувалися прийнятою методикою відбору проб для радіометрії [8], а при проведенні аналізу структури та кількісного складу мікробоценозів – загальноприйнятими методами мікробіологічних досліджень [7].

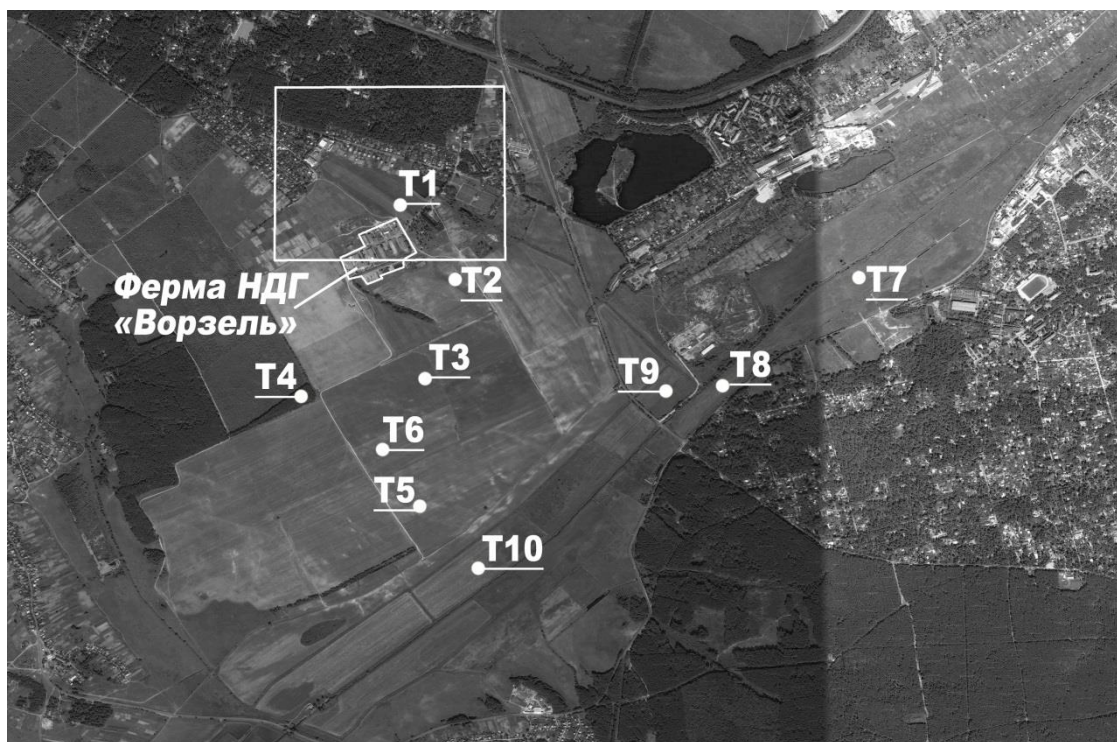


Рис. 2. Схема розташування точок відбору проб на території господарства (прямокутником виділена територія, яка зображена на рис. 4)

Потужність радіаційного фону оцінювалася за допомогою дозиметра «Терра». Визначення радіоактивності проб за ^{137}Cs проводили на радіометрі РУБ-01-П6 і за ^{90}Sr – радіохімічним методом [3]. Статистичну обробку даних здійснювали за допомогою пакета програм Microsoft Office Excel 2007.

Коефіцієнт накопичення радіонуклідів K_n визначали як відношення між кількістю радіонукліда в одиниці маси рослини та його вмістом у

такій самій кількості ґрунту, а коефіцієнт переходу K_p – як відношення кількості радіонукліда в одиниці маси продуктивних органів до його кількості в 1 м² орного шару, на якому вирощується рослина.

