

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНИЙ АВІАЦІЙНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ФАКУЛЬТЕТ ЕКОЛОГІЧНОЇ БЕЗПЕКИ,
ІНЖЕНЕРІЇ ТА ТЕХНОЛОГІЙ
КАФЕДРА ЕКОЛОГІЇ

ДОПУСТИТИ ДО ЗАХИСТУ
Завідувач випускової кафедри
_____ В. Ф. Фролов
« ___ » _____ 2020 р.

ДИПЛОМНА РОБОТА

(ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА)

ВИПУСКНИКА ОСВІТНЬОГО СТУПЕНЯ МАГІСТРА

ОПП СПЕЦІАЛЬНІСТЬ 101 «ЕКОЛОГІЯ»

**Тема: «Перепрофілювання галузей сільського господарства на забруднених
радіонуклідами територіях»**

Виконавець: студент групи ЕК 201 М, Сковородко Олексій Володимирович
(студент, група, прізвище, ім'я, по батькові)

Керівник: д.т.н., доцент Матвєєва Ірина Валеріївна
(науковий ступінь, вчене звання, прізвище, ім'я, по батькові)

Консультант розділу «Охорона праці» _____
(підпис)

Кажан К.І.
(П. І. Б.)

Нормоконтролер: _____
(підпис)

Явніюк А. А.
(П. І. Б.)

КИЇВ 2020

НАЦІОНАЛЬНИЙ АВІАЦІЙНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Факультет екологічної безпеки, інженерії та технологій

Кафедра екології

Напрямок (спеціальність, спеціалізація): напрямок 101 «Екологія»
(шифр, найменування)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

_____ Фролов В. Ф.

«__» _____ 2020 р.

ЗАВДАННЯ

на виконання дипломної роботи

Сковородко Олексія Володимировича

1. Тема роботи: «Перепрофілювання галузей сільського господарства на забруднених радіонуклідами територіях» затверджена наказом ректора 2364/ст від 11.10.2019 р.
2. Термін виконання роботи: з 14.10.2019 по 03.02.2020 р.
3. Вихідні дані роботи: літературні джерела, фотоматеріали, картографічні матеріали щодо радіонуклідного забруднення ґрунтів України.
4. Зміст пояснювальної записки: огляд літературних джерел за темою дипломної роботи, огляд стану радіонуклідного забруднення середовища, принципи організації і ведення сільськогосподарської діяльності, ведення сільськогосподарської діяльності в умовах радіонуклідного забруднення, заходи зі зменшення вмісту радіонуклідів в продукції рослинництва і тваринництва, огляд матеріально-технічних ресурсів та засобів радіологічного контролю.
5. Перелік обов'язкового ілюстративного матеріалу: таблиці, рисунки.

6. Календарний план-графік

№ з/п	Завдання	Термін виконання	Підпис керівника
1	Вибір та формування теми дипломної роботи	09.10.2019 – 11.10.2019	
2	Літературний огляд та збір інформації за темою дипломної роботи	12.10.2019 – 22.10.2019	
3	Написання пояснювальної записки до диплому	23.10.2019 – 12.11.2019	
4	Формулювання висновків підрозділів, розділів та рекомендацій	13.11.2019 – 17.11.2019	
5	Перевірка дипломної роботи науковим керівником	18.11.2019 – 24.11. 2019	
6	Попереднє оформлення роботи	25.11.2019 – 02.12.2019	
7	Оформлення дипломної роботи відповідно до вимог	03.12.2019 – 17.12.2019	
8	Остаточне редагування дипломної роботи	18.12.2019 – 13.01.2020	
9	Створення презентації до дипломної роботи	14.01.2020 – 27.01.2020	
10	Захист дипломної роботи	03.02.2020	

7. Консультація з окремого розділу:

Розділ	Консультант (посада, П.І.Б.)	Дата, підпис	
		Завдання видав	Завдання прийняв
Охорона праці			

8. Дата видачі завдання: «11» жовтня 2019 р.

Керівник дипломної роботи:

_____ (підпис керівника)

Матвеева І. В.
(П. І. Б.)

Завдання прийняв до виконання:

_____ (підпис випускника)

Сковородко О. В.
(П. І. Б.)

ЗМІСТ

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ, СКОРОЧЕНЬ, ТЕРМІНІВ.....	6
ВСТУП.....	7
РОЗДІЛ 1. РАДІОНУКЛІДНЕ ЗАБРУДНЕННЯ НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА.....	8
1.1. Радіонукліди. Їх характеристика, як забруднювачів навколишнього середовища.....	8
1.2. Джерела іонізуючих випромінювань у навколишньому середовищі.....	10
1.3. Методи і засоби для визначення рівнів забруднення радіоактивними речовинами.....	14
1.4. Забруднення ґрунтів радіонуклідами.....	18
1.5. Радіонуклідне забруднення водних об'єктів.....	20
1.6. Вплив радіонуклідного забруднення на біорізноманіття.....	23
1.7. Динаміка радіаційного забруднення.....	25
РОЗДІЛ 2. ОРГАНІЗАЦІЯ І ВЕДЕННЯ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКОЇ ДІЯЛЬНОСТІ.....	30
2.1. Організація і ведення рослинництва.....	32
2.2. Організація та ведення тваринництва.....	40
РОЗДІЛ 3. ВЕДЕННЯ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКОЇ ДІЯЛЬНОСТІ В УМОВАХ РАДІОНУКЛІДНОГО ЗАБРУДНЕННЯ.....	48
3.1. Дія іонізуючих випромінювань на сільськогосподарські рослини.....	48
3.2. Дія іонізуючих випромінювань на сільськогосподарські тварини.....	53
3.2.1. Молекулярно-клітинні аспекти дії випромінювань на сільськогосподарські тварини.....	53
3.2.2. Дія випромінювань на організм сільськогосподарських тварин.....	57
3.2.3. Радіаційні ефекти в тканинах і органах сільськогосподарських тварин.....	61
3.3. Основні принципи організації ведення сільського господарства на забруднених радіонуклідами територіях.....	63

РОЗДІЛ 4. ЗАХОДИ ЗІ ЗМЕНШЕННЯ ВМІСТУ РАДІОНУКЛІДІВ В ПРОДУКЦІЇ РОСЛИННИЦТВА І ТВАРИННИЦТВА.....	65
4.1. Засоби зменшення переходу радіонуклідів з ґрунту у сільськогосподарські рослини.....	65
4.1.1. Обробіток ґрунту.....	66
4.1.2. Застосування хімічних меліорантів і добрив.....	68
4.1.3. Зміна складу рослин у сівозміні.....	73
4.1.4. Зміна режиму зрошення.....	75
4.1.5. Застосування спеціальних речовин та прийомів.....	77
4.2. Основні прийоми зменшення переходу радіонуклідів в продукцію тваринництва.....	78
4.2.1. Покращення кормової бази.....	79
4.2.2. Зміна раціонів.....	81
4.2.3. Включення до раціонів добавок і препаратів, що перешкоджають переходу радіонуклідів в продукцію.....	81
4.3. Очищення сільськогосподарської продукції від радіонуклідів.....	83
4.3.1. Очищення продукції рослинництва.....	84
4.3.2. Очищення продукції тваринництва.....	86
РОЗДІЛ 5. МАТЕРІАЛЬНО-ТЕХНІЧНІ РЕСУРСИ. РАДІОЛОГІЧНИЙ КОНТРОЛЬ.....	88
РОЗДІЛ 6. ОХОРОНА ПРАЦІ.....	97
6.1. Комп'ютерна техніка та її вплив.....	97
6.2. Огляд документів, що регламентують основні санітарно-гігієнічні параметри щодо приміщень з комп'ютерною технікою.....	100
6.3. Санітарно-гігієнічні вимоги щодо приміщень з комп'ютерною технікою.....	101
6.4. Пожежна безпека у приміщеннях з комп'ютерною технікою.....	103
ВИСНОВКИ.....	108
СПИСОК БІБЛІОГРАФІЧНИХ ПОСИЛАНЬ.....	110

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ, СКОРОЧЕНЬ, ТЕРМІНІВ

АЕС - атомна електростанція

ЧАЕС - Чорнобильська атомна станція

ППГ - приватні підсобні господарства

ВСТУП

Актуальність теми. Радіонуклідне забруднення після аварії на Чорнобильській АЕС суттєво змінило підхід і принципи енергетики. Наслідки Чорнобильської катастрофи відчутні і впливають на всі галузі національного господарства, включаючи сільськогосподарську діяльність, навіть сьогодні, через 33 роки. Хоч на сьогоднішній день на території України критичний рівень радіації відсутній, проте ізотопи все ще мігрують у навколишньому середовищі та впливають на нього. Не варто забувати, що на території України 5 атомних станцій, з них 4 функціонують, залягання та видобування радіоактивних руд, нестабільна політична ситуація — все це ризики повторних викидів радіонуклідів в навколишнє середовище. Оскільки галузь сільськогосподарська є однією з ключових в Україні - тема є доволі обширною і актуальною.

Мета і завдання. Головним завданням дипломної роботи є дослідження методів перепрофілювання галузі сільського господарства на забруднених радіонуклідами територіях для вирішення поточних проблем забруднення продукції сільського господарства і обізнаності, щодо майбутніх загроз.

Об'єкт – це процес забруднення радіонуклідами навколишнього середовища і методи перепрофілювання галузей сільського господарства.

Предмет – галузь сільського господарства.

Методи дослідження: аналітичний метод, збір даних та їх аналіз.

Практичне значення отриманих результатів. Заходи, описані в дипломній роботі, можуть бути використані на територіях, які зазнають вплив від радіаційного забруднення. На основі аналітичних досліджень можна підібрати найбільш ефективний метод для певного виду території чи діяльності.

РОЗДІЛ 1

РАДІОНУКЛІДНЕ ЗАБРУДНЕННЯ НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА

Радіонуклідне забруднення після аварії на Чорнобильській АЕС суттєво змінило підхід і принципи енергетики. Наслідки Чорнобильської катастрофи відчутні і впливають на принципи енергетики і ведення господарства і сьогодні, через 33 роки.

1.1. Радіонукліди. Їх характеристика, як забруднювачів навколишнього середовища

Радіонукліди — радіоактивні атоми з певним числом протонів і нейтронів у ядрі, що характеризуються масовим числом і атомним номером (рис.1). Радіонуклід – атом з нестійким ядром, що характеризується додатковою енергією, яка доступна для передачі до створеної радіаційної частинки, або до одного з електронів атома в процесі внутрішньої конверсії. При вивільненні енергії радіонуклід проходить через процес радіоактивного розпаду, і зазвичай випускає один або більше фотонів, гамма-променів, або субатомні частинки. Ці частинки складають іонізуюче випромінювання[2].

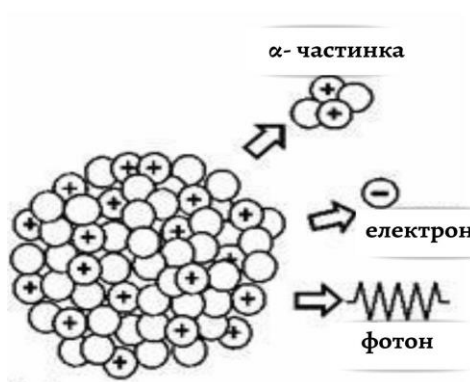


Рис.1.1 Радіонуклід

Радіонукліди бувають як природного (їх порівняно мало), так і штучного походження. Останніх (для всіх елементів таблиці Менделєєва) фізики отримали вже понад 2000. Десятки видів подібних активних ядер утворюються під час роботи ядерних дослідних чи енергетичних реакторів [3].

Радіонукліди часто також називаються радіоактивними ізотопами або радіоізотопами. Вони використовуються в атомній енергетиці, промисловості, медицині, сільському господарстві і грають важливу роль в дослідженнях з фізики, хімії, біології та геології. Проте, вони можуть являти собою значну небезпеку через руйнівний вплив іонізуючого випромінювання на живі організми[2].

Іонізуюча радіація, як і інші постійно діючі фізичні та хімічні фактори навколишнього середовища, певною мірою потрібна для нормальної життєдіяльності. Такий сприятливий вплив на все живе, в тому числі і на людину, мають невеликі дози іонізуючої радіації, властиві природному радіаційному фону, до якого за мільйони років еволюції життя на нашій планеті адаптоване. Вплив іонізуючої радіації в дуже малих дозах стимулює ріст і розвиток рослин. Десятки тисяч хворих покращують стан свого здоров'я на курортах з джерелами мінеральних вод, які мають підвищений вміст родону[4].

В нинішньому столітті людство зазнає впливу іонізуючого випромінювання, яке сприяє підвищенню природного радіаційного фону, що може викликати серйозні негативні зміни в організмі та навколишньому середовищі[4].

Через те, що майже до недавнього часу не було відомостей про наявність тих чи інших відхилень у стані здоров'я й розвитку людей, які проживають у районах з підвищеним радіоактивним фоном, показники тривалості життя, кількості мертвонароджених, спотворень, захворювань на лейкоз, рак у жителів цих районів було середньостатистично нормальними. На підставі нових досліджень й глибокого аналізу проблеми можна зробити висновок, що й раніше, десятки та сотні років тому підвищений радіоактивний фон справляв негативний вплив на населення. Це виявляється у збільшенні кількості хворих

синдромом Дауна (майже в п'ять разів) іншими патологічними проявами, зокрема раковими пухлинами. Нині головним джерелом радіоактивних забруднень біосфери є радіоактивні аерозолі, які потрапляють в атмосферу після аварій на АЕС, а також радіонукліди, що виділяються з радіоактивних відходів, заборонених на суші і на морі з відпрацьованих атомних реакторів. Радіоактивні опади залежно від розміру часточок та виносу їх у атмосферу мають різні терміни осідання та радіус поширення. За розміром часточок вони поділяються на локальні, тропосферні та стратосферні або глобальні. Радіоактивні частки викидаються на висоту до 10-30 км. За силою та глибиною впливу на організм іонізуюче випромінювання вважається найсильнішим. Різні організми мають не однакову стійкість до дії радіоактивного випромінювання, навіть клітини одного організму мають різну чутливість. Сила впливу радіонуклідів, які потрапляють всередину тіла, визначається їх фізико-хімічними властивостями, шляхами (з їжею, через дихання) і часом проникнення, а також здатністю депоновуватися та швидкістю виведення [4].

1.2. Джерела іонізуючих випромінювань у навколишньому середовищі

Джерелом іонізуючого випромінювання загалом вважається будь-яке тіло чи об'єкт, які містять радіонукліди. Оскільки останні входять до складу і неживої, і живої речовини, то «джерелом», строго кажучи, є і тіло людини, і граніт, і повітря [5].

Тому надалі вважатимемо «джерелом» той об'єкт, для якого вміст і випромінювання радіонуклідів перевищує природне (загалом, дуже мале) значення. Тоді в природі з більш-менш концентрованих джерел лишаються лише руди урану (рис.2) і торію (рис.3), з малоконцентрованих — граніти (рис.4) й інші породи з дещо підвищеним вмістом цих елементів і продуктів їх розпаду (радію, радону та інших). А от штучних джерел іонізуючого випромінювання

існує дуже багато. Це безліч приладів, що містять радіонукліди, всі типи й види ядерних реакторів, рентгенівські апарати тощо [5].



Рис 1.2 Ураніт



Рис 1.3 Торіаніт



Рис 1.4 Граніт

Найголовнішою характеристикою джерела іонізуючого випромінювання є його активність A , що визначається відношенням кількості розпадів dN до часу dt :

$$A = dN / dt \text{ (1/c)}.$$

Одиницею активності у міжнародній системі одиниць (СІ) є беккерель (Бк). У джерелі з активністю 1 Бк відбувається один розпад щосекунди, 1кБк — тисячу, 1МБк — мільйон і т. д.

Не вийшла з ужитку й застаріла одиниця активності, запроваджена на початку ХХст. і названа «кюрі» (Кі). Активність 1Кі має грам радію, в якому щосекунди відбувається 37млрд розпадів ядер з виділенням чималої енергії.

Отже, 1Кі=37млрдБк.

Поряд з «просто» активністю часто використовуються її похідні варіанти:

- об'ємна активність A_v — активність одиниці об'єму (Бк/л чи Бк/м³, а також Кі/л чи Кі/м³);
- питома активність A_m — активність одиниці маси (Бк/кг);
- поверхнева активність A_s — активність одиниці поверхні тіла (вимірюється в Бк/м² чи Кі/км²) та інші [5].

Спричинену людиною появу «надлишкової» активності ґрунту, води, повітря, нарешті, живої речовини називають «радіонуклідним (чи радіаційним) забрудненням». Очевидно, що активність забруднених об'єктів вимірюється наведеними одиницями [5].

Зокрема, для характеристики забруднення ґрунтів «чорнобильськими» радіонуклідами часто вживають Кі/км² [5].

Поряд з активністю важливими характеристиками джерел іонізуючого випромінювання є його склад, енергія окремих частинок чи квантів, повна потужність джерела, просторовий розподіл потоків випромінювання, розміри і форма джерела тощо[5].

Наприклад, великого поширення набули запроваджені на початку вивчення іонізуючого випромінювання такі характеристики його дії та інтенсивності потоку, як рентген (P) і рентген за годину (P/год) [5].

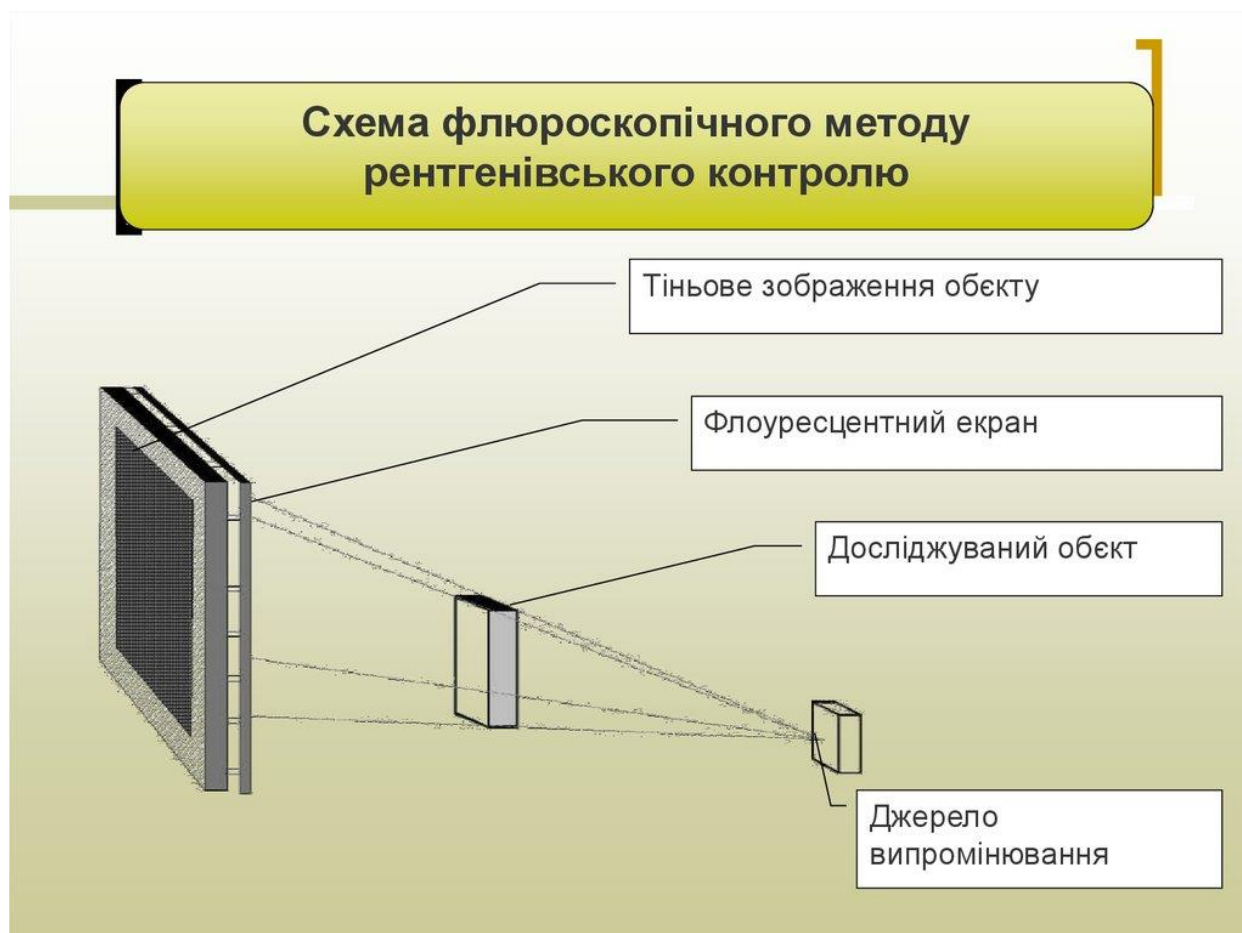


Рис. 5 Схема флюороскопічного методу рентгенівського контролю

Вони є варіантом γ -променів, але мають трохи меншу енергію й утворюються найчастіше під час зіткнення попередньо прискорених електронів з твердим тілом. Типовим (але дуже слабким) випромінювачем таких променів є екран великого телевізора з вакуумною трубкою. Небезпеку для глядачів ліквідовано завдяки додаванню значної кількості свинцю до скла трубок, який повністю поглинає рентгенівські γ -кванти. Екологічно більш безпечними й значно меншими за масою є плоскі рідкокристалічні екрани, що постійно вдосконалюються і використовуються дедалі частіше [5].