Результати досліджень. Згідно з одержаними результатами потужність радіаційного фону на території господарства коливалася в межах 0,07–0,11 мкЗв/год (табл. 1), тобто практично не перевищувала доаварійний рівень. Якщо територія НДГ «Ворзель» була віднесена до зони посиленого радіоекологічного контролю, то щільність забруднення ґрунту ізотопами цезію у близький поставарійний період мала знаходитися в межах 37–185 кБк/м² (1–5 Ки/км²) [10], про свідчить і карта на рис. 1. У теперішній час рівень щільності забруднення угідь за ¹³⁷Cs коливається від 15,3 (Т10) до 38,6 кБк/м² (Т4). При цьому лише одна проба відповідала значенням межі мінімальної поверхневої радіоактивності, що розділяють умовно «чисті» і забруднені цим радіонуклідом території (37 кБк/м²).

Відбір зразків ґрунту для аналізу вертикальної міграції радіонуклідів проводили в двох точках господарства відповідно до рельєфу (Т1 – найвища, Т5 – найнижча). Різниця між ними по висоті становила близько 35 м (згідно з даними топографічної карти). Тут було зроблено прикопки глибиною до 80 см, після чого, впевнившись, що ґрунт належить до дерново-підзолистого типу і орієнтовно оцінивши розшарування на горизонти, відібрали зразки для аналізу розподілу ¹³⁷Cs за профілем розрізу.

Отримані результати (табл. 2) свідчать, про те, що за чверть століття значна частина активності радіонукліда мігрувала вглиб ґрунтового профілю, затримуючись в ілювіальному шарі (третій пункт обох таблиць) і вимиваючись далі вниз. Дерново-підзолисті ґрунти мають низку якостей, що сприяють процесам міграції радіонуклідів. Так, їх підвищена кислотність сприяє вимиванню ¹³⁷Cs з ґрунтових фракцій, тому заважає його утриманню; невеликий відсоток вмісту мулистих та глинистих часток веде за собою незначну сорбційну та буферну здатність; вміст гумусу негативно корелює з рухливістю радіонуклідів. Очікуваної різниці між міграцією радіонукліда у верхній і нижній точках відбору зразків отримано не було.

1. Середні значення вимірювань основних радіоекологічних показників ґрунту ВП НУБіП України НДГ «Ворзель» за 2009-2011 рр.

Точка відбору	Потужність радіаційного фону, мкЗв/год	Питома радіоактивність ґрунту, Бк/кг	Щільність ґрунту, г/см ³	Поверхнева радіоактивність ґрунту, кБк/м ²
Т1	0,08±0,01	66,4±2,1	1,38	21,1±0,6
Т2	0,08±0,01	52,2±2,5	1,50	18,0±0,9
Т3	0,08±0,01	61,8±2,0	1,47	20,9±0,7
Т4	0,11±0,01	120,8±1,7	1,39	38,6±0,5
Т5	0,09±0,01	63,4±5,1	1,63	23,7±1,2

T6	0,09±0,01	69,6±1,1	1,53	24,5±0,4
T7	0,09±0,01	56,1±4,9	1,20	15,5±1,3
T8	0,08±0,01	58,2±2,5	1,38	18,5±0,9
T9	0,07±0,01	64,2±5,6	1,12	16,6±1,5
T10	0,10±0,01	51,4±2,3	1,29	15,3±0,7

2. Вертикальна міграція ^{137}Cs ґрунтовим профілем

№ з/п	Горизонт	Верхня точка		Нижня точка	
		Глибина, см	Вміст ^{137}Cs , Бк/кг	Глибина, см	Вміст ^{137}Cs , Бк/кг
1	HE _{орн}	0–23	66,4±2,1	0–26	63,4±5,1
2	E	23–36	46,3±2,1	26–40	41,1±4,3
3	I	36–54	53,8±2,2	40–56	51,6±1,8
4	IP	54–75	45,9±3,2	56–75	39,7±1,5

З часом після аварії після відносно рівномірного забруднення території слід очікувати перерозподілу радіонуклідів по території за рельєфом. Було досліджено горизонтальну міграцію ^{137}Cs по схилу посівного поля. Відібрано зразки гумусового шару у трьох точках по лінії схилу.

Діаграма на рис. 3 однозначно свідчить про збільшення питомої активності від 53,3 до 79,1 Бк/кг та поверхневої активності ґрунту від 20,2 до 23,8 кБк/м², спускаючись до підніжжя схилу ландшафту. Безперечно, це зумовлене природним змиванням радіоактивних часток атмосферними опадами з верхньої точки до підніжжя. Таким чином, спостерігається певне накопичення радіонукліда у пониззях.

Використовуючи дані цього експерименту, а також топографічну карту досліджуваної ділянки НДГ «Ворзель» за допомогою програми ArcGis була отримана карта напрямків стоку води (рис. 4) на одному з полів (виділена квадратом на рис. 2). Білими контурами на ній виділено ділянки, де відбувається накопичення радіонуклідів внаслідок процесів змиву. Дані такої карти можуть бути враховані при плануванні сівозмін та виборі місць для випасання худоби. Хоча, слід зазначити, що на території господарства і такі більш забруднені місця небезпеки не являють.

Результати з оцінки радіоактивності проб ґрунту і вегетативної маси рослин овочевої сівозміни наведено в табл. 3. Найбільші значення радіоактивності вегетативної маси відмічалися в баклажанах, картоплі та помідорах. Це цілком зрозуміло, адже ці культури є калієфілами, тобто рослинами, які разом з калієм можуть накопичувати і великі кількості його хімічного аналога цезію, в т.ч. і ^{137}Cs [4].