Отже, джерела забруднення навколишнього середовища зазвичай штучні та спричиненні антропогенними факторами. Природні джерела мають менший вплив на середовище, оскільки мають меншу активність.

1.3. Методи і засоби для визначення рівнів забруднення радіоактивними речовинами

Виявлення і вимірювання інтенсивності іонізуючих випромінюваних радіоактивних речовин і джерел випромінювання ґрунтуються на їх здатності іонізувати речовину середовища, в якій це випромінювання поширюється. Іонізація, у свою чергу, є причиною фізичних і хімічних змін у речовині, які можуть бути виявлені і виміряні. До таких змін середовища відносять зміну електропровідності речовин (газів, рідин, твердих матеріалів), люмінесценцію речовин, засвічування фотоплівок, зміну забарвлення, прозорості, опірності електричному струму хімічних розчинів та ін. Залежно від того, які з цих змін реєструються, використовують такі основні методи:

- Іонізаційний метод (за величиною струму іонізації). Він полягає в тому, що під впливом радіації в ізольованому об'ємі відбувається іонізація газу, у результаті чого збільшується його електропровідність (утворюються позитивні і негативні іони). В цей об'єм поміщають два електроди, на які подається стала напруга і між ними утвориться електричне поле, під дією якого через газ проходитиме іонізований електричний струм, величина якого визначається потужністю джерела випромінювання.
- Хімічний метод (за ступенем зміни кольору індикатора). Він ґрунтується на вимірюванні виходу радіаційно-хімічних реакцій, які відбуваються під впливом іонізуючого випромінювання. Під виходом реакції розуміють кількість характерних перетворень (нових утворених атомів, іонів, тощо) на 100 еВ поглиненої енергії. Перевага методу полягає в можливості

вибору для хімічних детекторів таких речовин, які за реакцією на випромінювання подібні до тканин людського організму.

- Фотографічний метод (за ступенем почорніння фотошару). Він спирається на властивість іонізуючого випромінювання впливати на чутливий шар фотоматеріалів аналогічно до видимого світла. Якщо фотоплівку, піддати впливу гамма-променів, а далі проявити, відбувається її почорніння. Густина почорніння пропорційна інтенсивності опромінення. Дозу опромінення, одержану плівкою, визначають, порівнюючи густину почорніння з еталоном.
- Сцинтиляційний метод (за ступенем світіння люмінофора). Такий метод базується на тому, що під впливом радіоактивних променів деякі речовини випускають фотони видимого світла. Спалахи світла, що виникають при цьому, можуть бути зареєстровані. Сцинтиляційний лічильник складається із сцинтилятора— речовини, здатної випускати видиме випромінювання під дією іонізуючого випромінювання, і фотоелектричного помножувача, у якому енергія світлових спалахів (сцинтиляцій) завдяки фотоефекту перетворюється в електричні імпульси, які, у свою чергу, надходять у реєструвальний пристрій [6].

За функціональним призначенням прилади радіаційного контролю поділяються на два класи:

- дозиметри – прилади для вимірювання дози або потужності дози рентгенівського і гамма-випромінювання (рис.6);
- радіометри – прилади для визначення активності радіонуклідів або її питомої, масової, поверхневої або об'ємної величини. Застосовуються для визначення ступеня забруднення радіонуклідами різних об'єктів (рис.7) [6].



Рис 1.6 Дозиметр «м'якого рентгена» «ДКР-АТ1103М»



Рис.7 Дозиметр-радіометр МКС-05 «ТЕРРА»

Принципова схема будь-якого дозиметричного або радіометричного приладу однакова. Вона включає в себе три обов'язкових ланки: детекторний пристрій (детектор), реєструвальний прилад (індикатор) і блок живлення (акумулятори, батарейки, елементи живлення, тощо).

Для того щоб можна було одночасно з вимірюванням потужності дози гамма-випромінювання проводити оцінку ступеня забруднення поверхонь щодо

корпускулярного випромінювання, використовуються комбіновані дозиметричні прилади – дозиметри-радіометри. Вони складається з центрального блоку обробки інформації, до якого підключаються блоки детектування для вимірювання різних видів радіоактивного випромінювання. Блоки детектування можуть кріпитися на подовжуючу штангу і, залежно від детектора, вимірюють гамма-, бета-, альфа-, рентгенівське, нейтронне випромінювання [6].

За призначенням всі прилади розподіляються на такі групи:

- індикатори - для визначення випромінювань і орієнтовної оцінки потужності дози, головним чином, бета і гамма-випромінювань. За їх допомогою можна встановити збільшення або зменшення потужності дози;
- рентгенометри - для вимірювання потужності дози рентгенівського або гамма-випромінювання;
- радіометри - для визначення ступеню радіоактивного зараження поверхонь, устаткування, майна, повітря, харчових продуктів і води альфа- і бета-частинками;
- дозиметри - для визначення підсумкової дози опромінювання, яку може одержати людина за час перебування у зонах радіоактивного зараження[7].

Україна має законодавчий документ, де зафіксовані норми радіаційної безпеки (НРБУ-97). Так річна норма допустимого опромінювання мешканця України не повинна перевищувати 0,2 бера (бер - біологічний еквівалент рентгена). Для спеціалістів, які працюють, наприклад, з рентген обладнанням чи іншою апаратурою, яка опромінює, - 2 бера. Окрім цього документа, існує ще один – «Система норм та правил зниження рівня іонізуючих випромінювань природних радіонуклідів у будівництві» (ДБН В. 1.4-2.04-97). Відповідно до нього, показники радіоактивного випромінювання у житлових приміщеннях, громадських місцях, на дорогах, які були збудовані до першого січня 1992 року,

не повинні перевищувати 50 мікрорентген на годину, а якщо після першого січня - то 30 мікрорентген на годину [7].

Метеослужба вимірює рівень радіаційного фону лише в одному місці. І говорити, що його рівень скрізь однаковий по місту, не можна. Щодня фіксують показники фону - дозиметр встановлено на території санстанції. Радіаційний фон, який ми вимірюємо, - це сукупність природного та техногенного (того фону, який виник у результаті життєдіяльності людини). Рішення про евакуацію населення приймається тоді, коли протягом десяти днів радіаційний фон тримається на позначці 0,02 рентгена на годину [7].

1.4. Забруднення ґрунтів радіонуклідами

Унаслідок Чорнобильської катастрофи значні території України (більше 5млн.га) були забруднені радіонуклідами.

Радіонуклідне забруднення торкнулося десятків мільйонів людей у Східній і Центральній Європі, частині Азії (турецький чай часто має в собі надмірну концентрацію ізотопів з ЧАЕС) і навіть на інших материках.

Звичайно, найгустіше посипані радіоізотопами землі лежать навколо ЧАЕС, але й за сотні кілометрів атмосферні потоки і дощі забруднили поля і ліси леткими радіонуклідами до небезпечного рівня. Елементами-рекордсменами за відстанню поширення стали інертні гази (на всю Північну півкулю), йод і цезій — на тисячі кілометрів. Гранично допустимі концентрації останніх перевищені не лише навколо ЧАЕС у Білорусі, Україні й Росії, а й у Швеції, Фінляндії, Німеччині, Польщі, на Балканах, у Туреччині (рис. 8).

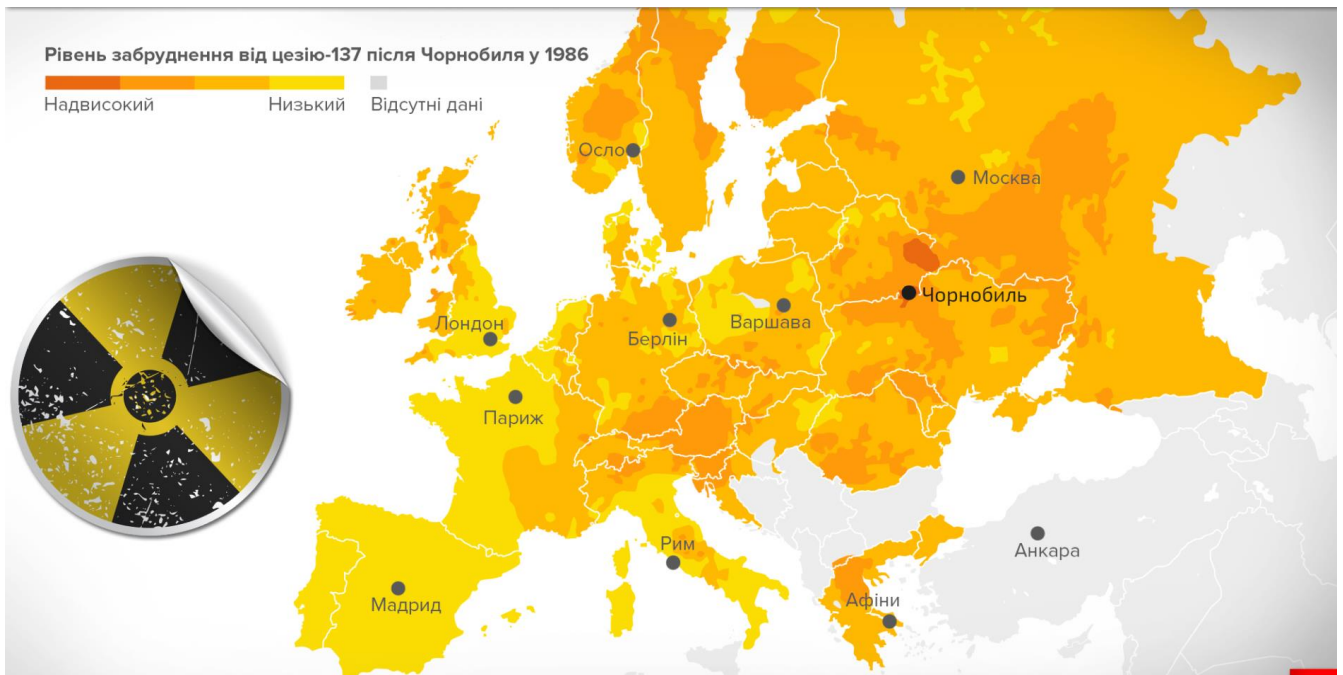


Рис.8 Карта радіонуклідного забруднення внаслідок ЧАЕС, 1986р.

Найповніша інформація стосується забруднення цезієм-137 з періодом напіврозпаду близько 30 років і цезієм-134 (2,06 року).

У ланцюжку їх розпаду є γ -проміння, яке можна реєструвати з літаків чи вертольотів. На картах зазначаються забруднення з рівня понад 1 кюрі на квадратний кілометр, бо для частини ґрунтів він веде до надмірного забруднення молока, яке отримують від худоби, що споживає рослини з коротким корінням (траву, зернові). Такі «цезієві» зони зустрічаються в Україні в усьому Поліссі від Десни до східного краю Волинської області (смуга суцільна), навколо Канева, Узина, Таращі, на південь від Вінниці. Менші «цезієві плями» налічуються десятками від Прикарпаття до Криму і Сходу. Загальна площа забруднення цезієм в інтервалі 1—5 Кі/км² в Україні перевищує 10 000 км² [1].

1.5. Радіонуклідне забруднення водних об'єктів

Починаючи з 40-х років ХХ століття, внаслідок випробування і застосування у військових цілях ядерної зброї, розвитку атомної енергетики, широкого використання джерел іонізуючого випромінювання у медицині, техніці та інших сферах діяльності людини почало прогресувати забруднення довкілля, в тому числі гідросфери, штучними радіонуклідами [7].

За станом на кінець 2000 р. в Україні експлуатувалися п'ять атомних електростанцій. Атомні електростанції використовують як джерела водопостачання: Запорізька — Каховське водосховище, Рівненська - р. Стир (притока р. Прип'яті), Хмельницька - р. Горинь (притока р. Прип'яті), Чорнобильська (зупинена в 2000 р.) - р. Прип'ять, Південно-Українська - р. Південний Буг. У басейні р. Десни на території Росії працюють Курська і Смоленська АЕС. Курська розміщена на притоці Десни р. Сейм. Водозабезпечення Смоленської АЕС здійснюється з водосховища, побудованого шляхом перекриття верхньої частини русла р. Десни дамбою. Розвинута атомна енергетика і в країнах басейну р. Дунай: у Болгарії, Угорщині, ФРН, що загострює радіоекологічні проблеми нижньої ділянки цієї ріки в межах України. У складі викидів та скидів АЕС містяться продукти поділу ядерного палива. До їх числа входять інертні радіоактивні гази (ізотопи криптону, ксенону та ін.), ^3H , ^{14}C , ^{90}Sr , ^{131}I , ^{134}Cs , ^{137}Cs та ін. У складі забруднень значну питому вагу становлять продукти корозії матеріалів активної зони реактора: ^{51}Cr , ^{54}Mn , ^{55}Fe , ^{65}Zn та ін.

Природні та штучні радіонукліди, що містяться у водних екосистемах, генерують іонізуюче випромінювання. Дія іонізуючого випромінювання на речовини та організми призводить до іонізації - відриву електронів від атомів. Виникнення іонів атомів і молекул супроводжується індукцією хімічних та біологічних реакцій у клітинах, тканинах і органах гідробіонтів. Іонізуючі випромінювання здатні розривати будь-які хімічні зв'язки та індукувати

повільні хімічні реакції з великими іонними виходами. При цьому в процесі розвитку радіаційного ураження залучається величезна кількість макромолекул які безпосередньо не зачеплені опроміненням. Це значно посилює біологічну дію опромінення і підвищує загальний рівень якісних і кількісних руйнувань в клітинах і організмах [8].

Відсутність або принаймні недостатність процесів, відповідальних за відновлення пошкоджених структур, призводить до виникнення різних за глибиною, масштабами і накопиченням у часі пошкоджень біологічних структур на різних рівнях організації. Променеве ураження гідробіонтів здійснюється у кілька умовних етапів і тісно пов'язане з рівнями біологічної організації:

1. рівень атомно-молекулярний: відбуваються надзвичайно швидкоплинні (від 10^{-16} до 1 секунди) фізичні процеси поглинання енергії елементарними структурами (хромосоми, мембрани та ін.) і молекулами клітин, що супроводжується утворенням збуджених, іонізованих молекул і вільних радикалів.
2. рівень радіаційно-хімічних процесів (секунди-хвилини): відбуваються радикальні реакції, ланцюгові процеси, пряма і непряма дія радіації та первинна зміна надмолекулярних клітинних структур.
3. рівень біохімічної клітинної організації (хвилини-години): змінюється енергетика, опосередковано діє радіація на ДНК і порушується координація дії ферментних систем.
4. рівень цілісних організмів (години-місяці): прояви аномалій в рості та розвитку, морфологічні зміни окремих органів і організму в цілому, порушення різних фізіологічних та біохімічних реакцій, генетичні порушення, скорочення життя, загибель.
5. рівень популяцій (місяці-десятиліття): порушення структурно-функціональних і фенотипічних показників популяцій.

б. рівень ценозів (роки-століття): порушення трофічних взаємовідносин, посилення селективних процесів, зниження видового різноманіття і дестабілізація популяційно-генетичної структури гідробіоценозів.

Під дією іонізуючого випромінювання у гідробіонтів виникають радіаційна стимуляція, порушення різних фізіологічних і біохімічних реакцій, найрізноманітніші аномалії росту та розвитку, морфологічні зміни окремих органів і організму в цілому, спадкові зміни, скорочення тривалості життя і, нарешті, загибель. Зміни в біосистемах під впливом іонізуючого випромінювання отримали назву радіобіологічних ефектів.

Таким чином, радіонуклідне забруднення водою супроводжується як прямим ураженням біосистем внаслідок дії іонізуючого випромінювання, так і опосередковано - через порушення збалансованих структурно-метаболічних зв'язків у гідробіоценозах. Якщо ураження гідробіонтів на атомно-молекулярному рівні проявляються протягом часток секунди, то на рівні популяцій - через роки - століття. Можливість проявлення віддалених у часі наслідків зобов'язує сучасне суспільство відноситись з великою відповідальністю до проблем охорони гідросфери Землі від радіонуклідного забруднення. При цьому необхідно мати на увазі, що за умов складного поєднання діючих природних та антропогенних факторів у гідробіонтів виникають зміни різного типу - від таких, що легко відновлюються, як, наприклад, інтенсивність фотосинтезу або дихання, до глибоких і незворотніх порушень у життєдіяльності найбільш стійких популяцій гідробіонтів, вимирання окремих видів і регресії гідробіоценозів. Якісні та кількісні зміни у водному середовищі завжди випереджають адаптаційні процеси гідробіонтів, які відбуваються з деяким запізненням. Час адаптації гідробіонтів залежить від сили діючих факторів, а також від метаболічної пластичності і здатності організмів пристосовуватись до змін, що відбуваються у водному середовищі.

Короткочасна зміна інтенсивності фотосинтезу або дихання під впливом хімічного забруднення або дії температури на найбільш чутливі особини буде

відповідати події першого рівня (компенсаційні зміни в метаболізмі найбільш чутливих особин). Численні фактори, зокрема специфічні токсиканти, спричиняють порівняно вузько спрямовану дію, як, наприклад, сполуки - інгібітори фотосинтезу, здатні викликати загибель фотосинтезуючих організмів.

Загибель фотосинтезуючих організмів і втрата біологічної цінності водної екосистеми згідно наведеної шкали відповідають рівню події з оцінкою у десять балів, що відображає максимально можливі порушення [7].

3/4 всього фотосинтезу та O_2 в світі виробляють водорості. Таким чином, біологічні системи водних об'єктів, що сформувалися в процесі багатовікової еволюції, зіткнулися з надзвичайно різноманітним антропогенним впливом, який особливо гостро проявляється у прогресуючому хімічному, тепловому та радіонуклідному забрудненні, що призводить до зниження видового різноманіття, спрощення трофічних ланцюгів і регресу гідробіоценозів [8].

1.6. Вплив радіонуклідного забруднення на біорізноманіття

Вплив радіоактивного забруднення на біологічні об'єкти має прояви на всіх рівнях організації від вірусів до екосистем. Особливо яскраво ці ефекти виражені в межах Чорнобильської Зони відчуження, де біологічні об'єкти зазнали критичних рівнів ураження. З плином часу гострі прояви, такі як відмирання сосни та поява «Рудого лісу», змінюються на повільне відновлення біоти, яке супроводжується появою радіостійких форм, ослабленням природної стійкості до вірусних інфекцій та паразитів, появою мутантних форм, пригнічення росту, зниженням репродуктивної здатності та генетичними змінами за умов низькодозового опромінення в довгостроковій перспективі (рис 9).