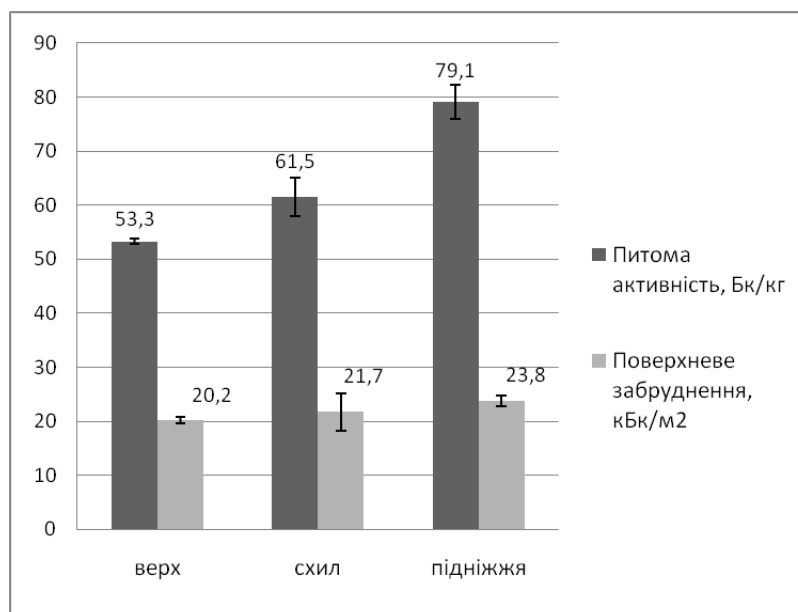


Рис. 3. Горизонтальна міграція ¹³⁷Cs по схилу

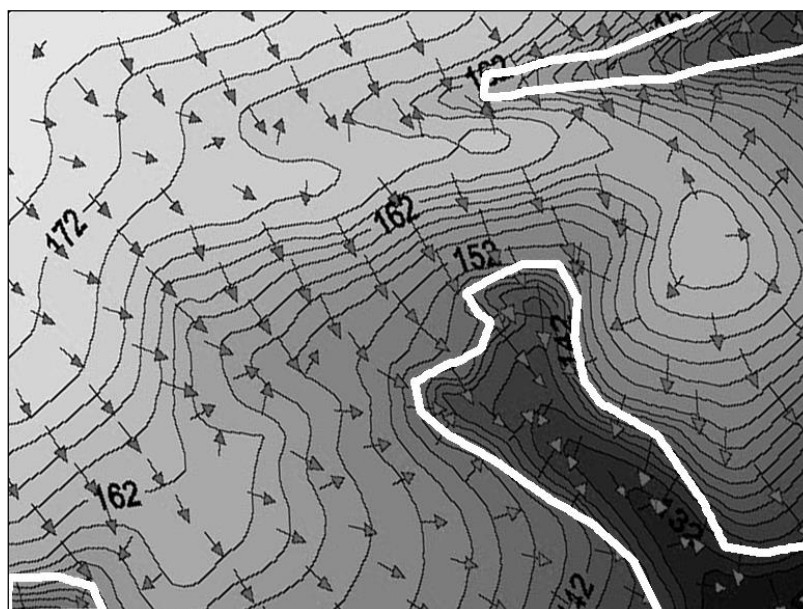


Рис. 4. Напрямки стоку води на дослідній ділянці НДГ «Ворзель»

3. Радіоактивність ґрунту та вегетативної маси рослин
овочевої сівозміни за ¹³⁷Cs

Зразок	Питома радіоактивність ґрунту, Бк/кг	Щільність ґрунту, г/см ³	Поверхнева радіоактивність ґрунту, кБк/м ²	Питома активність вегетативної маси, Бк/кг	K _п	K _н
Картопля	99,3±1,1	1,07	24,5±0,4	83,9±5,2	3,4	0,8
Капуста	69,6±5,4	1,19	19,0±0,7	28,6±7,1	1,5	0,4
Перець	62,3±4,1	1,03	14,8±1,1	38,6±5,3	2,6	0,6
Помідори	75,7±2,6	1,02	17,8±0,6	82,1±4,4	6,9	0,8
Баклажан	57,1±0,8	1,03	13,5±0,2	199,0±11,7	14,7	3,5

Але варто врахувати те, що досліджувалися лише зразки зеленої маси овочевих культур. Зрозуміло, що в такому випадку не завжди йдеться про забруднення саме продуктивних органів. З впевненістю можна сказати про капусту, адже в цьому випадку використовується саме вегетативна маса рослини. За проведеними дослідженнями вона є цілком придатною до вживання, тому що рівень її забруднення за ^{137}Cs становить 28,6 Бк/кг (допустимий рівень для овочів становить 40 Бк/кг) [10]. Що стосується інших досліджуваних культур, то варто врахувати закономірність, згідно з якою з кожним наступним рівнем переходу по рослині від кореня до стебла, листя та плодів радіоактивність приблизно зменшується удвічі. Зрозуміло, що питома активність плодів буде меншою, ніж питома активність вегетативної маси.

Деяке перевищення допустимого рівня (60 Бк/кг) можна очікувати при вирощуванні баклажанів і картоплі.

Також було досліджено радіоактивне забруднення вегетативної маси рослин кормової сівозміни: жита, люцерни, кукурудзи, вівса та еспарцету. Як свідчать усереднені за 2009–2011 рр. результати (табл. 4) забруднення питома активність за цим радіонуклідом варіює в межах 38,4–108,3 Бк/кг і рослин – 57,9–109,9 Бк/кг. Значення $K_{\text{п}}$ становлять від 2,8 (для люцерни) до 6,1 (для еспарцету). $K_{\text{н}}$ змінюються від 1,0 (для люцерни та кукурудзи) до 1,8 (для еспарцету).

Важливо відмітити, що радіоактивність жодного зі зразків не перевищувала допустимих рівнів.

Було також проаналізовано дані забруднення кормів, що використовуються для годівлі великої рогатої худоби (ВРХ). Проби кормів і молока відбиралися у два терміни: червень 2009 р. та травень 2010 р. Отримані результати вимірювань питомої активності наведено у табл. 5. У 2009 р. найвищою питомою активністю характеризувалися проби сінажу 91,6 Бк/кг, а найнижчою – комбікорм, 4,8 Бк/кг. Аналогічні значення характеризували проби 2010 р.