Рис. 9 Приклад мутації

Зростання частоти виявлення вірусів спостерігається на забрудненій радіонуклідами території Зони відчуження, у тому числі значно вища частота виявлення вірусів рослин для рослинності 30-км зони. В першу декаду після аварії спостерігались істотні зміни видового складу мікроорганізмів у різних місцезростаннях. Показано, що у бактерій за умов підвищеного рівня радіоактивних забруднень субстрату зростала швидкість утворення мутантних форм, що вказує на можливість появи більш радіостійких форм. Сформувались штами грибів, збагачених на вміст меланінів.

Біота найбільш забруднених водоймищ характеризується високим рівнем радіоактивного забруднення. У тканинах риб нагромаджується не тільки цезій-137, але й стронцій-90 й ізопопи плутонію і америцій, що спричиняє пошкодження репродуктивних тканин. У клітинах безхребетних тварин уражених водойм спостерігається підвищення рівню клітин з абераціями хромосом приблизно в 10 разів у порівнянні з «чистими» водоймами.

У амфібій та гризунів, котрі мешкають у Зоні відчуження, відбувається накопичення радіонуклідів у кістковій тканині, що призводить до розвитку дистрофічних перебудов в губчастих кістках, розшарування кісткових пластинок.

У поколіннях великої рогатої худоби, яка в перший рік аварії отримала дози біля 0,8 Гр•рік-1 (від ^{137}Cs), спостерігається: зниження плодючості та підвищення смертності новонароджених, зміни генетичної структури у поколіннях за умов низькодозового опромінення співпадають з реакціями популяції на екстремальні впливи чинників іншої, нерадіаційної природи.

Отже, основна відповідь тваринного організму на хронічну дію іонізуючого випромінювання полягає в відборі нових генних сполучень в наступних поколіннях.

В структурі порід лісів зони відчуження переважають насадження сосни звичайної. Крайнім виразом радіобіологічної відповіді рослин була загибель сосен та ялин на території, котра отримала назву «Рудого лісу». Початкові дози опромінення тут були дуже високими, про що свідчить наявність загиблих не лише голкових дерев, але й деяких листяних порід, як, наприклад, береза та вільха чорна. Середні значення поглинутих цими деревами доз перевищували 170 Гр. У цих місцях загинули різні види як рослин, так і тварин [9].

1.7. Динаміка радіаційного забруднення

Викид радіоактивних речовин в результаті Чорнобильської катастрофи відбувався протягом достатньо довгого часу з різних частин активної зони, з різним ступенем вигорання палива і, отже, із різним радіонуклідним складом викиду, що призвело до неоднорідного забруднення радіоактивного значної території як за рівнем, так і за складом радіонуклідів. Загальна активність речовин, що потрапили за межі реактора у довкілля, становить близько 13

ЕксаБеккерелів (понад 300 МКі), до складу яких в значній кількості входили й аналоги біогенних елементів, таких як калій і кальцій — ^{137}Cs і ^{90}Sr [9].

Опади, що пройшли у першій декаді жовтня на всій території країни, обумовили очищення приземного шару атмосфери від аерозольних часток. На всіх пунктах контролю відмічено деяке зниження концентрації бета-випромінюючих радіонуклідів. Сумарна бета-активність приземної атмосфери, яка визначається переважно природними радіоактивними елементами – ізотопами урану, торію та продуктами їх розпаду, знаходилась протягом місяця в межах $7,2 \times 10^{-5}$ – $21,8 \times 10^{-5}$ Бк/м³, в середньому по країні $11,6 \times 10^{-5}$ Бк/м³ (у вересні $19,0 \times 10^{-5}$ Бк/м³). Концентрація техногенного цезію-137 на більшості пунктів контролю (за винятком зони відчуження) коливалась в межах $0,03 \times 10^{-5}$ – $0,5 \times 10^{-5}$ Бк/м³, в середньому $0,20 \times 10^{-5}$ Бк/м³ (у попередньому місяці $0,23 \times 10^{-5}$ Бк/м³). На пункті контролю Чорнобиль (зона відчуження) декадні концентрації цезію-137 знаходилися у діапазоні $0,4 \times 10^{-5}$ – $0,6 \times 10^{-5}$ Бк/м³, в середньому $0,53 \times 10^{-5}$ Бк/м³.

Об'ємна активність космогенного берилію-7 в повітряних аерозолях коливалась в межах 69×10^{-5} – 926×10^{-5} Бк/м³.

Перевищень допустимих (за НРБУ-97) концентрацій радіонуклідів у атмосферному повітрі протягом жовтня 2019 року на території України не зареєстровано [10].

Сумарна бета-активність атмосферних випадань на території України у вересні складала в середньому $1,6$ Бк/м² за добу (у попередньому місяці $1,7$ Бк/м² за добу). Діапазон середньомісячних значень щільності бета-активних випадань на пунктах мережі спостережень становив $1,2$ – $1,9$ Бк/м² за добу, найбільшій вміст бета-випромінюючих радіонуклідів у випаданнях ($3,2$ Бк/м² за добу) спостерігався у пробі, відібраній 1-2 вересня на пункті контролю Львів. Вміст цезію-137 у атмосферних випаданнях на більшості пунктів контролю знаходився в межах $0,1$ – $0,7$ Бк/м² за місяць, в середньому $0,32$ Бк/м² за місяць, (у серпні $0,28$ Бк/м² за місяць). На пунктах контролю зони гарантованого

добровільного відселення щільність випадань цезію-137 складала: на М Коростень $1,2 \text{ Бк/м}^2$ за місяць, на М Овруч не перевищувала $0,6 \text{ Бк/м}^2$ за місяць. На пункті контролю, розташованому у зоні відчуження (М Чорнобиль) вміст цезію-137 у випаданнях у вересні не перевищував $0,6 \text{ Бк/м}^2$ за місяць [10].

Щільність випадань космогенного берилію-7 на території України коливалась в межах $31-198 \text{ Бк/м}^2$ за місяць .

Вміст радіонуклідів у воді Верхнього Дніпра в районі с. Неданчичі у вересні порівняно із серпнем істотно не змінився і становив: $^{90}\text{Sr} - 6,5 \text{ Бк/м}^3$, $^{137}\text{Cs} - 2,4 \text{ Бк/м}^3$ у розчині та $0,9 \text{ Бк/м}^3$ у зависі.

У воді Десни в районі м. Чернігова вміст радіонуклідів у вересні порівняно із серпнем суттєво не змінився і становив: $^{90}\text{Sr} - 5,1 \text{ Бк/м}^3$; $^{137}\text{Cs} - 1,2 \text{ Бк/м}^3$ у розчині та не перевищував $0,4 \text{ Бк/м}^3$ у зависі.

Вміст радіонуклідів у верхній частині Канівського водосховища (м. Київ, Гідропарк) порівняно з попереднім місяцем збільшився на 15-70% і становив: $^{90}\text{Sr} - 21,6 \text{ Бк/м}^3$, $^{137}\text{Cs} - 10,9 \text{ Бк/м}^3$ у розчині та $6,2 \text{ Бк/м}^3$ у зависі. У нижній частині водосховища (м. Канів) концентрація радіонуклідів суттєво не змінилася і становила: $^{90}\text{Sr} - 19,7 \text{ Бк/м}^3$, $^{137}\text{Cs} - 4,9 \text{ Бк/м}^3$ у розчині та $1,7 \text{ Бк/м}^3$ у зависі.

Радіаційний стан у районах розташування атомних електростанцій у вересні 2019 року був стабільним. Потужність експозиційної дози гамма-випромінення на пунктах спостереження, розташованих в зонах впливу АЕС, знаходилась в межах:

- Запорізька АЕС 8-19 мкР/год,
- Южно-Українська АЕС 9-18 мкР/год,
- Рівненська АЕС 8-18 мкР/год,
- Хмельницька АЕС 8-17 мкР/год,
- Чорнобильська АЕС 8-23 мкР/год [10].

Хоч на сьогоднішній день на території України критичний рівень радіації відсутній, проте ізотопи все ще мігрують у навколишньому середовищі та

впливають на нього. Не варто забувати, що на території України 5 атомних станцій, з них 4 функціонують, залягання та видобування радіоактивних руд, нестабільна політична ситуація — все це ризики повторних викидів радіонуклідів в навколишнє середовище.

Світова ситуація не краща. В сучасній історії є приклади ядерних аварій, зокрема:

- Аварія на АЕС Чолк-Рівер (Chalk River), Канада, 12.12.1952;
- Аварія реактора EBR-1, Айдахо, США, 29.11.1955;
- Аварія в Уіндскейлі (Windscale), Велика Британія, 10.10.1957;
- Аварія на АЕС «Сен Лоран» (Saint-Laurent), Франція, 17.10.1969;
- Аварія на АЕС Три-Майл-Айленд (Three Mile Island), Пенсильванія, США, 28.03.1979;
- Аварія на Чорнобильській АЕС, СРСР, 26.04.1986;
- Аварія в Токаймура (Tokaimura), Японія, 30.09.1999;
- Аварія на Фукусімській АЕС (Fukushima), Японія, 11.03.2011;
- Аварія на підводному човні К 27, СРСР, 17.10.1969тощо [11].

Такі світові інциденти також мали місце в історії забруднення навколишнього середовища :

- 21 квітня 1964 падіння супутника «Транзит-5В» з ядерною енергетичною установкою SNAP-9A на борту.
- Радіоактивне забруднення внаслідок наземних термоядерних вибухів на атолах Еніветок і Бікіні.
- Радіологічний інцидент в Гоянії 1987 рік.
- Руйнування трьох плутонієвих ядерних бомб в селі Паломарес (Іспанія) 1966 року.
- Руйнування чотирьох термоядерних бомб в авіакатастрофі над Гренландією, 1968 рік. Взагалі відомо приблизно про 20 авіаційних інцидентів в США з втратою і/або руйнуванням ядерної зброї. В СРСР такі випадки були засекреченими від громадськості та екологів.

- Аварія на підводному човні К-19.
- Аварія на АЕС Фукусіма-1 в 2011 році в Японії.
- Радіаційний викид рутенію-106 на Південному Уралі (2017) [11].

Станом на 2017 рік у світі функціонує 191 АЕС, 448 енергоблоки, 9 держав володіють атомною зброєю. Також варто зазначити, що ядерні держави (за непідтвердженою інформацією) все ще проводять випробовування ядерної зброї. Отже, дослідження теми радіонуклідного забруднення є актуальним не лише для України, але і для світу.

РОЗДІЛ 2

ОРГАНІЗАЦІЯ І ВЕДЕННЯ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКОЇ ДІЯЛЬНОСТІ

Ведення сільськогосподарського виробництва на забруднених радіонуклідами територіях має здійснюватись згідно з положеннями концепції проживання населення на території України з підвищеними рівнями радіаційного забруднення внаслідок Чорнобильської катастрофи, з додержанням норм радіаційної безпеки і основних санітарних правил і забезпечувати виробництво продуктів харчування, вміст в яких радіоактивних речовин не перевищує допустимих рівнів.

Таким чином, у господарствах на забруднених радіонуклідами територіях необхідно вирішувати наступні завдання:

- Виробництво сільськогосподарської продукції, споживання якої без обмежень не призведе до перевищення середньорічної ефективної еквівалентної дози опромінення людини 0,1 сЗв (0,1 бер) на рік понад дозу, яку вона отримувала у доаварійний період.
- Впровадження у виробництво заходів щодо зменшення вмісту радіонуклідів у продукції до рівня, що не перевищує встановлених рівнів, з урахуванням їх економічної доцільності.
- Проведення протиерозійних заходів запобігання міграції радіонуклідів на незабруднені угіддя, у водойми, на території населених пунктів тощо[12].

Різні рівні забруднення території зумовлюють формування кількох зон. У законі України «Про правовий режим території, яка зазнала радіоактивного забруднення внаслідок Чорнобильської катастрофи» визначені наступні категорії територій:

1. Зона відчуження — територія, де проведено евакуацію населення у 1986р.

2. Зона безумовного (обов'язкового) відселення— з щільністю забруднення ґрунту в порівнянні з доаварійним рівнем ^{137}Cs більше 15 Кі/км^2 , ^{90}Sr — більше 3 Кі/км^2 , де розрахункова ефективна еквівалентна доза опромінення людини з урахуванням коефіцієнтів міграції радіонуклідів в рослини та інших факторів може перевищити 5 мЗв ($0,5 \text{ бер}$) за рік понад дозу у доаварійний період.
3. Зона гарантованого добровільного відселення — з щільністю забруднення ґрунту в порівнянні з доаварійним рівнем ^{137}Cs від 5 до 15 Кі/км^2 , ^{90}Sr — від $0,15$ до 3 Кі/км^2 , де розрахункова ефективна еквівалентна доза опромінення людини з урахуванням коефіцієнтів міграції радіонуклідів в рослини та інших факторів може перевищити 1 мЗв ($0,1 \text{ бер}$) за рік понад дозу у доаварійний період.
4. Зона посиленого радіоекологічного контролю — з щільністю забруднення ґрунту в порівнянні з доаварійним рівнем ^{137}Cs від 1 до 5 Кі/км^2 , ^{90}Sr — від $0,005$ до $0,01 \text{ Кі/км}^2$, де розрахункова ефективна еквівалентна доза опромінення людини з урахуванням коефіцієнтів міграції радіонуклідів в рослини та інших факторів може перевищити $0,5 \text{ мЗв}$ ($0,05 \text{ бер}$) за рік понад дозу у доаварійний період [12].

Зональний принцип ведення сільськогосподарського виробництва залежно від щільності забруднення угідь не є підставою для вирішення питань про евакуацію чи реевакуацію населення, проведення тих чи інших робіт. Тому точнішим показником має бути величина поглинутої населенням ефективної еквівалентної дози як головного чинника, що визначає радіобіологічні ефекти. Еквівалентна доза опромінення населення визначається не тільки щільністю радіоактивного забруднення території, а й комплексом екологічних факторів, що впливають на міграцію радіонуклідів по харчовому ланцюжку. Залежно від них в окремих видах сільськогосподарської продукції може бути однакова концентрація радіонуклідів при виробництві на площах з різними рівнями

забруднення. На деяких територіях можуть бути одержані продукти, що містять більшу кількість радіонуклідів, ніж одержані на площах з вищими рівнями забруднення. Тому рішення про можливість проживання і ведення сільськогосподарського виробництва на забруднених територіях приймається не тільки на підставі даних про рівень забруднення ґрунту, а й з урахуванням комплексу екологічних факторів [12].

2.1. Організація і ведення рослинництва

Рослинництво – це галузь сільського господарства, яка займається вирощуванням культурних рослин (рис.2.1) [13].



Рис. 2.1 Галузева структура рослинництва

Найважливішою метою в організації ведення рослинництва є зменшення потоку радіонуклідів, що надходять у раціон населення із сільськогосподарською продукцією із забруднених ґрунтів. Цього можна досягти за виробництва сільськогосподарської продукції, в якій вміст цезію-137

і стронцію-90 не перевищував би встановлених законом допустимих рівнів (ДР-97), які порівняно з ВДУ-91 стали істотно жорсткішими.

На всіх рівнях організації сільськогосподарського виробництва (область - район - господарство - подвір'я) необхідно чітко визначити найкритичніші ланки (території, ділянки, поля), керуючись картою радіоактивного забруднення і типом ґрунтів. При цьому ґрунти за критичністю за цезієм-137 можна розташувати в такому спадаючому порядку: торфовища заболочені > торфовища осушені > дерново-підзолисті піщані > дерново-підзолисті супіщані > дерново-підзолисті суглинисті > сірі лісові > чорноземи. Це дає змогу концентрувати бюджетні кошти на найважливіших ділянках виробництва.

Критичність угідь визначають за даними радіологічного контролю виробленої продукції з урахуванням ДР-97 або методу прогнозу із застосуванням коефіцієнтів пропорційності (переходу) (таб. 2.1). З цією ж метою можна використовувати значення граничних щільностей забруднення ґрунтів цезієм-137, що використовуються за вирощування кормових культур для заключної стадії відгодівлі великої рогатої худоби.

На рівні господарств - колективних і приватних - необхідно визначити пріоритети запобіжних заходів. В рослинництві вони такі:

1. виробництво чистих кормів для дійних корів, м'ясної худоби на заключній стадії відгодівлі та корів приватних підсобних господарств населення;
2. забезпечення продуктами дитячого харчування;
3. виробництво овочів і картоплі, з польових культур лише гречка, горох та люпин потребують контрзаходів.

Таблиця 2.1.

Перехід цезію-137 з дерново-підзолистого ґрунту в різні види кормових культур

№	Культура	Коефіцієнт пропорційності	Культура	Коефіцієнт пропорційності
---	----------	---------------------------	----------	---------------------------

		(переходу), (Бк/кг)/(кБкм ²)		(переходу), (Бк/кг)/(кБкм ²)
1	2	3	4	5
1	Кукурудза, зерно	0,01	Грястиця, зелена маса	0,2
2	Костриця, зелена маса	0,02	Пайва, зелена маса	0,2
1	2	3	4	5
3	Вівсяниця, зелена маса	0,05	Мальва, зелена маса	0,3
4	Тимофіївка, зелена маса	0,05	Турнепс, корнеплоди	0,3
5	Картопля, бульби	0,10	Вика,зелена маса	0,3
6	Свиріпа, зелена маса	0,10	Ріпак,зелена маса	0,4
7	Ячмінь: зелена маса зерно солома	0,10	Люцерна,зелена маса	0,5
		0,10	Конюшина,зелена маса	0,5
		0,20	Редька, корнеплоди	0,6
8	Овес: зелена маса зерно солома	0,1	Капуста кормова	0,7
		0,2	Буркун, зелена маса	1,2
		0,3	Амарант, зелена маса	1,5

Таблиця 2.2.

Гранична щільність забруднення ґрунтів С8-137 при вирощуванні кормових культур, які використовуються на заключній стадії відгодівлі ВРХ, кБк/м

№	Тип ґрунту
---	------------

	Культура (вид кормів)	Торфово-глейовий осушений	Дерново-підзолистий супіщаний	Чорнозем важко-суглинистий
1	2	3	4	5
1	Капуста кормова	7	110	740
2	Конюшина, зелена маса	18	165	740
1	2	3	4	5
3	Ріпак, зелена маса	18	185	1480
4	Турнепс, коренеплоди	18	370	740
5	Сіяні трави, зелена маса: бобові злакові	18	370	740
		37	550	2960
6	Буряк, коренеплоди	55	370	1850
7	Овес: солома зелена маса зерно	55	550	1850
		74	740	2960
		92	740	2960
8	Кукурудза, силос	92	740	2960
9	Картопля, бульби	185	740	2960
10	Ячмінь: зелена маса солома зерно	185	740	2960
		185	740	2960
		277	1110	2960

Необхідно визначити найефективніші з економічної та радіологічної точок зору запобіжні заходи для кожного конкретного господарства. Якщо в перші післяаварійні роки, коли забруднення травостою визначалось, в основному, дернинним надходженням цезію-137, докорінне поліпшення лук було найефективнішим заходом (досягалось 10-20-разове зниження забруднення травостою). Нині на докорінно поліпшених після аварії луках поверхневе поліпшення може знизити забруднення травостою лише втриє. Це зниження буде зумовлене внесенням вапна і добрив та підсівом травосумішок.

Пріоритетність в проведенні цих робіт на луках така:

1. Перезволожені:

- на органогенних ґрунтах - вище 18,5 кБк/м²;
- на мінеральних ґрунтах - вище 111 кБк/м².

2. Малопродуктивні, сухі:

- на органогенних ґрунтах - вище 37 кБк/м²;
- на мінеральних ґрунтах - вище 185 кБк/м².

Проте найефективнішим заходом у нинішніх умовах є раціональне використання цих угідь. Луки з найбільшим забрудненням травостою використовують для випасання та заготівлі сіна для відгодівлі молодняка дійного стада і на початку відгодівлі м'ясної худоби. При цьому вміст ¹³⁷Cs у траві і сіні для цієї мети практично не регламентується. Для годівлі дійних корів колективних та приватних господарств, для м'ясної худоби на заключній відгодівлі виділяють луки з мінімальним забрудненням травостою. Для молочної худоби вміст цезію-137 в траві не повинен перевищувати 200 Бк/кг (в сіні - 800 Бк/кг), а для молочних корів, від яких одержують молоко для дитячого харчування, - не більше 80 Бк/кг (в сіні - 320 Бк/кг). Для м'ясної худоби на заключній відгодівлі вміст цезію-137 в траві і сіні повинен бути вдвоє нижчим, ніж для молочної. Якщо раціональне використання лук не дає змоги забезпечити поголів'я кормами, вживають запобіжних заходів або закладають нові пасовища і сінокоси на орних землях, при цьому вміст цезію-137 в ґрунті не повинен перевищувати: для дерново-підзолистих - 370-555 кБк/м² залежно від типу лук для торфових осушених - не більш 37 кБк/м²). Забруднення травостою визначають методом відбору проб трави та їх спектрометрії.

Технологія виробництва продукції рослинництва. Продукція дитячого харчування. Одне з пріоритетних завдань держави на забруднених після аварії територіях - радіологічно безпечне харчування дітей шкільних і дошкільних закладів. Продукти дитячого харчування повинні мати мінімально можливий для конкретних умов вміст радіонуклідів. Для виробництва необхідної кількості

молока для дитячого харчування необхідно підібрати ділянку пасовища або сінокошу потрібної площі з урахуванням щільності забруднення ґрунту не більше 185 кБк/м². В умовах Полісся для виробництва молока для дітей необхідно виділяти пасовища і сіножатті на мінеральних ґрунтах і продуктивних докорінно поліпшених луках. За відсутності природних кормових угідь, що відповідають цим вимогам, слід здійснити комплекс робіт для залуження орної землі. Розмір ділянки підбирають з урахуванням кількості дітей, добового споживання продуктів, продуктивності сінокосів і пасовищ (урожайності кормових культур), продуктивності тварин. Орієнтовно для 100 дітей при середньодобовому споживанні 1 л (кг) молока на дитину та молокопродуктів і середньодобовій продуктивності корів 8-9 л, потрібно 12 корів та 5 га пасовищ. Для виробництва рослинницької продукції (картоплі, коренеплодів, овочів) для дитячого харчування придатна практично будь-яка орна земля на мінеральних, відносно родючих ґрунтах. Розмір ділянки визначають з урахуванням кількості дітей, добового споживання продуктів і врожайності культур. Орієнтовно для 100 дітей на рік потрібно: картоплі - 12, капусти - 4, буряків, моркви і огірків - по 2, цибулі і зелені - по 0,8 т. При врожайності картоплі - 120 ц/га, капусти - 80, буряків, моркви, огірків, цибулі і зелені - 50 ц/га потрібно орної землі: під картоплю -1 га, капусту - 0,5, буряк, моркву і огірки - по 0,4, цибулю і зелень - по 0,2 га (всього ріллі - 3,3 га). На цій ділянці необхідно внести органічні і мінеральні добрива. За необхідності ділянку вапнують в загальноприйнятих дозах по азоту та у співвідношенні N:P:K= 1:1,5:2.

Виробництво кормів для великої рогатої худоби. Забезпечення поголів'я худоби приватних підсобних господарств (ППГ) чистими кормами повинно мати пріоритетний характер, оскільки в цій ланці найінтенсивніший потік надходження радіонуклідів до організму людини. Поголів'я худоби ППГ забезпечують пасовищами і сінокосами, докорінно поліпшеними після аварії, з розрахунку 0,5 га/гол для випасання і 0,5 га/гол для сінокошу. На таких угіддях

здійснюють комплекс робіт поверхневого поліпшення лук відповідно до норм, наведених у табл. 2.3.

Таблиця 2.3.

Мінімальні щільності забруднення ґрунтів для проведення комплексу робіт по поверхневому поліпшенню на луках, виділених для ППГ, кБк/м²

№	Муліоративні роботи	Дерново-підзолистий	Торфовий	
			осушений	Вологий, заболочений
1	2	3	4	5
1	Вапнування	370	37	3,7
2	Внесення добрив	185	74	18,5
3	Підсів трав, за врожайності зеленої маси менше: для дерново-підзолистих ґрунтів 0,5 кг/м ² для важких глейових ґрунтів 1,0 кг/м ²	370	37	3,7

Молочні стада громадських господарств так само, як і стада м'ясних корів з телятами на підсисі, забезпечують пасовищами з щільністю забруднення ґрунту цезієм-137 не більше 370 кБк/м² для дерново-підзолистих ґрунтів і не більше 37 кБк/м² для торфового осушеного ґрунту. Для поголів'я молодняка (як м'ясного, так і молочного напрямів) використовують лучні угіддя без обмежень.

Сіно з лук, різних за щільністю забруднення, складають окремо і використовують для різних груп тварин. Сіно з ділянок лук, забруднених цезієм-137 до 370 кБк/м² на дерново-підзолистому ґрунті і до 37 кБк/м² на торфовому осушеному, використовують для молочної і м'ясної худоби на заключній відгодівлі. Сіно з решти ділянок використовують для дорощування молодняка і м'ясної худоби на початковій стадії відгодівлі. Виробництво овочів.

Технологія вирощування овочевих культур на забрудненій території загальноприйнята, однак розміщення овочевих культур потребує диференційованого підходу, при цьому можна керуватися даними таблиці 2.4.

Таблиця 2.4.

Розміщення овочевих культур на дерново-підзолистих супіщаних ґрунтах

№	Групи культур	Культури	КП, (Бк/кг)/(кБ/м ²)	Максимально допустиме забруднення,кБ/м ²
1	2	3	4	5
1	1	Перець солодкий, гіркий; помідори, морква, цибуля, гарбуз мигдальний, кабачки, огірки, часник	0,01-0,05	555
2	2	Картопля, капуста червоноголова, помідори, перець гіркий, редис, гарбуз “Стофунтовий”, патисон	0,05-0,1	555
3	3	Квасоля, капуста білоголова, редька біла, зеленні листові	0,1-0,15	370
4	4	Капуста цвітна, редька зимова	0,15-0,2	185
5	5	Буряки столові, редька чорна	0,2-0,3	148

Під такі овочі, як буряки, зеленні листові овочі, капусту і картоплю вживають запобіжних заходів - як правило, агрохімічні меліорації (вапнування, внесення мінеральних калійних і органічних добрив), за допомогою яких підвищується урожайність і знижується перехід цезію-137 в урожай. Зернові і технічні культури. На сучасному етапі застосовують загальноприйняті для цих культур і зон технології вирощування. За вирощування гороху і гречки для продовольства виділяють малозабруднені і найродючіші ґрунти. Під ці культури необхідне внесення калійних добрив у дозі 120-180 кг/га.

Вирощування хмелю і льону в зоні забруднення ґрунтів до 555 кБк/м² не потребує будь-яких обмежень на сучасному післяаварійному етапі.

Садівництво та вирощування ягід. Нині ведення садівництва у зоні забруднення ґрунтів до 555 кБк/м² не потребує будь-яких обмежень. Ягоди, вирощені на землях, забруднених вище 370 кБк/м² потребують радіологічного контролю.

2.2. Організація та ведення тваринництва

Тваринництво – це галузь сільського господарства, яка займається розведенням великої рогатої худоби, свинарством, вівчарством, птахівництвом та ін.

У структурі тваринництва виділяють такі підгалузі:

- скотарство;
- свинарство;
- птахівництво;
- вівчарство;
- конярство;
- рибництво;
- звірівництво;
- шовківництво;
- бджільництво;
- кролівництво.

Основним джерелом надходження радіоактивних речовин в організм тварин є корми (понад 90 %), основу яких становлять рослини, і меншою мірою — вода. Заходів, що зменшують перехід радіонуклідів з корму й води у продукти тваринництва, небагато. Це правильно складеш раціони і введення в них добавок та препаратів, що запобігають такому переходу. Збалансовані

раціони дають змогу зменшити надходження ^{90}Sr та ^{137}Cs в організм тварини в 2-5 разів [12].

Системи заходів зниження концентрації радіонуклідів, в основному, збігаються і їх можна поділити на 4 групи:

1. виробництво кормів з допустимим вмістом радіонуклідів;
2. зміна умов утримання і раціонів годівлі великої рогатої худоби на заключній відгодівлі і введення до раціонів спеціальних добавок, що зменшують перехід радіонуклідів у продукцію тваринництва;
3. технологічна переробка продуктів тваринництва;
4. перепрофілювання галузей тваринництва (заміна молочного скотарства на м'ясне чи скотарства на Свинарство, птахівництво тощо) [13].

Перехід радіонуклідів з кормів у продукцію тваринництва залежить від рівня і повноцінності годівлі тварин, їх віку, фізіологічного стану, продуктивності та інших факторів. Для прогнозування початкової концентрації радіонуклідів в організмі тварин використовують такі параметри:

- коефіцієнт концентрації (КК), коефіцієнт накопичення (КН) та кратність накопичення (Р). КК являє собою концентрацію в органі в процентах від надходження радіонукліду з добовим раціоном;
- КН - відношення концентрації нукліду в органі і раціоні;
- Р - відношення вмісту нукліду в органі, тканині чи організмі в цілому до вмісту у добовому раціоні, його можна визначити за формулою: $P = C \times M : R$, де С - концентрація нукліду, Бк/кг, М - маса органу, кг;
- Р - активність радіонукліду, що надходить за добу, Бк.

У високопродуктивних тварин коефіцієнт переходу радіо-цезію з кормів в організм, як правило, нижчий, ніж у низькопродуктивних. Істотний вплив на величину коефіцієнта переходу чинить збалансування раціонів годівлі тварин за основними і, особливо, мінеральними елементами. Цезій-137 інтенсивніше переходить із кормів в молоко і м'ясо порівняно з стронцієм-90.

Таблиця 2.5

Середні дані про перехід радіонуклідів із добового раціону в продукцію тваринництва (% від вмісту в раціоні на 1 кг продукту)

№	Вид продукції	Радіонукліди	
		цезій-137	стронцій-90
1	2	3	4
2	Молоко коров'яче		
	-стійловий період	0,7	0,14
	-пасовищний період	0,9	0,14
3	Яловичина	4	0,04
4	Свинина	15	0,10
5	Баранина	15	0,10
6	М'ясо куряче	450	0,20
7	Яйця	3,5	3,20

Встановлено певний зв'язок між вмістом клітковини у забрудненому раціоні корів при стійловому утриманні і переходом цезію-137 у молоко. Так, із збільшенням вмісту клітковини в раціоні з 1,3-1,8 до 3,1 кг/добу відмічається зменшення коефіцієнта концентрації цезію-137 від 0,9 до 0,6. Як свідчать експерименти, коефіцієнти переходу цезію-137 в молоко з раціону з різними рівнями забруднення кормів при стійловому утриманні і випасанні корів на культурному пасовищі мало відрізнялись (від 0,48 до 0,74). Проте за утримання корів на малопродуктивному природному пасовищі з рідким травостоєм відмічається багаторазове підвищення концентрації цезію-137 у молоці. Це пояснюється низькою якістю трави на природному пасовищі і поїданням тваринами верхнього шару дернини з високою концентрацією радіоцезію. У середньому, для стійлового періоду прийнятий коефіцієнт концентрації цезію-137 з раціону в молоко 0,7, а для пасовищного - 0,9 % (табл. 2.5). При контролі

вмісту радіонуклідів у раціоні ВРХ враховується наявність їх в окремих кормах, що входять до складу раціону, і коефіцієнта концентрації (КК) з раціону в продукцію. Прогноз вмісту радіонуклідів у продуктах тваринництва (А прод) розраховують за формулою: $A \text{ прод} = A \text{ рац} \times \text{КК}/100$, де: А рац - активність радіонуклідів добового раціону, Бк; КК - коефіцієнт концентрації.

Вміст цезію-137 у раціоні корів наведено у таблиці 2.6. Для забезпечення виробництва молока і м'яса згідно з діючими нормативами встановлюють межі допустимого вмісту ^{137}Cs і ^{90}Sr в раціонах ВРХ різного віку і рівня продуктивності, гранично допустимі рівні (ГДР) радіоактивного забруднення різних кормів, ГДР забруднення ґрунтів, де можливе виробництво кормових культур. Границя допустимого вмісту радіонукліду в раціоні визначається за співвідношенням: $\text{ГДВ} = \text{ДР} \times 100 / \text{КК}$, де: ГДВ = гранично допустимий вміст радіонукліду в раціоні ВРХ, Бк; ДР - допустимий рівень вмісту радіонукліду в харчовому продукті (молоко, м'ясо), Бк/л (кг);

Таблиця 2.6.

Приблизний раціон для корови з надоем 10 кг і гранично допустимий вміст радіонуклідів у стійловий період

№	Найменування кормів	Маса, кг	Вміст цезію-137, Бк/кг	Всього цезію, Бк/добу	Вміст стронцію-90, Бк/кг	Всього стронцію, Бк/добу
1	2	3	4	5	6	7
1	Сіно	3	1000	3000	2600	7800
2	Солома	2	370	740	1850	3700
3	Сінаж сіяних трав	6	300	1800	500	3000
4	Буряк кормовий	10	200	2000	100	1000
5	Силос кукурудзяний	10	150	1500	50	500
6	Концентрати	3	200	600	100	300
7	Всього:			9640		16300

Виробництво молока. Радіонукліди, що надходять в організм з кормами, всмоктуються в кров у відповідних відділах шлунково-кишкового тракту. За час, що вимірюється хвилинами, вони розподіляються по судинній системі і виводяться з крові з сечею, потом, калом, молоком та внаслідок фізичного розпаду. Частина радіонуклідів відкладається в тканинах, звідки надходить у кров і знову втягується в процес виведення. Процес виведення з тканин та органів звичайно повільніший, ніж процес накопичення. Швидкість транспортування вмісту шлунково-кишкового тракту впливає на параметри метаболізму радіонуклідів. Згідно з вимогами ДР-97 вміст цезію-137 у молоці і молочній продукції для харчових потреб не повинен перевищувати 100 Бк/л, стронцію-90 - 20 Бк/л. Для одержання такого молока при низькій якості кормів (коли перехід радіоцезію може досягти 1 % добового вживання з кормами) і відповідній продуктивності стада з надоєм 7-8 кг молока за добу в раціоні дійної корови повинно бути не більше 10 кБк цезію-137. Гранично допустимий вміст стронцію-90 в добовому раціоні дійних корів становить 20 кБк. Для зручності при практичному використанні рекомендацій, розраховано нормативи гранично допустимих рівнів вмісту радіонуклідів у конкретних кормах на основі типових раціонів. Якщо забрудненість кормів радіонуклідами не перевищує гранично допустимого рівня, добовий раціон для дійних корів складають за існуючими нормами згодовування окремих видів кормів і поживних речовин. При забрудненні окремих видів кормів, що перевищує гранично допустимий рівень, зменшують вміст радіонуклідів у раціоні за рахунок збільшення частки чистіших, насамперед концентрованих кормів. Біля половини цезію-137 надходить у організм ВРХ з травами (сіно та сінаж), тому для одержання молока і м'яса, що відповідатимуть нормативним вимогам, зелену масу для сіна і сінажу для молочної худоби і молодняка на заключній відгодівлі слід вирощувати на поліпшених угіддях.

При прогнозуванні вмісту радіоцезію в молоці на основі радіометрії проб трави в пасовищний період необхідно враховувати можливе надходження в

організм корів радіоцезію з частинками ґрунту при випасанні. Важливо запобігти випасанню корів на зріджених посівах озимого жита або пасовищах з слабкою дерниною і низьким (менше 10 см) травостоєм, де концентрація радіоцезію за потрапляння ґрунту з кормом в організм тварин може зростати до 4 разів. Мінімальна активність радіонуклідів надходить в організм при випасанні на культурних пасовищах з добрим травостоєм або при стійловій годівлі корів скошеною травою. Для видалення частинок ґрунту необхідно мити коренеплоди і картоплю. Основними умовами гарантованого одержання молока в межах вимог ДР-97 є використання кормів з поліпшених сінокосів і орних земель, а також випасання дійного стада на культурних пасовищах. Важливе значення має якісний склад раціону, вміст у ньому необхідних мінеральних речовин і вітамінів з урахуванням рівня продуктивності молочного стада. Ефективним способом зниження забруднення радіоцезієм продуктів тваринництва є використання в раціонах кормових добавок, що вибірково зв'язують радіонукліди в шлунково-кишковому тракті тварин, зокрема, фероціанідних препаратів. Використання їх в складі болюсів, солі-лизунця і комбікормів для лактуючих корів і молодняка ВРХ на заключній стадії відгодівлі дає змогу знизити концентрацію цезію-137 у молоці від 3 до 10 разів, в м'ясі - від 2 до 5 разів залежно від рівня радіоактивного забруднення раціонів в умовах пасовищного і стійлового утримання.

Виробництво м'яса. При розробці стратегії використання забруднених земель насамперед цю територію слід розглядати як кормову базу для пасовищного утримання м'ясної худоби. Розвиток товарного м'ясного скотарства в зоні радіоактивного забруднення пов'язаний насамперед з використанням кормової бази Полісся. На забрудненій території України - більше 1,5 млн га сінокосів і пасовищ. Основна її площа в регіонах з критичними в радіоекологічному відношенні властивостями ґрунтів з різною щільністю забруднення радіоцезієм. Науково обґрунтовані технології утримання м'ясної худоби з урахуванням закономірностей метаболізму

радіоцезію в організмі тварин дають змогу використовувати забруднені землі практично без обмежень. У перші роки після аварії запропоновано трьох етапну технологію відгодівлі ВРХ на м'ясо, що дає змогу на першому етапі відгодівлі (від 6 до 12-16 місяців) використовувати корми з будь-яким рівнем радіоактивного забруднення, на другому, проміжному етапі відгодівлі можна використовувати корми з рівнем радіоактивного забруднення близько 40 кБк (з раціоном надходить близько 1000 Бк/кг трави). Другий етап відгодівлі може тривати 1-2 місяці залежно від строків реалізації тварин. Третій етап відгодівлі, залежно від рівня радіоактивного забруднення тварин, може тривати 30-60 діб з використанням кормів, на порядок "чистіших", ніж на першому етапі, і дає змогу за цей строк практично у 5-8 разів знизити рівень радіоцезію в організмі тварин. Такий маневр з кормовою базою неможливо реалізувати при веденні молочного скотарства. В той же час за рахунок м'ясного скотарства можна економити чисті площі сінокосів і пасовищ для одержання молока. Нерівномірність радіоактивного забруднення території дає змогу практично в кожному господарстві знайти можливість організувати кормову базу для м'ясної худоби з одержанням кінцевої продукції згідно з вимогами ДР-97. В організмі тварин радіоактивний цезій концентрується, головним чином, у м'язовій тканині, а стронцій-90 - у кістковій. Порівняно з молоком концентрація цезію-137 у м'язовій тканині приблизно в 4 рази вища, а стронцію - в 3,5 рази нижча. Для характеристики швидкості виведення радіоцезію з м'язової тканини використовують показник "час напіввиведення". Період напіввиведення ^{137}Cs для жуйних тварин залежно від віку і продуктивності дорівнює 20-40 дням. Це дає змогу рекомендувати достатньо ефективний метод зниження вмісту радіоцезію в м'ясі: на заключному етапі відгодівлі необхідно використовувати максимально чисті корми. Прижиттєво вміст цезію-137 у м'язовій тканині визначають за "Методикою прижиттєвого визначення концентрації радіонуклідів у м'ясі" (1998 р.). Згідно із вимогами ДР-97 вміст цезію-137 в яловичині не повинен перевищувати 200 Бк/кг. Для цього загальний вміст

цезію-137 у добовому раціоні не повинен перевищувати 5 кБк. Вирощування і початкову відгодівлю молодняка ВРХ проводять на кормах без обмеження рівня забруднення.