4. Радіоактивність ґрунту та вегетативної маси рослин кормової сівозміни за ^{137}Cs

Радіологічні показники	Рослини кормової сівозміни				
	Жито	Люцерна	Кукурудза	Еспарцет	Овес
Питома радіоактивність ґрунту, Бк/кг	64,4±2,6	55,9±2,2	108,3±5,8	38,4±5,2	53,7±1,1
Щільність ґрунту, г/см ³	1,47	1,58	1,40	1,30	1,60
Поверхнева радіоактивність ґрунту, кБк/м ²	21,8±0,9	20,3±0,8	34,9±1,1	11,5±1,6	19,8±0,4
Питома радіоактивність	68,7±6,1	57,9±7,3	109,9±14,3	70,3±6,1	69,5±16,5

зеленої маси,

Бк/кг

$K_{\text{п}}$	3,2	2,8	4,4	6,1	3,5
$K_{\text{н}}$	1,1	1,0	1,0	1,8	1,3

5. Забруднення ^{137}Cs кормів та молока, Бк/кг (Бк/л)

№ з/п	Корми і молоко	Червень 2009 р.	Травень 2010 р.	Допустимі рівні- 2006 р.
1	Пшениця (зерно)	–	10,5±3,2	50
2	Ячмінь (зерно)	7,6±1,0	–	50
3	Комбікорм	4,8±0,6	5,5±0,9	50
4	Овес (зерно)	11,8±3,2	12,2±3,9	50
5	Жито (зерно)	5,9±1,1	–	50
6	Сінаж	91,6±9,5	90,1±8,0	200
7	Зелена маса	62,4±2,8	47,9±6,8	200
8	Молоко	6,30	8,00	100

У цілому робимо висновок, що питома активність кормів господарства за ^{137}Cs значно нижча за допустимі європейські рівні радіоактивного забруднення кормів (цит. за [6], с.427) і їх можна використовувати для відгодівлі худоби без обмежень. Про це свідчать й аналізи молока, рівень забруднення якого більш як на порядок нижче допустимого.

Тим не менше, відповідно до процентного співвідношення кормів у раціонах було розраховано внесок кожного виду кормів у забруднення молока ВРХ для весняного і літнього раціону табл. 6.

6. Внесок кормів у забруднення молока ВРХ у весняний і літній періоди утримання

Корм	Весняний період			Літній період		
	Питома радіо-активність, Бк/кг	Відсоток у раціоні, %	Внесок у забруднення молока, %	Питома радіо-активність, Бк/кг	Відсоток у раціоні, %	Внесок у забруднення молока, %
Ячмінь	-	-	-	7,6	5,5	0,7
Комбікорм	4,8	6,5	0,5	4,8	5,5	0,4
Овес	11,8	6,5	1,2	11,8	5,5	1,1
Жито	-	-	-	5,9	5,5	0,5
Сінаж	90,1	50,0	73,3	91,6	35	52,9
Зелена маса	47,9	30,5	23,8	62,4	43	44,3
Пшениця	10,5	6,5	1,1	-	-	-

У перерахунку на 1 кг корму найбільший процентний внесок у забруднення молока в літній період утримання належить сінажу – 52,9 %, а найменший – комбікорму 0,4 %.

Далі було розглянуто весняний раціон. Найбільший процентний внесок у забруднення молока в цей період утримання належить також сінажу – 73,3 %, найменший – комбікорму 0,5 %.

Другий за розміром процентний внесок у забруднення молока в обох раціонах належить зеленій масі рослин, яку заготовляють на території господарства, 44,3 % та 23,8 % відповідно для літнього і весняного раціонів.

Отже, сінаж і зелена маса рослин належить до критичних кормів, забруднення радіонуклідами яких найбільше впливає на забруднення молока ВРХ НДГ «Ворзель».

У 2012 р. на території господарства було відібрано ґрунт у Т4 і Т7 для порівняльного аналізу структури та біорізноманіття функціональних груп мікроорганізмів, що мешкають у різних біоценозах – лісовому та лучному. Як уже зазначалося вище питома активність ґрунту по ¹³⁷Cs в Т4 більш як у два рази перевищує цей показник для ґрунту, відібраного в Т7 (див. табл. 1).