Багато орієнтуватися на наведені приблизні раціони (табл. 2.7). Встановлено, що гранично допустимий вміст (ГДВ) цезію-137 у раціоні худоби, яка відгодовується на м'ясо, з віком тварин збільшується. Мінімальне його значення для телят раннього періоду розвитку відрізняється від максимального для дорослих (36 місяців) у 10 разів. Таким чином, гранично допустимий вміст цезію-137 в раціонах повинен бути диференційованим залежно від віку вирощуваних на м'ясо тварин. Наприклад, гранично допустимий вміст радіоцезію в раціоні 36-місячної тварини становить 5 кБк/добу, у віці 18 місяців - 4,1, а при забої в 6-місячному віці - лише 1,2 кБк/добу.

Таблиця 2.7.

Приблизні раціони для відгодівлі молодняка ВРХ живою масою 350 кг при середньодобових приростах 0,9-1,0 кг

№	Продукти	Допустимий вміст радіонуклідів			
		Стронцію-90 в продукті (Бк/кг)	Цезію-137 в продукті (Бк/кг)	Стронцію-90 в раціоні тварин (Бк)	Цезію-137 в раціоні тварин (Бк)
1	2	3	4	5	6
1	Молоко коров'яче	20	100	20000	10000
2	Яловичина	20	200	33340	5000
3	Свинина	20	100	20000	667
4	Баранина	20	100	20000	667
5	М'ясо куряче	20	100	10000	22
6	Яйце (меланж)	20	100	625	2900

РОЗДІЛ 3

ВЕДЕННЯ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКОЇ ДІЯЛЬНОСТІ В УМОВАХ РАДІОНУКЛІДНОГО ЗАБРУДНЕННЯ

3.1. Дія іонізуючих випромінювань на сільськогосподарські рослини

Первинні реакції в складному рослинному організмі починаються з дії радіації на біологічно активні молекули, які входять до складу практично всіх компонентів живої клітини. Ранні радіобіологічні процеси обумовлюються в основному двома видами дії випромінювань: прямим і непрямим. Біофізичний аналіз елементарних радіобіологічних процесів базується на експериментальних даних по залежності ефекту від фізичних характеристик випромінювання (доза, потужності дози, лінійних втрат енергії, фракціонування опромінення) і модифікованих факторів (температури, концентрації кисню та ін.), дозволив уже до середини 30-х років сформулювати основні принципи влучення, мішені й підсилювача [12].

Відповідно до принципів влучення і мішені основу біологічних реакцій при опроміненні становлять мікролокальні події, які впливають на структуру ДНК і РНК, тоді як принцип підсилювача полягає в тому, що зміни в структурі ДНК і РНК спричиняють зміни обміну речовин в опроміненних клітинах. Принципи влучення, мішені й підсилювача мають особливе значення при кількісному аналізі радіобіологічних процесів у такому багатоклітинному організмі, як рослина. Між моментом впливу випромінювань на багатоклітинний організм і його загибеллю проходить досить великий проміжок часу, який включає латентний період, прояву різних форм променевого ушкодження й лише потім – загибель.

Біологічні процеси, викликані опроміненням рослин, зв'язані з безліччю обмінних реакцій у ділільних і спеціалізованих клітинах. Слідом за прямим

радіаційним впливом, який викликає перехід деяких молекул зі стабільного нативного стану в нові стабільні й лабільні стани, починається післядія. При цьому відбувається онтогенетичне посилення в часі спочатку непомітних ушкоджень деяких молекул до яскраво виражених біологічних наслідків на рівні цілого організму.

Відмінна риса вищих рослин у порівнянні, наприклад, із хребетними тваринами полягає в тому, що органогенез у них не обмежується ембріональним періодом, а протікає протягом всього життя. Це можливо завдяки наявності у рослин ембріональних тканин – меристем, що зберігають здатність до клітинного розподілу протягом усього онтогенезу. Для цих тканин характерна дуже висока чутливість до дії факторів, які ушкоджують, включаючи іонізуючі випромінювання. Радіочутливість меристем у десятки й сотні разів більше, ніж у диференційованих і спеціалізованих тканин. Радіаційне пошкодження меристем приводить до ушкодження всієї рослини, а загибель цих тканин – до загибелі всього організму. Саме тому меристеми рослин прийнято називати критичними тканинами. Здатність меристем зберігати постійний клітинний склад і підтримувати нормальні темпи клітинного розподілу визначає реакцію рослини на опромінення.

Радіаційні ефекти на клітинному рівні виявляються у вигляді онтогенетичних ушкоджень, оцінюваних за зниженням мітотичної активності, збільшенню кількості хромосомних аберацій і зміні тривалості мітотичного циклу клітин апікальних меристем. Ушкодження на клітинному рівні меристемних тканин знаходять висвітлення в ефектах на рівні всього організму, пов'язаних з порушенням ростової активності, гальмуванням росту та темпів розвитку, зменшенням виживаності рослин до кінця вегетаційного періоду [13]. Тому за такими ознаками, які виявляються візуально після опромінення, (зміна розмірів рослин і окремих органів, маси речовини, кількості органів) можна судити про дію випромінювання на рослину в цілому. В свою чергу ступінь виявлення кількісних ознак на вплив випромінювань на насіння і рослини

адекватно відображає сумарний радіобіологічний ефект, який враховується по загальній продуктивності рослин наприкінці періоду вегетації [14].

У вегетативних рослин встановлена значна варіабельність зміни обмінних процесів, які залежать від дози опромінення і фази розвитку в момент впливу випромінювань. У різних видів і сортів рослин зміни фізіологічних функцій у відповідь на опромінення часто бувають якісно 160 подібні, хоча й розрізняються кількісно [15]. Реакція рослинних об'єктів на дію γ - і рентгенівського випромінювання проявляється у вигляді активації або уповільнення ростових процесів, що викликає зміни темпів клітинного розподілу. Порушення темпів ростових процесів супроводжується накопиченням сухої речовини, змінами фізико-хімічного стану клітин, тобто порушеннями проникності мембран, в'язкості і рН цитоплазми, дихання, окислювально-відновних процесів, фотосинтезу й обміну нуклеїнових кислот, білків, амінокислот, вуглеводів, регуляторів метаболізму і росту [14]. Реакція рослин на опромінення залежить від таких факторів, як генетичний потенціал сорту та режим впливу випромінювання. Постпроменеве відновлення або, навпроти, посилення пошкодження залежать від умов, у яких перебуває рослина після опромінення.

Візуально виявлений ефект гноблення ростових процесів у рослин проявляється після разового опромінення звичайно в перші 5-7 діб. У злакових культур, які піддавались опроміненню дозами 20-30 Гр, спостерігається гальмування росту головного пагона в висоту внаслідок уповільнення мітотичної активності в меристемах вузлів стебла. Надалі, внаслідок зняття апікального домінування, відбувається активація сплячих центрів і починається ріст бокових пагонів. У злакових культур це виражається в потужному кущинні, у дводольних підсилюється розгалуження. При опроміненні злакових культур часто спостерігається збільшення вегетативної маси. Так, при сильному опроміненні пшениці у фазу розвитку 2-4 листків дозами 20-30 Гр, загальна кущистість може підвищуватися до 3 разів. Постійне опромінення в деяких

випадках сприяє майже 25-кратному збільшенню кущіння, що приводить до збільшення вегетативної маси на момент збирання урожаю майже в 6 разів. Опромінення ярої пшениці в період появи сходів дозою 20 Гр збільшує загальну кущистість в 1,5-2 рази. Після дії випромінювань ушкоджуючими дозами, у рослин виникають різні морфологічні аномалії. В загальному вигляді ці зміни можуть розглядатися як зовнішні ознаки променевого ушкодження рослин. У ряді випадків дія більших доз опромінення на рослини підвищує темпи їх розвитку внаслідок активації процесів старіння – рослини швидше зацвітають і дозрівають. Прискорений розвиток опромінених рослин пов'язують із інтенсивним припливом живильних речовин до ушкоджених опроміненням мембранам і накопиченням окремих метаболітів. Зміна органів опромінених рослин може бути наслідком ушкодження чутливої до радіації фітогормональної системи і зниження рівня ауксинів.

Помітні генетичні ушкодження виявляються при опроміненні вегетативних рослин дозами 30-50 Гр. В опромінених злакових і бобових культур часто проявляються так названі хлорофільні мутації, обумовлені порушенням синтезу хлорофілу в листках, а також зміною в співвідношенні окремих компонентів хлорофілу і навіть повним зникненням пігменту.

Різноманітні й морфологічні типи мутацій. У пшениці, наприклад, зустрічаються високорослі, низькорослі, карликові, напівкарликові форми, а також рослини з гіллястими або з ламкими стеблами, з вегетативними стеблами, які з'являються із наземних вузлів. У деяких мутантів змінені форми й розмір листків і прилистків, з'являється або, навпаки, зникає восковий наліт. Виникають мутантні форми зі зміненою тривалістю вегетаційного періоду.

Поряд з генними мутаціями в опромінених клітинах відбуваються хромосомні й хроматодні мутаційні зміни, властиві нормальній життєдіяльності рослинного організму. Опромінення, однак, збільшує ці порушення. Клітини з абераціями хромосом гинуть, причому кількість цих клітин тісно корелює із кількістю абераційних мітозів.

При дії на насіння або вегетативні рослини дозами випромінювань у діапазоні 10^4 - 10^5 Гр настає так звана загибель під променем. Сильне променеве ураження приводить до відмирання рослини через кілька годин після опромінення. Причиною цього явища служать не тільки необоротні цитогенетичні зміни, але й ураження спеціалізованих тканин і клітин, які беруть участь у формуванні багатобічних і багатоступінчастих фізіологічних процесів. Пострадіаційне відновлення рослин охоплює всі рівні організації рослинного організму – від молекулярного до окремого органу і може здійснюватися шляхом прискореного синтезу нових молекул або відтворення клітин замість уражених і загиблих. Важливе значення для відновлення продуктивності культури при опроміненні вегетативних рослин має регенераційне відновлення, при якому за рахунок сплячих тканин і органів розвиваються пагони та формуються нові органи рослин, практично позбавлені ознак променевої поразки. В цьому полягає унікальна здатність рослинного організму досягати часткового або навіть повного відновлення життєдіяльності. При опроміненні молодих рослин ярої пшениці дозою 12 Гр продуктивна кущистість збільшується до 2 разів. Це приводить до того, що в ряді випадків замість зменшення кількості урожаю зерна його стає більше в порівнянні з урожаєм неопромінених рослин.

Дози опромінення вегетативних рослин, при яких спостерігається ефект зняття апікального домінування, прийнято вважати критичними. Для бобових культур вони дорівнюють приблизно 5 Гр, для зернових злаків ці дози залежать від виду культури і фази розвитку в момент опромінення. Так, для ярої пшениці критичні дози γ - випромінювання перебувають в інтервалі 8-12 Гр, для ячменю не більше 4 Гр, а для вівса – 6-16 Гр. Таким чином, наслідком вражаючої дії випромінювань, які проявляються у вигляді різноманітних радіаційних ефектів, обумовлені не тільки дозою опромінення, але і в значній мірі пострадіаційним відновленням [16].

3.2. Дія іонізуючих випромінювань на сільськогосподарських тварин

3.2.1. Молекулярно-клітинні аспекти дії випромінювань на сільськогосподарські тварини

Відповідно до загальбіологічних положень, найменшими морфологічними елементами, у яких можуть бути виявлені летальні ушкодження при опроміненні ссавців, включаючи й сільськогосподарських тварин, є клітинні структури. Виявлені в клітках опроміненого організму біологічні ефекти підрозділяються на дві групи: стохастичні і нестохастичні. Стохастичні реакції спостерігаються в окремих клітинах органів, що опромінюються, або тканинах, і частка цих клітин збільшується в міру зростання дози. Стохастичні ефекти визнаються безпороговими і тому можуть спостерігатися в окремих клітинах тварин після мінімальних доз опромінення. Для нестохастичних реакцій зі збільшенням дози опромінення зростає ступінь прояву дії випромінювань і є гранична доза, нижче якої зміни відсутні. До числа стохастичних ефектів, зокрема, відносять: 1) репродуктивну загибель клітини; 2) виникнення генних мутацій; 3) поява хромосомних аберацій; 4) злоякісну трансформацію клітин. Прикладами нестохастичних реакцій у клітинах опромінених тварин є: 1) радіаційна затримка й стимуляція розподілу клітин; 2) гноблення синтезу ряду речовин, процесів дихання і окисного фосфорилування; 3) пострадіаційне руйнування ДНК, яке викликає інтерфазну загибель клітин; 4) зміна проникності та інших функцій біологічних мембран; 5) порушення обміну Са, регуляції метаболічних процесів циклічними нуклеотидами та функціонування ферментативних систем.

Кінцевими радіобіологічними ефектами на клітинному рівні при опроміненні тварин летальними або сублетальними дозами є загибель клітин, виживання клітин при наявності порушення структурно-функціонального стану (сублетальні ушкодження) або виживання клітин без проявів відхилень від

фізіологічної норми (приховані або латентні, ушкодження). Радіаційна загибель клітин є стохастичним процесом, і вона в більшості випадків визначає характер біологічних проявів в опромінених тварин [16].

При опроміненні організму енергія випромінювання поглинається структурними компонентами клітин (макромолекули, H_2O , метаболіти), приводячи до виникнення збуджених та іонізованих станів молекул із тривалістю існування 10^{-16} - 10^{-13} с. Протягом наступної стадії із тривалістю 10^{-13} - 10^{-10} с. відбувається утворення активних форм радикалів та іонів. Завершальною стадією прямої дії випромінювання на біоструктури є взаємодія іонів і радикалів, які утворилися, один з одним і з інтактними молекулами. Ця стадія триває 10^{-6} - 10^{-3} с. та індукує формування різних структурних ушкоджень макромолекул у клітині. Важливу роль у розвитку ушкодження клітинних структур грають радикальні форми H_2O [17].

Стадія непрямой (опосередкованої) дії опромінення може тривати від декількох секунд до декількох тижнів і місяців. Початковим етапом цієї стадії є формування первинних ушкоджень у критичних структурах, або "мішенях" радіаційної ушкодження клітин. Найбільше радіочутливою структурою в клітині вважається ядро, а найменш радіорезистентною макромолекулою – ДНК. Первинною мішенню радіаційної поразки в клітині служить молекула ДНК. Одночасно передбачається, що первинне ушкодження може бути пов'язане із впливом випромінювання на мембранні структури клітини [18]. Важлива роль у розвитку радіаційної поразки клітин приділяється порушенням процесів окисного фосфорилування, білкового синтезу, індукції перекисного окислювання ліпідів, утворенню радіотоксинів, зміні функціонування ферментів і систем регуляції клітинного метаболізму (системи цАМФ і цГМФ).

Вважається, що порушення ряду біохімічних процесів може підсилювати радіаційне ушкодження критичних структур клітини. Одночасно в опроміненій клітині активуються системи, залучені в процес відновлення ДНК і структури мембран. Запропонована А.М. Кузіним [19] структурно-метаболична теорія

розглядає процес радіаційного ураження як інтерференцію безлічі порушень клітинних структур і реакцій обміну, результатами якої є загибель або виживання опроміненої клітини.

В організмі тварин фактично у всіх типах клітин присутні критичні радіочутливі структури, але по стійкості до випромінювань між клітинами різних органів і тканин спостерігаються істотні розходження. Така реакція клітин організму тварин на опромінення була встановлена вже в перших радіобіологічних роботах. Сформульований Бергонье і Трибондо в 1906 р. один з основних радіобіологічних постулатів говорить, що тканина або орган тим більше радіочутливі, чим більше недиференційованими морфологічно й фізіологічно є утворюючі їх клітини, чим активніше вони мітотичні і чим довше залишаються в активній стадії проліферації або клітинного розподілу.

Відповідно до цього правила в організмі сільськогосподарських тварин та інших ссавців до числа найбільше радіочутливих відносяться слабодиференційовані клітини кісткового мозку та крипт кишечника, епідермальні клітини, низькодиференційовані клітини слизистої шлунка, клітини ростової зони кришталика ока і головного мозку, нейробласти спинного мозку, ембріональні клітини, сперматогонії та ооцити. Групу найбільш стійких до дії випромінювання клітин організму тварин становлять непроліферовані зрілі клітини печінки і м'язів, нейрони головного й спинного мозку, еритроцити.

Загибель радіочутливих клітин спостерігається після опромінення тварин у дозах 0,1-4,0 Гр, тоді як летальне ушкодження радіорезистентних клітин відбувається при дозах 10-100 Гр. Виключення із правила Бергонье - Трибондо представляють лімфоцити тимусу (вилочкової залози) і периферичної крові. Помітна загибель лімфоцитів, які відносяться до диференційованих і практично неподільних клітин, відзначається при дозах опромінення більше 0,25 Гр.

Характерною рисою реакції лімфоцитів є приблизно однакова радіочутливість при опроміненні *in vivo* та *in vitro*.

Виділяють 3 форми радіаційної загибелі клітин: репродуктивну загибель клітин; інтерфазну загибель високорадіочутливих клітин, наприклад лімфоїдної тканини тварин; інтерфазну загибель радіочутливих клітин при більших дозах опромінення.

Викликані опроміненням двониткові розриви молекули ДНК є одним з найбільш імовірних механізмів репродуктивної загибелі клітин.

Характерною рисою феномена інтерфазної загибелі опромінених клітин є наростання ушкодження та наявність порога радіочутливості, вище якого розвиток летального ушкодження не залежить від дози. Класичним прикладом інтерфазної загибелі клітин в організмі тварин є швидке зменшення кількості лімфоцитів у периферичній крові після опромінення. Точний механізм інтерфазної загибелі опромінених клітин не встановлений. Існують два принципово різних підходи при розгляді можливих молекулярних механізмів інтерфазної загибелі клітин в опроміненому організмі тварин. Перший виходить із уявлення про вирішальну роль ураження множинних клітинних структур і пов'язаних із цим пригніченням або дезінтеграцією процесів метаболізму, а другий заснований на постулаті первинності структурних ушкоджень ДНК у радіаційних ефектах.

Молекула ДНК, очевидно, не є єдиною мішенню радіаційної дії на клітини. Іншою найбільш імовірною мішенню в цей час розглядаються мембранні системи клітин. При дії на тварин ушкоджуючих факторів різної природи (віруси, хімічні агенти, випромінювання, токсини) у всіх випадках у клітинах організму, які гинуть, спостерігається однакова картина морфологічних змін, означена як коагулятивний некроз.

В умовах хронічного опромінення тварин у порівнянні з гострим радіаційним впливом більшість ефектів носить менш виражений характер. Однією із причин є більш ефективне функціонування клітинних систем репарації (відновлення ушкоджень) при пролонгованих радіаційних впливах. Однак відповідна реакція тварин і розвиток патологічного стану організму як

при хронічному, так і при гострому опроміненні також пов'язані із процесами загибелі клітин і порушеннями їхньої функціональної активності. Тому реакцію клітин можна розглядати як основу радіаційних ефектів на органотканевому та організменому рівнях при опроміненні сільськогосподарських тварин [16].

3.2.2. Дія випромінювань на організм сільськогосподарських тварин

Види радіаційної патології у сільськогосподарських тварин. За клінічним проявленням, характером протікання та результатом захворювання розрізняють гостру та хронічну променевою хворобу. При короткочасному опроміненні в великих дозах розвивається гостра променевою хвороба, наприклад, в результаті загального зовнішнього γ -опромінення. При опроміненні організму невеликими дозами, але такими, які впливають постійно, наприклад, при інкорпоруванні радіонуклідів у досить великих кількостях, може розвиватися хронічна променевою хвороба. За особливостями періодизації й клінічної окресленості патологічних процесів, що розвиваються в опроміненому організмі, виділяють три основні форми гострої променевої хвороби: церебральну, кишкову та кісткомозкову. При церебральній формі гострої променевої хвороби, коли переважно уражається центральна нервова система, тварина гине в момент опромінення в дозі декількох сотень Грей або через кілька годин після нього майже без прояву яких-небудь ознак хвороби. Кишкова форма гострої променевої хвороби виникає після однократного опромінення в дозах від 10-100 Гр і більше. Висока ураженість кишечнику пов'язана зі швидкою зміною клітин кишкового епітелію. Опромінення припиняє мітози в криптах, злущування ж старих клітин триває в колишньому темпі, це приводить до спустошливих руйнувань епітелію, тому що різко порушується рівновага між фізіологічними змінами і регенерацією клітин. Менші дози опромінення (до 10 Гр) приводять до кісткомозкової форми хвороби, коли в основному уражається кровотворна тканина. У цьому випадку

опромінення всього тіла в дозах 0,5-1,0 Гр стає небезпечним, хоча тварини здаються клінічно здоровими.

Ураження тварин при дії α - і β - випромінювань. Зовнішня контактна дія α - і β - випромінювань у сільськогосподарських тварин можлива при влученні радіонуклідів на шкірні покриви тварин. При цьому енергія випромінювань поглинається поверхневими шарами тканин, викликаючи специфічні ураження шкіри та слизових оболонок - так названі променеві опіки. Променеві опіки на відміну від термічних малоболісні або зовсім безболісні, зміни виникають поступово, а процеси відновлення (загоєння) протікають повільно. Променеві опіки розвиваються в першу чергу в місцях ніжних і слабо захищених волосяним покривом ділянок шкіри (область полових органів, вимені, згинальної поверхні суглобів, міжкопитної щілини та ін.). У патологічному процесі, пов'язаному із променевими опіками, виділяють 4 періоди - первинної реакції, прихованої, гострої запальної реакції та відновлення. По реакції величини ураження розрізняють 4 ступеня: легку (при дозі 5 Гр), середню (5-10 Гр), важку (10-30 Гр) і вкрай важку (близько 30 Гр). Можливо й сукупне радіаційне ураження тварин, коли, крім загального зовнішнього γ -опромінення, радіонукліди можуть надходити усередину організму з пасовищною травою (внутрішнє опромінення). Променева хвороба, яка при цьому розвивається, може також мати 4 ступеня важкості. Комбіновані радіаційні ураження можуть виникнути при обтяженні гострої променевої хвороби травмами та опіками.

Гостра променева хвороба. У розвитку й протіканні гострої променевої хвороби виділяють 4 періоди: 1) початковий, або період первинних реакцій; 2) латентний, або прихований (період гаданого благополуччя); 3) період виражених клінічних ознак, або період розпалу хвороби; 4) період відновлення з повним або частковим видужуванням.

Легкий ступінь променевої хвороби звичайно протікає без видимих клінічних симптомів, можливо невелике зменшення концентрації лейкоцитів у крові.

Середній ступінь променевої хвороби характеризується швидко минаючою первинною реакцією. Латентний період триває більше 10 діб. У розпал променевої хвороби на слизових оболонках з'являються крововиливи, спостерігаються короткочасні діареї з невеликою домішкою крові й слизу в калі. Лейкопенія розвивається поступово і буває неглибокою. Можлива загибель до 20% уражених тварин в основному в результаті ускладнень, найчастіше з боку органів дихання і ШКТ.

При важкому ступені променевої хвороби первинна реакція проявляється через кілька годин після опромінення й триває до 2-3 діб. Уже в першому періоді спостерігаються зміни клітинного складу периферичної крові, відзначається короткочасний лейкоцитоз, після чого відразу ж настає лейкопенія. Триває латентний період 3-10 діб. У цей час тварини виглядають зовні здоровими, однак вони починають втрачати масу, у периферичній крові різко зменшується кількість лейкоцитів, у кістковому мозку виявляється початкова гіпоплазія всіх паростків кровотворення. В період розпалу променевої хвороби, що триває від 2 до 4 тижнів, тварини стають млявими, слабко реагують на зовнішні подразники, відмовляються від корму, худнуть. Температура тіла періодично підвищується, виникає лихоманка ремітованого або постійного типу. Шкіра втрачає еластичність і стає сухою. На слизуватих оболонках з'являються крововиливи. Через набряк носоглотки й гортані, а також виникнення запальних процесів у легеневій тканині утрудняється дихання і з'являється задишка. Відзначається катарально-геморагічне запалення слизуватої оболонки шлунка й кишечника, супроводжуване звичайно поносами, частіше з домішкою крові в калі. Спостерігаються кровотечі з носа і ясен. Послідовність розвитку ознак хвороби може варіювати. Одним з важливих показників променевої хвороби в цей період є ступінь гноблення гемопоезу і

зниження кількості лейкоцитів у периферичній крові. У тих випадках, коли тварина не гине в розпал променевої хвороби, починається 4-й період - видужування, яке триває місяцями і навіть роками.

При вкрай важкому ступені захворювання протікає дуже бурхливо, тривалість періодів променевої хвороби сильно скорочена. Хвороба триває 5- 12 діб і тварина гине, при цьому спостерігається серцево-судинна недостатність.

Хронічна променева хвороба. Виділяють 3 ступеня важкості хронічної променевої хвороби: легку, середню і важку.

Легкий ступінь хронічної променевої хвороби характеризується нерізко вираженими функціональними порушеннями органів і систем. Спрямованість цих змін може бути як у бік зниження, так і у бік посилення функцій.

При середньому ступені хронічної променевої хвороби відзначаються ознаки морфологічного ушкодження найбільш радіочутливих тканин – гіпоплазія кісткового мозку з ознаками стійкої помірної лейко- і тромбоцитопенії.

При важкому ступені хронічної променевої хвороби спостерігаються виражена гіпоплазія кісткового мозку, різка лейко- і тромбоцитопенія, анемія, дистрофічні зміни в органах та інфекційні ускладнення.

Загалом, характер і ступінь ураження сільськогосподарських тварин від інкорпорованих радіонуклідів залежать від багатьох факторів: фізикохімічних властивостей радіонуклідів, які визначають їхній метаболізм в організмі тварин; шляхи надходження радіоактивних речовин; кількості радіонуклідів, що надійшли в організм; а також видових та індивідуальних особливостей тварин [16].

3.2.3. Радіаційні ефекти в тканинах і органах сільськогосподарських тварин

Дія випромінювань на систему крові та кровотворення. Патологія кровотворення і пов'язана з нею депресія всіх клітинних елементів крові характерні для клінічного синдрому гострої променевої хвороби. При цьому гематоморфологічні зміни є однією з найважливіших патогенетичних ланок, у значній мірі це визначальний розвиток захворювання.

Ступінь зміни в кровотворних органах і крові перебуває в прямій залежності від дози опромінення. Малі дози радіації приводять до посилення кісткомозкового кровотворення. При цьому спостерігається підвищення кількості формених елементів крові (еритроцитів, лейкоцитів, тромбоцитів) та кількості гемоглобіну. Пригнічення кісткомозкового кровотворення в сільськогосподарських тварин настає при загальному зовнішньому опроміненні в дозі більше 100 Р. У цьому випадку відбуваються зменшення кількості клітин (лейкоцитів) у периферичній крові та зниження загальної кількості клітин у кісткомозговому пункті. У клітинах реєструються лізис, пікноз і гіперсегментоз ядер, вакуолізація ядра й протоплазми, поява гігантських гіперсегментованих гранулоцитів та ін. Змінюються розмір і форма еритроцитів. Ці процеси супроводжуються структурно-метаболическими порушеннями в самих клітинах: пригніченням біоенергетичних реакцій, порушенням іонного балансу, пригніченням синтезу ДНК, РНК і білків, посиленням розпадом нуклеотидів, деградацією ядерного хроматину. Фаза розпаду променевої хвороби характеризується сильною депресією лімфоцитів, помірним зменшенням кількості гранулоцитів, тромбоцитів і малою зміною кількості еритроцитів.

Еритроцити. У периферичній крові у опроміненних в летальних дозах сільськогосподарських тварин кількість еритроцитів знижується. У порівнянні зі змінами вмісту інших формених елементів це зменшення є мінімальним. Наприклад, протягом 12 років були вивчені гемограми великої рогатої худоби,

опроміненої в дозах 200-400 Р (одну групу опромінювали двічі дозами по 300 Р з інтервалом 8 тижнів між опроміненням). Опромінення не відбилося на концентрації еритроцитів і гемоглобіну в клітинному об'ємі, а також на інших еритроцитарних показниках.

Лейкоцити. Зміна кількості лейкоцитів у периферичній крові є найпоширенішим показником, який характеризує порушення кровотворної функції організму при гострій променевої хворобі. Концентрація клітин білої крові після опромінення різко знижується, причому характер лейкопенії подібний у всіх видів ссавців. З розвитком лейкопенії істотно змінюється лейкоцитарна формула.

Дія випромінювань на серцево-судинну та нервову системи. При опроміненні у відносно малих дозах (100-200 Р) помітних змін у серцевій діяльності тварин не відзначається, як правило. При більш високих дозах відразу після опромінення відзначається частішання серцебиття, потім на 2-3 добу пульс відносно нормалізується. У розпал хвороби ритм скорочень стає нестійким і знову прискорюється в передтермінальний період, а в термінальний період він сповільнюється.

Вплив випромінювань на імунологічну реактивність організму. Під дією випромінювань змінюється весь комплекс захисних механізмів і реакцій організму – резистентність слизових оболонок та інших бар'єрів, клітинні й гуморальні фактори імунітету (клітинні реакції, бактерицидність крові, лімфи й секретів), антіілогенез. Малі дози випромінювання підвищують специфічний і неспецифічний клітинний і гуморальний захист організму. У механізмі цього явища, очевидно, має значення розвиток таких процесів, як судинні зміни, активна гіперемія, підвищення швидкості обміну речовин, збільшення кількості неспецифічних бактерицидних речовин, ферментів; прискорення утворення антитіл, стимулювання ретикулоендотеліальної системи. При опроміненні в сублетальних і летальних дозах (300 Р і вище) у сільськогосподарських тварин розвиваються глибокі функціональні й морфологічні порушення клітинних

структур, змінюється діяльність всіх систем організму. Порушення факторів імунітету відзначається значно раніше прояву клінічних ознак променевої хвороби. З розвитком променевої хвороби імунологічна реактивність організму порушується, що приводить до інтенсивного розмноження і розселення бактерій аутофлори. Визначення кількості кишкових паличок і особливо гемолітичних форм мікробів на поверхні шкіри й слизових оболонок є одним з тестів, що дозволяють установити ступінь порушення імунологічної реактивності організму в ранній термін. При радіаційних ураженнях змінюється природна стійкість до ендогенних інфекцій. Цей процес пов'язаний з порушенням імунологічної реактивності організму. Після впливу випромінювань підсилюється утворення аутоантитіл. В опроміненому організмі завжди присутні імунологічно активні агенти - змінені продукти метаболізму речовин і клітинного розпаду, що мають антигенні властивості, які, очевидно, і є «ініціаторами» утворення аутоантитіл [16].

3.3. Основні принципи організації ведення сільського господарства на забруднених радіонуклідами територіях

Ведення сільськогосподарського виробництва на забруднених радіонуклідами територіях повинно здійснюватись згідно положень відповідних нормативних документів про умови проживання й трудову діяльність населення на територіях з підвищеними рівнями радіаційного забруднення, з додержанням принципів радіаційної безпеки і основних санітарних правил роботи з радіоактивними речовинами та забезпечувати виробництво продуктів харчування, що не містять радіоактивних речовин вище допустимих рівнів.

Сільське господарство на забруднених радіонуклідами територіях повинно бути спрямоване на вирішення головного завдання – виробництва сільськогосподарської продукції, споживання котрої без обмежень не приведе

до перевищення середньорічної ефективної еквівалентної дози опромінення людини. Це досягається за рахунок впровадження у виробництво таких заходів:

1. Підвищення загальної культури ведення сільськогосподарського виробництва з дотриманням необхідних прийомів радіаційної безпеки;
2. Проведення спеціальних радіозахисних заходів, основною метою яких є мінімізація переходу радіонуклідів в продукцію рослинництва і тваринництва;
3. Перепрофілювання напрямів сільськогосподарського виробництва на забруднених територіях, яке забезпечить виключення одержання окремих видів продукції з підвищеним вмістом радіонуклідів.

Якщо впровадження цих заходів не забезпечує виробництва продукції, що відповідає санітарно-гігієнічним нормативам, ведення сільськогосподарського виробництва на цій території припиняється.

Максимальне зменшення розповсюдження радіоактивних речовин за межі забруднених ділянок – дуже важливий принцип ведення сільськогосподарського виробництва на забруднених територіях. Він досягається за рахунок заліснення, проведення різних видів меліоративних робіт. Ці заходи не повинні призводити до суттєвих змін у родючості ґрунту, погіршення якості продукції та викликати інші несприятливі наслідки.

До раціонального мінімуму повинен бути зведений вивіз сільськогосподарської продукції за межі забрудненої території. Останнє, однак, не може бути перепорою для використання поза неї продукції, у якій кількість радіонуклідів відповідає державним санітарно-гігієнічним нормативам [20].

РОЗДІЛ 4

ЗАХОДИ ЗІ ЗМЕНШЕННЯ ВМІСТУ РАДІОНУКЛІДІВ В ПРОДУКЦІЇ РОСЛИННИЦТВА І ТВАРИННИЦТВА

Споживання сільськогосподарської продукції, одержаної на забруднених радіоактивними речовинами територіях, є головним джерелом опромінення людини. Тому агропромислове виробництво в таких умовах повинно вестись за технологіями, які сприяли б максимальному зменшенню міграції радіонуклідів харчовими ланцюжками, виключали можливість збільшення площ забруднених радіонуклідами сільськогосподарських угідь, забезпечували радіаційну безпеку населення, що працює і мешкає у цих умовах.

4.1. Засоби зменшення переходу радіонуклідів з ґрунту в сільськогосподарські рослини

Запобігання переходу радіонуклідів з ґрунту в рослини, тобто гальмування їх руху на початковій і найвідповідальнішій ланці їх короткого харчового ланцюжку – одне з головних сучасних завдань не тільки сільськогосподарської радіоекології, а й загальної радіобіології, так як спрямоване у кінцевому підсумку на протирадіаційний захист людини.

В залежності від властивостей ґрунту, ступеню його забруднення радіоактивними речовинами, а також видів сільськогосподарських рослин, що вирощуються, шляхів використання врожаю та деяких інших умов застосовують різні засоби, які можуть зменшити нагромадження радіонуклідів в продукції рослинництва і кормовиробництва в багато разів. Згідно з однією з класифікацій вони поділяються на дві групи:

1. *Загальноприйняті заходи*, застосування яких забезпечує ведення звичайного рівня рільництва або навіть сприяє збільшенню родючості

грунту, зростанню врожаю, якості врожаю і водночас приводить до зменшення переходу радіонуклідів в рослини;

2. *Спеціальні заходи*, головною метою яких є виключно зменшення надходження радіонуклідів в рослини.

Таке розподілення, звичайно, має дуже умовний характер, тому що загальноприйняті засоби у певних ситуаціях можуть бути трактовані як спеціальні і навпаки. Тому слушно визначити п'ять основних комплексних систем зниження надходження радіонуклідів у рослини, які враховують як загальноприйняті, так і спеціальні механічні, агротехнічні, агрохімічні, хімічні та біологічні заходи: обробіток ґрунту, застосування хімічних меліорантів та добрив, зміни складу рослин у сівозміні, зміни у режимі зрошення і застосування спеціальних речовин та прийомів.

4.1.1. Обробіток ґрунту

Після випадання радіоактивні опади концентруються головним чином у верхньому досить тонкому шарі ґрунту. При порівняно невисоких рівнях забруднення ґрунту достатнім заходом може бути обробка звичайними фрезерними машинами або важкими дисковими боронами, а також оранка відвальними плугами на звичайну глибину 20–25 см. Змішування забрудненого поверхневого шару з більш глибоким різко зменшує розповсюдження радіоактивних опадів з вітром і суттєво знижує забруднення рослин аеральним шляхом.

За високих рівнів забруднення ефективним прийомом є загортання забрудненого шару ґрунту плантажним плугом на глибину 50–75 см з обертанням скиби. Це приводить до зменшення нагромадження рослинами радіоактивних продуктів у зоні переважного розташування кореневих систем у 5–10 разів.

Безперечно, внаслідок такої оранки бідних дерново-підзолистих ґрунтів, можна очікувати істотного погіршення родючості, практично, до повної її втрати. Проте у ряді випадків вона необхідна, так як знижує можливість поверхневого вітрового підйому і перенесення, змиву радіоактивних речовин, а також на порядок знижує радіаційний фон на місцевості.

Глибоке заорювання радіоактивних речовин – енергоємний захід, що вимагає багато зусиль і коштів. Тому його можна рекомендувати лише у виключних випадках під певні культури і, як правило, на невеликих площах.

За дуже високих рівнів забруднення проводять знімання верхнього шару ґрунту. З цією метою використовують нетрадиційну для агрономічної практики шляхоприбиральну, шляхобудівельну або спеціально сконструйовану техніку.

Проте зняття поверхневого шару на глибину усього 5 см дає до 500 м³ ґрунту з 1 га. Більш того, навіть за допомогою спеціальних машин в умовах поля практично неможливо зняти шар такої товщі, і тому об'єм ґрунтової маси може значно збільшуватись. Таку кількість ґрунту важко знімати, транспортувати, а головне – захоронити. Тому очищення поверхні ґрунту за допомогою цього прийому може бути рекомендоване лише в тих випадках, коли кількість радіонуклідів на них значно перевищує межі допустимих рівнів.

Іноді при дуже високих рівнях забруднення рекомендується засипка поверхневого радіоактивного горизонту товстим (0,5–1 м) шаром чистого ґрунту, вибраного з глибини. Безперечно, такий захід важко провести на значних територіях. Як і глибока оранка, зняття верхнього шару ґрунту, він може мати лише локальне застосування.

Більшість розглянутих прийомів, які зв'язані з обробіткою ґрунту, мають характер спеціальних заходів і ефективні лише у перший рік після випадання радіоактивних речовин. Якщо ж була проведена оранка і поверхневий забруднений шар перемішався на глибину орного шару, проведення їх часто втрачає сенс. У такому разі необхідно звернутися до інших засобів. Одним з

найбільш ефективним на всі наступні роки є застосування хімічних меліорантів і добрив.

4.1.2. Застосування хімічних меліорантів і добрив

Роль хімічних меліорантів, як речовин, що покращують фізикохімічний стан ґрунтів; мінеральних та органічних добрив, як постачальників елементів живлення рослин, в умовах забруднення угідь радіонуклідами не змінюється.

Проте, вони можуть набувати нових функцій, які пов'язані з їх фізикохімічними та хімічними властивостями. В умовах кваліфікованого застосування в певних формах, кількостях та співвідношеннях за допомогою них можна у багато разів зменшувати надходження радіонуклідів в рослини.

Вапнування та роль кальцію. Радіоактивні речовини часто надходять у навколишнє середовище у вигляді нерозчинних і важкорозчинних необмінних форм. Проте з часом при контакті з водою, киснем повітря вони можуть переходити в розчинний обмінний стан. Цьому особливо сприяє кисла реакція середовища. І було помічено, що на кислих ґрунтах в рослини надходить більша кількість радіонуклідів, ніж на нейтральних чи лужних. В зв'язку з цим спосіб вапнування кислих ґрунтів, котрий широко застосовується у практиці сільського господарства, як виявляється, не тільки сприяє поліпшенню умов росту рослин, але також і зниженню надходження у них радіонуклідів.

Головним компонентом вапна є кальцій – хімічний аналог стронцію у вигляді окису, гідроокису, вуглекислої солі. Тому внаслідок конкуренції, антагонізму між ними надходження в рослини ^{90}Sr зменшується, як правило, у більшій мірі, ніж ^{137}Cs .

Вапнування застосовують звичайно на підзолистих, дерновопідзолистих, деяких болотних, торфових ґрунтах, менше на сірих лісових ґрунтах.