Висів ґрунтової суспензії на елективні поживні середовища(КАА, середовище Ешбі та Менкіної) дозволив встановити, що для лучного біоценозу характерна значно більша кількість мікроорганізмів, які використовують мінеральні форми азоту – вони представлені п'ятьма морфотипами та 26 КУО; для лісового біоценозу дані показники є значно нижчими – всього 2 морфотипи і 2 КУО, індекс вирівняності Пієлу дорівнює 0,52 та 1,00 відповідно. Олігонітрофільна група мікроорганізмів була ширше представлена в висівах для лісового біоценозу – 5 морфотипів та

17 КУО, для луків – 3 морфотипи та 3 КУО, індекс вирівняності Пієлу дорівнює 1,00 та 0,92 відповідно. Для лучного біоценозу характерна більша кількість мікроорганізмів, що використовують органічні форми фосфатів, тут вони представлені шістьма морфотипами та налічено було 46 КУО, для лісового біоценозу дані показники є значно нижчими – всього 3 морфотипи і 10 КУО. Індекс вирівняності Пієлу для лісового біоценозу склав 0,94 та 0,40 для лучного, що свідчить про домінування одного з морфотипів, який, за результатами даного тестування, був виділений в чисту культуру подальшого дослідження (рис 5).

Виходячи з отриманих результатів, можна припустити, що ґрунти лісового біоценозу є збідненими на доступні для мікроорганізмів форми азоту. Саме тому олігонітрофіли, які здатні переносити нестачу сполук азоту, можуть тут існувати. Також можна припустити, що у разі підвищення кількості азоту у ґрунті Т4, мікроорганізми олігонітрофільної функціональної групи можуть бути витіснені представниками мікроорганізмів, які використовують мінеральні форми азоту. Але дані припущення ще потребують подальшої експериментальної перевірки.



Рис. 5. Структура і кількісний склад мікробіоценозів ґрунту

Щодо оцінки забруднення за ^{90}Sr , було проаналізовано чотири зразки ґрунту та зеленої маси рослин (люцерна та кукурудза), які відбиралися на різних полях господарства. Питома радіоактивність ґрунту при цьому коливалася у межах 7–15 Бк/кг. Забруднення люцерни (типовий кальцефіл, який здатний накопичувати велику кількість свого хімічного аналога стронцію) за цим радіонуклідом становила $22,4 \pm 5,4$ Бк/кг, Рівень забруднення кукурудзи практично не відрізнявся, склавши $21,7 \pm 3,7$ Бк/кг. Таким чином, забруднення ґрунту і рослин на території господарства за ^{90}Sr у багато разів нижча і, не дивлячись на більш високий коефіцієнт накопичення (близько 2), не становить загрози для вирощування сільськогосподарських культур і кормів.

Висновки

1. Радіоекологічне обстеження території ВП НУБіП України НДГ «Ворзель», проведене в 2009–2012 рр., засвідчило, що в усьому господарстві потужність радіаційного фону знаходиться на рівні 0,09–0,11 мкЗв/год, що практично відповідає його доаварійним значенням.

2. Рівень забруднення ґрунту сільськогосподарських угідь за ^{137}Cs – основним дозоутворюючим радіонуклідом для цієї часини країни в основному знаходиться нижче межі, яка розділяє забруднені та умовно чисті території (37 кБк/м²).

3. Питома активність зеленої маси овочевих культур за цим радіонуклідом коливається від 28,6 до 199,0 Бк/кг і кормових культур – від 57,9 до 109,9 Бк/кг, що нижче за допустимі рівні.

4. Питома активність молока – продукту, який вважається основним дозоутворюючим компонентом раціону людини, становить 6,3–8,0 Бк/кг, що значно нижче за допустимий рівень (100 Бк/л). Найбільший внесок у забруднення молока належить сінажу та зеленій масі рослин.