Вапнування кислих забруднених радіонуклідами ґрунтів слід вважати одним з головних засобів, що суттєво гальмують перехід радіонуклідів з ґрунту

в рослини. Згідно з даними різних авторів, одержаних за 29 років після аварії на Чорнобильській АЕС, воно дозволяє зменшувати вміст ^{90}Sr в картоплі до 5–10 разів, у сінні бобових трав – в 6–8 разів, в овочах – в 4–6 разів, в ягодах – в 3–5 разів. Для ^{137}Cs ці кратності, як правило, дещо нижчі.

Зрозуміло, що внесення вапна та інших вапняних матеріалів можливе лише на кислих ґрунтах. Що стосується лужних ґрунтів, то збагачення їх на кальцій може проводитися за рахунок гіпсування. На нейтральних ґрунтах можна вносити збалансовані кількості вапняних матеріалів та гіпсу. Але слід відзначити, що досвід гіпсування ґрунтів з метою зменшення надходження радіонуклідів в рослини значно скромніший, ніж вапнування.

Калійні добрива. Надходження ^{137}Cs в рослини та нагромадження його в урожаї у значній мірі визначається вмістом в ґрунті і в самих рослинах його хімічного аналогу – калію. З підвищенням кількості калію в ґрунті зменшується надходження ^{137}Cs в рослини. Тому внесення калійних добрив у підвищених кількостях, особливо під рослини калієфіли, є одним з головних засобів зменшення вмісту цього радіонукліду в продукції рослинництва.

Досвід вивчення впливу калійних добрив на надходження ^{137}Cs в сільськогосподарські рослини величезний. Він однозначно свідчить про те, що їх внесення на бідних на калій ґрунтах завжди приводить до суттєвого зменшення вмісту цього радіонукліду в урожаї: в овочах і картоплі – в 4–8 разів, в зерні злаків і зернобобових – в 3–6 разів, в кормових травах, соломі злаків, льону – в 3–7 разів.

Досить суттєво знижує надходження ^{137}Cs як через корені, так і через листя некореневе підживлення рослин калієм.

Підсилення калійного живлення рослин зменшує і надходження ^{90}Sr . Особливо виразно це проявляється також на підзолистих та дерново-підзолистих ґрунтах. Так, додавання калійних добрив на дерново-підзолистих ґрунтах легкого механічного складу знижує нагромадження ^{90}Sr в урожаї зернових, картоплі і овочевих рослинах в 2–3 рази. Зменшення надходження

цього радіонукліду під впливом калійних добрив звичайно пояснюється відомим антагонізмом між калієм з одного боку, і кальцієм та ^{90}Sr з другого.

Фосфорні добрива. Солі фосфорних кислот здатні утворювати зі стронцієм, як, до речі, і з іншими елементами другої групи, слабо розчинні чи навіть практично нерозчинні сполуки типу вторинних і третинних фосфатів. На підставі цього цілком слушно було припущено, що внесення в ґрунт фосфорних добрив повинно зменшувати перехід ^{90}Sr в рослини. І досить великий масив науково-дослідницьких і виробничих даних свідчить про те, що внесення фосфорних добрив в будь-яких формах на будь-яких відмінностях зменшує нагромадження ^{90}Sr практично всіма видами рослин в 2–6 разів. Найбільш ефективними є добрива, які містять фосфати кальцію та калію. Так, внесення в ґрунт фосфатів калію у декілька разів знижує в рослинах вміст як ^{90}Sr , так і ^{137}Cs . Інші фосфати – амонію, натрію, магнію впливають, головним чином, тільки на кількість ^{90}Sr .

Якщо у відношенні впливу фосфорних добрив на надходження в рослини ^{90}Sr протиріч немає, то у відношенні ^{137}Cs вони існують. На деяких ґрунтах фосфорні добрива у формі суперфосфатів можуть посилювати нагромадження ^{137}Cs рослинами. Так, внесення суперфосфату на вилугуваному чорноземі зумовлює збільшення вмісту ^{137}Cs в продуктивних органах рослин в 1,5–2 рази. На бідних дерново-підзолистих ґрунтах цей ефект практично не проявляється. Азотно-фосфорне добриво без калію часто підсилює надходження ^{137}Cs в рослини на всіх типах ґрунтів. На чорноземах спостерігали збільшення майже у 4 рази.

Азотні добрива. На забруднених радіонуклідами ґрунтах слід обережно підходити до використання азотних добрив. Існує немало даних про те, що при їх внесенні збільшується накопичення в рослинах як ^{137}Cs , так і ^{90}Sr . Основною причиною цього вважається можливе підкислення ґрунтового розчину і зростання в цих умовах рухомості практично всіх елементів живлення, в тому числі і радіоактивних, при застосуванні традиційних для України і більшості

країн Європи аміачної селітри – фізіологічно кислої форми азотних добрив, а також карбаміду, який, розкладаючись в ґрунті на аміак та вуглекислоту, здатний також сприяти зсуву реакції середовища у бік підкислення.

Саме тому на забруднених радіонуклідами ґрунтах не рекомендується збільшувати дози азотних добрив, а вносити їх у тих кількостях, що рекомендовані для звичайних умов вирощування виду на даній ґрунтовій відмінності чи навіть менших. Але дози фосфорних і калійних добрив з метою максимального зниження находження радіонуклідів слід збільшувати, відповідно, в 1,5 і 2 рази.

Мікродобрива. Певна роль у зниженні надходження радіонуклідів в рослини належить мікроелементам. Дія мікроелементів особливо значуща на ґрунтах з їх дефіцитом. Саме такими є ґрунти Полісся і півночі Лісостепу, найбільш піддані радіонуклідному забрудненню внаслідок аварії на Чорнобильській АЕС. І багатогранна роль, яку грають мікроелементи в житті живих організмів, дозволяє припустити різні механізми їх впливу на поведінку радіонуклідів у ланці ґрунт–рослина. Деякі з них, будучи хімічними аналогами радіонуклідів, можуть вступати з ними в конкурентні відносини при надходженні з ґрунту в рослини. Вони можуть впливати на проникність клітинних мембран для радіонуклідів з певними іонними радіусами, зарядом, геометрією координаційної та електронної конфігурації; можуть активізувати або, навпаки, гальмувати системи транспорту окремих радіонуклідів; утворювати комплексні сполуки з різними речовинами, в тому числі і фізіологічно активними, котрі впливають на надходження радіонуклідів в рослини та їх пересування в окремі органи. І особливо гостро всі ці ефекти можуть проявлятися в умовах природного або штучного дефіциту мікроелементів. Саме тоді їх додаткове внесення приводить до максимально виражених позитивних результатів.

Так, внесення в ґрунт при посіві або позакореневе підживлення рослин люпину, гороху, вівса розчинами цинку, марганцю, міді, кобальту на дерново-

підзолистих піщаних ґрунтах в 1,5–2 рази зменшує накопичення ^{90}Sr і ^{137}Cs в соломі і зерні.

Органічні добрива. Внесення в ґрунт органічних добрив збільшує ємність ґрунтового вбирного комплексу і може суттєво зменшувати надходження в рослини радіонуклідів. До того ж органічні добрива, основну масу котрих складають розкладені рештки рослин, містять у збалансованих кількостях чи близьких до таких всі необхідні для рослин макро- та мікроелементи, багато з яких знижують надходження радіонуклідів в рослини. Пташиний послід містить ще й у підвищених кількостях кальцій.

Особливо ефективним є внесення гною, перегною, низинного торфу, сапропелів на ґрунтах легкого механічного складу. При цьому органічні добрива запобігають переходу в рослини не тільки ^{90}Sr і ^{137}Cs , але й багатьох інших радіонуклідів, таких як ^{106}Ru , ^{144}Ce і навіть ^{239}Pu та ^{241}Am , які не мають хімічних аналогів-антагоністів серед елементів живлення.

При використанні органічних та інших місцевих добрив слід дотримуватися певних правил. Гній, компост, попіл, одержані в місцевості з підвищеною щільністю радіонуклідного забруднення, можуть перетворитися на джерело вторинного забруднення ґрунту. Високий рівень забруднення можуть мати і сапропелі за рахунок концентрування радіоактивних частинок з площ водозборів. Тому такі добрива не рекомендується застосовувати на полях з низьким вмістом радіонуклідів. Не слід також вносити їх на овочевокартопляних сівозмінах, продукція яких йде безпосередньо в раціон людини часто-густо без будь-якої кулінарної обробки. Найбільш доцільно використовувати такі добрива під технічні культури, на насінницьких ділянках, у сівозмінах кормового напрямку.

Таким чином, застосування хімічних меліорантів і добрив на забруднених радіоактивними речовинами ґрунтах при дотриманні певних правил і закономірностей є одним з головних засобів зменшення їх кількості в рослинах. При цьому треба враховувати і те, що зниження радіоактивності продукції

рослинництва досягається не тільки за рахунок зменшення їх переходу з ґрунту, але й за рахунок розбавлення при збільшенні врожаю.

4.1.3. Зміна складу рослин у сівозміні

Різні види рослин з неоднаковою інтенсивністю поглинають і накопичують у своїх органах окремі радіонукліди. Тому при плануванні заходів по зменшенню їх надходження в сільськогосподарські культури слід звертати особливу увагу на добір у сівозміні як видового складу рослин, так і сортового. Кальцієфільні рослини, у першу чергу бобові, такі як люпин, люцерна, конюшина, вика, горох, квасоля, формуючи свої органи, разом з кальцієм накопичують, так би мовити «помилково» і його хімічний аналог стронцій, в тому числі і ^{90}Sr . Злаки, які поглинають кальцій у порівняно невеликих кількостях, значно менше нагромаджують і ^{90}Sr . Тому накопичення цього радіонукліду різними видами рослин при вирощуванні в однакових умовах може відрізнитись у десятки разів. Вегетативні органи зернових і зернобобових видів нагромаджують ^{90}Sr у багато разів більших кількостях, ніж зерно.

З овочевих культур, які складають значну частку в раціоні людини, мабуть найбільше усього накопичують ^{90}Sr коренеплоди і бульбоплоди. По їх відносній частці у раціоні перше місце займають картопля і буряки столові. Суттєва частка належить і капусті.

Аналогічно калієфільні рослини, такі як той же люпин, кукурудза, картопля, буряки, гречка та багато інших разом з калієм у великих кількостях накопичують його хімічні аналоги з першої групи періодичної системи, в тому числі і цезій з його радіоактивними ізотопами ^{134}Cs і ^{137}Cs . В порядку зменшення вмісту ^{137}Cs у продовольчих частинах окремі види рослин розміщуються у такій послідовності: зернові та зернобобові – гречка-соябоби-квасоля-горох-овес-жито-пшениця-ячмінь-просо-тритикале-кукурудза; кормові (зелена маса) – люпин жовтий-капуста кормова-вика-соняшник-конюшина-

тимофіївка-костриця безоста-кукурудза; деякі технічні – редька олійна-ріпак-буряки цукрові-соняшник-льон; овочеві – капуста-буряк столовий-салат-морква-картопля-огірок-гарбуз-помідор.

Міжвидові відмінності сільськогосподарських рослин у накопиченні цих радіонуклідів сягають багатьох десятків разів. Так, різниця у накопиченні ^{137}Cs у зерні гречки і кукурудзи досягає 60 разів, продуктивними органами овочевих рослин – 25 разів. Кількість ^{90}Sr в сінні бобових трав в 2– 10 разів вища, ніж в злакових.

Велике значення у формуванні сівозміни на забруднених радіонуклідами території можуть мати сортові особливості рослин. Так, окремі сорти гороху за здатністю накопичувати ^{90}Sr відрізняються в 2,5 рази, а сорти ярої пшениці за здатністю нагромаджувати ^{137}Cs – майже у два рази. Що ж стосується озимої пшениці, то різниця у накопиченні цього радіонукліду різними сортами досягає 5 разів. Є відомості щодо 3-кратних коливань у накопиченні ^{137}Cs різними сортами кукурудзи, картоплі.

Дані про здатність тих чи інших видів рослин та їх сортів до накопичення певних радіонуклідів необхідно використовувати при організації рослинництва на забруднених радіонуклідами територіях з метою одержання продукції з мінімальною їх кількістю. Іноді для того, щоб знизити або уникнути забруднення продукції рекомендується змінити напрям рослинництва.

Згідно з рекомендаціями Інституту землеробства НААН України, на забруднених радіонуклідами дерново-підзолистих піщаних ґрунтах слід застосовувати таку сівозміну: 1) озимі на зелений корм + післяукісна кукурудза на зелений корм, 2) озиме жито, 3) картопля, 4) овес; на дерновопідзолистих супіщаних ґрунтах – таку: 1) кукурудза на зелений корм та силос, 2) озиме жито, 3) картопля, 4) ячмінь з підсівом багаторічних трав (злаково-бобові сумішки), 5) багаторічні трави, 6) озима пшениця; на сірих лісових суглинистих ґрунтах та чорноземах обмежень щодо видового набору і чергування культур немає.

4.1.4. Зміна режиму зрошення

При зрошенні інтенсивність залучення радіонуклідів у біологічний кругообіг зростає. Розрізняють три головних шляхи впливу зрошення на їх нагромадження в рослинах:

1. При зрошенні відбуваються істотні зміни у водному режимі ґрунту, внаслідок чого може зростати рухомість радіонуклідів і їх доступність для корневих систем рослин;
2. Внаслідок змін характеру фізіологічних процесів, які знаходяться у зв'язку зі змінами у надходженні в рослини і транспорті елементів мінерального живлення, відбуваються зміни як у нагромадженні окремих елементів, так і радіонуклідів;
3. При зрошенні надходження радіонуклідів у рослини може йти по таких ланцюжках міграції, яких немає у богарному землеробстві (наприклад, при дощуванні перехід радіонуклідів у рослини безпосередньо з поливних вод, які містять радіоактивні речовини, через надземні органи).

Таким чином, в умовах зрошення можуть утворюватися сприятливі умови для надходження радіонуклідів в рослини. Джерелами їх можуть бути як забруднена вода, так і ґрунт.

Надходження радіонуклідів у рослини залежить від способу поливу. При дощуванні (а цим засобом в Україні зрошується понад 90% зрошуваних земель) забрудненою водою радіонукліди поглинаються головним чином надземною частиною рослин при попаданні поливної води на листя, квіти, плоди, стебла. В цьому випадку надходження радіонуклідів до рослин буде максимальним. При поверхневому поливі поля по борознах, напуском по смугах, затоплюванням; при підґрунтовому зрошенні, коли вода надходить по капілярах безпосередньо у кореневмісний шар ґрунту з системи підґрунтових зволожувачів; при крапельному зрошенні, коли вода підводиться до поверхні ґрунту у зоні

кореневої шийки рослин, їх надходження відбувається через корені. В цьому випадку накопичення радіонуклідів буде значно меншим, оскільки частину з них поглинає ґрунт. Не можна не враховувати й того, що частина радіонуклідів затримується кореневою системою, поглинається стінками провідних судин стебла та інших органів надземної частини.

При поливі незабрудненою радіонуклідами водою, навпаки, слід віддати перевагу поливу дощуванням.

Полив чистою водою сприяє глибокому промиванню ґрунту, переносу радіонуклідів з поверхневих горизонтів у більш глибокі до зони кореневого заселення, збільшення рухомості радіонуклідів і надходженню їх у рослини.

Виділяють такі загальні правила щодо зміни режиму зрошення. Головним чином вони стосуються найбільш небезпечної ситуації, коли полив здійснюється водою, яка містить радіоактивні речовини. А саме така ситуація склалася після аварії на Чорнобильській АЕС на зрошуваних землях півдня України, де полив проводиться Дніпровською водою, яка приносить радіонукліди з північної частини (приток Дніпра Прип'ять, на якому знаходиться АЕС, формує до 40% радіоактивного стоку Дніпра):

- при можливості вибору способу зрошення перевагу віддавати поверхневому поливу;
- в межах обсягу зрошувальної норми зменшити кількість поливів;
- віддавати перевагу проведенню поливів у першій половині вегетаційного періоду;
- не допускати поливу, особливо дощуванням, в період формування та визрівання частин рослин, які становлять предмет урожаю.

Зазначені обмеження у зрошенні, безперечно, можуть впливати на продуктивність сільськогосподарських рослин, тому що будь-яке відхилення від технології зрошення призведе до порушення оптимальних умов їх вирощування. Але це повністю компенсується одержаною більш чистою щодо вмісту радіонуклідів продукцією рослинництва.

4.1.5. Застосування спеціальних речовин та прийомів

Відомо досить багато всіляких відносно простих і складних, природних та штучних речовин, внесення яких у ґрунт зменшує перехід радіонуклідів у рослини. Серед них можна виділити два основних класи – адсорбенти і комплексонати. Перші поглинають радіонукліди, роблячи їх недоступними для рослин, другі – утворюють з радіонуклідами складні сполуки, переводячи їх у важко розчинні не засвоювані рослинами форми або, навпаки, легко розчинні, котрі вимиваються з кореневмісного шару у глибинні горизонти ґрунту.

У якості адсорбентів найбільше розповсюдження одержали деякі природні мінерали, які мають високу сорбційну здатність щодо радіонуклідів, зокрема, цеоліти, поклади яких виявлені у Прикарпатті. Міцно і у великих кількостях поглинають і закріплюють ^{90}Sr і ^{137}Cs ілліти та вермикуліти, дещо слабкіше – монтморилоніти та каолініти. Ефективними сорбентами вважаються такі мінерали, як флогопіти, гідрофлогопіти, глауконіти, асканіти, гумбрини, біотити, бентоніти. Не дивлячись на відносну дешевизну, їх використання пов'язане з великими витратами, так як є доцільним тільки за дуже високих норм їх внесення у ґрунт – до 0,5–1% до об'єму орного шару. А це – 10–12 тон мілко розмеленого мінералу на один гектар поля. За такого разового внесення вдається знизити надходження радіонуклідів у рослини в 1,5–3 рази протягом декількох наступних років. Іноді ці мінерали відносять до меліорантів, так як їх внесення суттєво покращує механічні властивості ґрунту.

Виражену сорбційну здатність має так зване «активне вугілля» – різновид шлаків, що утворюється при спалюванні кам'яного вугілля. Його внесення на підзолистих ґрунтах у кількостях удвічі менших, ніж природних мінералів, дозволяє досягти такого ж ефекту.

В багато разів зменшує надходження у рослини багатьох радіонуклідів, в тому числі ^{239}Pu і ^{241}Am , внесення в ґрунт амінополікарбонових кислот та їх похідних. Ці речовини утворюють з радіонуклідами комплексні водорозчинні

сполуки, сприяючи їх швидкому вимиванню. Однак, цей спосіб належить до дуже дорогих заходів і поки що не одержав розповсюдження у рослинництві.

Засобом прямого зниження надходження радіоактивних речовин у сільськогосподарські рослини є обприскування ґрунту і рослинності розчинами спеціальних хімічних сполук, які утворюють на них важкорозчинні у воді полімерні плівки. Така захисна плівка подавляє вторинний пиловий перенос радіоактивних частинок, зменшуючи тим самим ступінь аерального забруднення рослин і інших організмів радіоактивними речовинами.

До спеціальних прийомів слід також віднести і фітодезактивацію ґрунтів.

Слід відзначити, що всі розглянуті спеціальні прийоми у своїй більшості є дорого коштовними і на теперішній час мало перспективними.

Необхідно відзначити, що кожна з розглянутих комплексних систем заходів чи окремих прийомів по запобіганню переходу радіонуклідів з ґрунту в сільськогосподарські рослини в умовах одночасного застосування декількох з них можуть не давати арифметичного збільшення ступеню зниження депонування радіонуклідів рослинами. Більш того, на фоні декількох заходів їх вплив на надходження в рослини продуктів поділу може істотно змінюватися аж до зниження ефективності кожного з них при застосуванні окремо.