5. Забруднення ґрунту і сільськогосподарської продукції за ^{90}Sr відносно невелике.

6. Кількість та різноманітність мікроорганізмів є вищою для лучного біоценозу у порівнянні з лісовим біоценозом. Забруднення радіонуклідами в цьому випадку не є основним фактором впливу.

7. Сучасна радіаційна ситуація на території НДГ „Ворзель”, яке після аварії на Чорнобильській АЕС було віднесено до зони підвищеного радіоекологічного контролю, не становить небезпеки для виробництва продукції рослинництва і тваринництва.

Список літератури

1. Атлас. Україна. Радіоактивне забруднення. / [за ред. Холоші В.І.] – К.: ТОВ „Інтелектуальні системи ГЕО”, 2002, 2008, 2011. – 52 с.
2. Гудков І.М. Актуальні завдання і проблеми сільськогосподарської радіоекології через чверть століття після аварії на Чорнобильській АЕС/ І.М. Гудков, В.О. Кашпаров // Вісник Житомирського нац. агроекологічного ун-ту. – 2012. – № 1(30). – Т. 1. – С. 27–36.
3. Гудков І.Н. Практикум по сельскохозяйственной радиобиологии / Гудков І.Н., Ткаченко Г.М., Кицно В.Е. – К.: УСХА, 1992. – 207 с.
4. Гудков І.М. Сільськогосподарська радіобіологія. / І.М. Гудков, М.М. Віннічук, – Житомир: ДАУ, 2003. – 472 с.
5. Двадцять п'ять років Чорнобильської катастрофи. Безпека майбутнього. – К.: КІМ, 2011. – 356 с.
6. Допустимі рівні вмісту радіонуклідів ^{137}Cs і ^{90}Sr у продуктах харчування та питній воді: ДР-2006. Держ. гігієнічні нормативи. – К., 2007. – 10 с.
7. Звягинцев Д.Г. Почва и микроорганизмы. / Д.Г. Звягинцев. – М.: Изд-во МГУ, 1986. – 256 с.

8. Практикум з радіобіології та радіоекології. / [Гайченко В.А., Гудков І.М., Кашпаров В.О., та ін.]. – К.: Кондор, 2010. 286 с.
9. Радіоекологія / [Гудков І.М., Гайченко В.А., Кашпаров В.О. та ін.]. – Херсон: Олді Плюс, 2013. – 468 с.
10. Соціальний, медичний та протирадіаційний захист постраждалих в Україні внаслідок Чорнобильської катастрофи. Збірник законодавчих актів і нормативних документів. – К.: Чорнобильінтерінформ, 1998. – 616 с.
11. Gudkov I. Modern radiation situation in Europe and problems of agricultural radioecology / Radiological and Agroecological Researches (Tbilisi). – 2012. – V. 8. – P. 14–17.

Приведены результаты радиозоологического обследования Учебно-опытного хозяйства «Ворзель» Национального университета биоресурсов и природопользования Украины, проводившегося в 2009-2012 гг, а именно: гамма-съёмки территорий сельскохозяйственных угодий, удельной активности ^{137}Cs и ^{90}Sr в образцах почв, продукции растениеводства, кормах, молоке; данные по вертикальной и горизонтальной миграции радионуклидов на территории, количественного состава и биоразнообразия функциональных групп почвенной микрофлоры.

УИХ «Ворзель», гамма-съёмка, ^{137}Cs и ^{90}Sr в почве, растениях, кормах, молоке, миграция радионуклидов, почвенная микрофлора.

It is presented the results of the radioecological investigation of teaching and research farm NULES of Ukraine "Vorzel", which were conducted during 2009-2012, namely gamma survey areas of agricultural land, the specific activity ^{137}Cs and ^{90}Sr in soil, crop production, feed, milk; the data about vertical and horizontal migration of radionuclides, representation and quantitative composition of the soil microflora.

Teaching and research farm "Vorzel" gamma survey, ^{137}Cs and ^{90}Sr in soil, plants, feed, milk, migration of radionuclides, soil microflora.