4.2. Основні прийоми зменшення переходу радіонуклідів в продукцію тваринництва

Більше 95% радіонуклідів надходить до організму продуктивних сільськогосподарських тварин з кормом, основу якого складають рослини. З водою надходить порівняно невелика їх частка. Отже, основне завдання тваринництва на забруднених радіонуклідами територіях полягає у забезпеченні тварин «чистими» кормами. На жаль, це не завжди можливе, і тому система прийомів зменшенні переходу радіонуклідів в продукцію тваринництва складається з декількох прийомів: покращення кормової бази; складання

раціонів; включення до раціонів добавок і препаратів, що перешкоджають переходу радіонуклідів в продукцію тваринництва і деяких організаційних заходів.

4.2.1. Покращення кормової бази

Вміст радіонуклідів у раціоні сільськогосподарських тварин і, відповідно, перехід в продукцію тваринництва залежать від низки факторів їх годівлі та утримання. Нагромадження радіонуклідів кормовими рослинами, як і іншими, у першу чергу визначається їх біологічними особливостями і типом ґрунту, на якому вони вирощуються, про що говорилося вище. Але у значній мірі воно залежить і від характеру розподілу радіонуклідів у ґрунті. На угіддях, що оброблюються, радіонукліди рівномірно розосереджується в орному горизонті. Але на цілинних землях природних луків, пасовищ і сіножатей вони зосереджуються в основному (до 90%) у верхньому 4–6- сантиметровому шарі дернини, внаслідок чого їх питома радіоактивність при однаковій загальній щільності забруднення території може у багато разів перевищувати радіоактивність ґрунту ораних угідь. Така акумуляція радіонуклідів у зоні активного коренезаселення створює умови для підвищеного їх переходу в рослини.

Великий вплив на забруднення продукції тваринництва радіонуклідами має стан пасовищ і луків. При випасанні худоби на бідних природних пасовищах при вибитому і слаборозвиненому травостой рівень забруднення молока і м'яса може бути у декілька разів вищим, ніж на луках з добрим травостоєм. Це пов'язане з мимовільним захватом та поїданням тваринами радіоактивних частинок ґрунту і дернини. Встановлено, що корова на таких луках протягом пасовищного періоду заковтує до 200 кг ґрунту, а вівця – до 50 кг. Це, безперечно, стає суттєвим джерелом надходження радіонуклідів до

організму тварин, особливо навесні та восени, коли у періоди дощів частка надходження їх з ґрунтом може зростати.

Тому на природних пасовищах і луках рекомендується проведення заходів, які б, з одного боку, сприяли покращенню травостою, а з другого – зменшували надходження в нього радіонуклідів. Насамперед, це поверхневе та докорінне поліпшення кормових угідь.

Поверхневе поліпшення застосовують як правило, на піщаних ґрунтах, у випадках, коли угіддя не можна переорювати через загрозу ерозії, або коли у травостої збереглось до 50% цінних бобових та злакових трав. Воно передбачає поверхневе внесення вапна, азотних та підвищених рівнів фосфорно-калійних добрив. Цей захід разом зі зростанням продуктивності луків і пасовищ у 2–4 рази зменшує перехід в рослини радіонуклідів.

В інших випадках належить проводити докорінне поліпшення природних кормових угідь. Воно включає оранку або глибоку культивування угідь дисковими боронами з руйнуванням і перегортанням старої дернини, проведення вапнування кислих ґрунтів, внесення повного мінерального добрива з підвищеними, відповідно, у 1,5 і 2 рази дозами фосфорних і калійних добрив. Цей захід дає змогу зменшити перехід радіонуклідів у трави в залежності від умов і повноти здійснення прийомів в 2–10 разів.

Важливе значення при докорінному поліпшенні кормових угідь надається формуванню травостою. Ранні злакові суміші характеризуються відносно меншими рівнями накопичення радіонуклідів, ніж пізні. Але за високої інтенсивності випасання худоби використання пізніх злакових трав виявляється ефективнішим, особливо в суміщі з бобовими. Для підвищення вмісту кормового білку бажано здійснювати підсіви конюшини червоної у суміщі з ранніми злаковими травами і конюшини білої – з пізніми.

Щодо вирощування кормових рослин у сівозмінах, то для одержання продукції високої якості там треба дотримуватися всіх заходів, розглянутих у попередньому підрозділі.

4.2.2. Зміна раціонів

Важлива роль у зниженні переходу радіонуклідів з кормів в продукцію тваринництва належить раціону. Шляхом зміни раціону можна у 2–5 разів знизити вміст ^{90}Sr та ^{137}Cs у молоці, м'ясі, яйцях, субпродуктах. В основі складання раціонів повинен бути постійний контроль за станом радіоактивного забруднення кормів. Крім того, слід враховувати здатність різних видів рослин до нагромадження окремих радіонуклідів. Велику увагу необхідно також приділяти значенням коефіцієнтів переходу (K_{Π}) окремих радіонуклідів у різні продукти.

4.2.3. Включення до раціонів добавок і препаратів, що перешкоджають переходу радіонуклідів в продукцію

Важливу роль у запобіганні переходу в організм сільськогосподарських тварин радіонуклідів відіграє оптимізація мінерального живлення. Найбільше практичне значення у цьому відношенні, як і при розробці систем мінерального живлення рослин, являє кальцієве і калійне живлення. Кальцій в організмі хребетних тварин грає особливу роль, складаючи основу скелета, а у ссавців – ще й головний мінеральний компонент молока. При дефіциті в організмі кальцію його місце можуть посідати хімічні аналоги – в першу чергу елементи другої групи періодичної системи, серед котрих знаходиться і стронцій. Саме тому порушення кальцієвого живлення може призводити до збільшення накопичення в організмі тварин ^{90}Sr . У той же час збагачення раціону кормами, які містять кальцій, наприклад, бобовими травами, додавання мінерального підкорму у вигляді вуглекислих, а особливо фосфорнокислих, солей кальцію являє собою дешевий і доступний спосіб обмеження переходу ^{90}Sr із шлунково-кишкового тракту в тканини – тобто в продукцію тваринництва.

Значна роль у зменшенні надходження радіонуклідів в організм тварин, а також у підвищенні їх стійкості до іонізуючих випромінювань належить мікроелементам. Особливо це стосується регіонів Полісся, ґрунти яких і, відповідно, корми, бідні не тільки за вмістом основних макроелементів, але й більшості біологічно важливих мікроелементів, таких як йод, фтор, цинк, кобальт, марганець, мідь, селен та інших. Збагачення раціону тварин солями цих елементів може стати важливим заходом в системі ведення тваринництва на забруднених радіонуклідами територіях.

Окрім того, застосування прийомів, спрямованих на зменшення надходження радіонуклідів в рослини, зокрема вапнування угідь, збільшення доз фосфорних добрив призводить до зв'язування багатьох мікроелементів в ґрунті і зменшенню їх кількості у рослинах, а, відповідно, і в раціоні тварин. Це може стати причиною ряду захворювань тварин, відомих під загальною назвою гіпомікроелементозів. Тому слід періодично на основі даних про вміст мікроелементів в кормах, воді, молоці, крові, м'ясі уточнювати необхідні дози їх солей у раціонах тварин.

Відомі речовини, які здатні знижувати перехід радіонуклідів з кормів до тканин тварин. До них належить велика група різних за хімічною будовою сполук, котрі при додаванні у раціон зв'язують радіонукліди у шлунково-кишковому тракті, зменшуючи їх всмоктування. Вони одержали назву ентеросорбентів. Таку дію мають альгінати – солі альгінових кислот, які виділяють з деяких видів бурих водоростей. Додавання альгінатів і навіть самих водоростей до раціону тварин знижує відкладання ^{90}Sr у тканинах у 1,5–2 рази. Схожий ефект мають пектинові речовини, яких багато містять коренеплоди і особливо буряки, в тому числі й кормові, гарбуз, плоди кісточкових ті сім'ячкових фруктових порід.

Надзвичайно високою ефективністю щодо обмеження всмоктування ^{137}Cs у шлунково-кишковому тракті тварин – не тільки ссавців, але й птиці, відзначається фероцін та його похідні – фероціаніди заліза, кобальту, нікелю.

Фероціаніди утворюють з ^{137}Cs нерозчинні сполуки, які не проникають через стінки шлунку та кишок і виводяться з організму звичайним шляхом.

Як ефективні ентеросорбенти використовуються і цеоліти у вигляді простого розмеленого мінералу (кліноптилоліт) і модифікованого шляхом спеціальної обробки (хумоліт), котрі додаються до концентрованих кормів у кількостях до 10%. У молоці це забезпечує зниження вмісту ^{137}Cs в 1,5–3 рази, у м'ясі різних тварин – в 1,5–3 рази.

Всі ці речовини, котрі зменшують накопичення радіонуклідів в організмі, блокуючи їх включення в тканини шляхом конкурентної взаємодії, сорбції, утворення комплексних сполук чи за допомогою інших механізмів, відносяться до класу радіоблокаторів. Що стосується радіодекорпорантів – речовин, які прискорюють виведення радіонуклідів з організму, то вони у тваринництві практично не застосовуються в зв'язку з дороговизною.

4.3. Очищення сільськогосподарської продукції від радіонуклідів

Якими б ефективними не були радіозахисні заходи при веденні рослинництва і тваринництва на забруднених радіонуклідами територіях, одержана сировина і продукти харчування далеко не завжди відповідають санітарно-гігієнічним нормативам щодо вмісту радіонуклідів. Проте це зовсім не означає, що така продукція повинна бути знищена. За деяких технологічних переробок, які передбачають її розподіл на декілька компонентів, може виявитись, що переважна частина радіонуклідів зосереджується тільки у деяких з них. Нерідко таким компонентом стає не основний, а супутній продукт переробки. Необхідно також мати на увазі, що радіонукліди надходять у рослини, переходять у організм тварин і транспортуються по тканинах переважно у формі розчинених у воді речовин. Тому зосереджуються вони переважно у водяній частині продукції і переходять під час переробки до водного розчину. Внаслідок цього будь-яка технологічна переробка продукції,

яка передбачає відокремлення води шляхом віджимання, фільтрування, центрифугування та інших засобів, але не висушування і концентрування, буде приводити до її дезактивації. Такі прийоми дозволяють зменшити вміст дозоутворюючих радіонуклідів у 1,5–10 і більш разів, доводячи кінцевий продукт до необхідного рівня.

Більш того, деякі спеціалісти серед всіх радіозахисних прийомів надають перевагу саме технологічним переробкам, вважаючи контрзаходи у рослинництві і тваринництві економічно не вигідними.

4.3.1. Очищення продукції рослинництва

Існують досить прості прийоми очищення деяких видів продукції рослинництва, і складні технології, які можуть бути здійснені тільки за промислових умов. Так, оскільки мінералізовані плівки і оболонки бульбоплодів, коренеплодів, цибулин та інших овочевих культур, продукція котрих часто-густо без будь-якої кулінарної обробки попадає на стіл споживача, можуть бути забруднені частинками ґрунту, містять багато солей кальцію і калію, а з ними, відповідно, стронцію і цезію, промивка водою, ретельне глибоке очищення дозволяє значно знизити кількість в них радіонуклідів. У коренеплодів найбільш забрудненими частинами є головка і кінчик, у голівці капусти – качан, у цибулин – денце, у салатних видів – прикореневі частини. При очищенні це треба враховувати.

Внаслідок очищення зернівок зернових та круп'яних культур, борошно, крупи містять у 1,5–2 рази менше радіонуклідів, ніж зібране зерно. Тому, чим вище сортність таких продуктів, хлібобулочних виробів, тим нижчий у них вміст радіоактивних речовин.

При варінні, засолюванні, маринуванні овочів відбувається додаткове, часом значне, їх очищення від радіонуклідів. Зрозуміло, що радіонукліди при цьому переходять, відповідно, у відвар, розсіл, маринад.

Дуже високого ступеня очищення продукції можна досягти при переробці забрудненої радіонуклідами картоплі на крохмаль. Технологія виділення крохмалю передбачає подрібнення бульб з наступним відокремленням клітинного соку та видобуванням крохмальних зерен промиванням водою. За цих операцій переважна частина радіонуклідів відходить з водою, а одержаний продукт – полісахарид крохмаль містить їх у середньому в 50 разів менше, ніж сама картопля. Аналогічним шляхом після попереднього намочування у воді видобувається крохмаль із зерна злаків.

При переробці будь-якої вуглеводвмісної продукції рослинництва і плідництва на етиловий спирт практично всі радіоактивні речовини, як між іншим, і нерадіоактивні, залишаються у середовищі бродіння. Одержаний же внаслідок дистиляції продукт виявляється у тисячу і більше разів чистішим за вихідний матеріал.

Забруднення радіонуклідами «не небезпечно» для цукрових буряків. Технологія одержання цукру складається з подрібнення коренеплодів на тонку стружку і наступного вимивання його гарячою водою, до якої разом з цукром переходять і всі радіонукліди. Але за наступних операцій видалення та очищення цукру – дефектації, сатурації, сульфитації, випаровування, фільтрації, уварення і, зрештою, кристалізації, одержується так званий «білий цукровий пісок» з кількістю радіонуклідів у 50–70 разів меншою, ніж у коренеплодах.

Надзвичайно високий ступінь очищення продукції із дуже забруднених радіонуклідами рослин досягається при одержанні рослинних олій з насіння соняшнику, льону, конопель та інших видів рослин. Технологія одержання олій передбачає проведення таких операцій як віджимання рідкої фракції, екстрагування жиру, його дистиляція та очищення. Головна операція – екстрагування жирів здійснюється за допомогою органічних розчинників, у яких ^{90}Sr , ^{137}Cs та інші радіонукліди не розчиняються. І вже на цьому етапі можна одержати практично чистий від радіоактивних речовин проміжний продукт, який у перебігу наступної дистиляції та очищення шляхом

відстоювання, фільтрації, гідратації, а, особливо, рафінування, доводиться до надзвичайно високого ступеня чистоти.

Саме тому зазначені технічні культури рекомендуються для вирощування на особливо забруднених радіоактивним речовинами територіях, де вирощування інших сільськогосподарських рослин неможливе або недоцільне з економічної точки зору.

Забруднена радіонуклідами, непридатна навіть для годівлі тварин біомаса рослин може бути використана для прямого одержання харчового та кормового білку. Ця новітня біотехнологія, яка вже досить широко застосовується у деяких країнах, в Україні знаходиться на стадії вивчення. Вона передбачає виділення білку безпосередньо з зеленої маси шляхом віджимання клітинного соку і наступної коагуляції з нього, згідно спеціальної технології, чистого білку, який містить в десятки разів менше радіоактивних речовин, ніж рослини. Такий білковий препарат являє собою надзвичайно цінний продукт для харчової промисловості і як добавка до концентрованих кормів сільськогосподарським тваринам.

Ця технологія може знайти застосування при утилізації забрудненої радіоактивними речовинами біомаси рослин, що одержується внаслідок проведення фітодезактивації ґрунтів, про яку говорилось вище.

Не всі розглянуті прийоми переробки продукції рослинництва можна назвати її очищенням. Все ж таки в результаті їх застосування часто одержується хоча і чистий, але інший продукт. Проте вони свідчать про можливий раціональний підхід до використання забрудненої радіонуклідами продукції рослинництва, зрештою – шляхи її утилізації.

4.3.2. Очищення продукції тваринництва

Концентрація радіонуклідів в продукції тваринництва також може бути суттєво знижена внаслідок її переробки чи обробки. При цьому досить

відчутний ефект може бути досягнутий і при використанні звичайних прийомів. Кращим прикладом є дезактивація молока – основного дозоутворюючого компонента в раціоні людини, особливо дітей.

Існують також засоби, за допомогою яких можна здійснювати очищення молока від радіонуклідів без суттєвої зміни його хімічного складу та властивостей. Застосування пірофосфатів, які зв'язують стронцій, дозволяє протягом доби вилучити з молока до 80% ^{90}Sr . За допомогою іонообмінних смол можна швидко і досить ефективно очищати молоко і від інших радіонуклідів. Так, один об'єм відомого аніоніту Дауеск 2 дозволяє вилучити більш як 95% ^{131}I та 50% ^{90}Sr з 230 об'ємів молока. Створені також установки з очищення молока від ^{137}Cs шляхом сорбції його на фероцині.

Але найбільш ефективним є електродіалізний метод очищення молока, котрий дозволяє вивести з нього до 90% ^{90}Sr . А при електродіалізі через аніонообмінні мембрани з нього вилучається до 99% ^{137}Cs і до 70–90% ^{131}I . Собівартість молока при цьому збільшується лише на 10%.

Кулінарна обробка, яка складається з виварювання м'яса, є досить ефективним засобом його очищення. Виварювання кісток практично не впливає на вміст ^{90}Sr , який, як і кальцій, міцно включається у їх структуру – в бульйон переходить лише 0,01–0,2%.

Кулінарна обробка, яка складається з виварювання м'яса, є досить ефективним засобом його очищення. Виварювання кісток практично не впливає на вміст ^{90}Sr , який, як і кальцій, міцно включається у їх структуру – в бульйон переходить лише 0,01–0,2%

РОЗДІЛ 5

МАТЕРІАЛЬНО-ТЕХНІЧНІ РЕСУРСИ

5.1. Радіологічний контроль

Здійснення заходів, спрямованих на мінімізацію дозових навантажень на населення, що проживає на забруднених територіях, потребує додаткових витрат бюджетних коштів.

У рослинництві додаткового фінансування потребують внесення підвищених доз фосфорних та калійних добрив на малородючих ґрунтах Полісся, вапнування кислих ґрунтів, внесення сорбентів, залуження та перезалуження кормових угідь.

В галузі тваринництва додаткові кошти необхідно вкладати у застосування кормових домішок для худоби, що містять цезійсорбуючі препарати.

Для забезпечення радіаційного захисту працюючих в сільському господарстві людей необхідно передбачити придбання спецодягу і засобів індивідуального захисту (респіратори, окуляри, рукавички тощо).

Рослинництво. Основну потребу в меліорантах і добривах визначають згідно з "Рекомендаціями по веденню сільського господарства в умовах радіоактивного забруднення території України в результаті аварії на Чорнобильській ЛЕС" (1998). Додаткове внесення вапна передбачається для всіх видів ґрунтів із щільністю забруднення більш 185 кБк/м^2 за ^{137}Cs і $18,5 \text{ кБк/м}^2$ за ^{90}Sr для досягнення оптимальних значень рН ґрунту і для торфових ґрунтів зі щільністю забруднення ^{137}Cs більш 37 кБк/м^2 і ^{90}Sr більш $5,55 \text{ кБк/м}^2$. На супіщаних ґрунтах з рН 5,6 - 6,0 передбачається додаткове підтримуюче внесення вапна при щільності забруднення 37-185 кБк/м^2 і вище. Нормативи

потреби у вапнуванні забруднених ґрунтів Полісся визначено фахівцями Білоруського НДГА та УНДІСГР, їх наведено в таблиці 5.1.

Потреби у фосфорних добривах диференціюються за типами сільськогосподарських угідь, типами ґрунтів, вмістом фосфору в ґрунті й щільністю радіоактивного забруднення. Більша частина обстежених сільгоспугідь забруднених областей України характеризується низьким вмістом фосфору ($< 60 - 130 \text{ мг.кг}^{-1} \text{ P}_2\text{O}_5$). Потреба в фосфорних добривах (тонн діючої речовини) визначається шляхом множення площі орних або кормових угідь (га) з відповідним вмістом фосфору в ґрунті на нормативну дозу P_2O_5 (табл. 5.2).

Таблиця 5.1.

Нормативи внесення вапнякових добрив на ґрунтах, що зазнали радіоактивного забруднення

№	Ґрунт	pH_{KCL}	Доза CaCO_3 на незабруднених ґрунтах, т/га	Доза CaCO_3 на забруднених ґрунтах, (т/га) при щільності забруднення (кБк/м^2)	
				^{137}Cs 37-185 ^{90}Sr 5,55-18,5	^{137}Cs >185 ^{90}Sr >18,5
1	2	3	4	5	6
Орні землі					
1	Дерново-підзолисті:				
	суглинкові	<4,5	8,0	-	15,0
		4,6-5,0	7,0	-	13,0
		5,1-5,5	6,0	-	11,0
		5,6-6,0	4,0	-	7,0
	супіщані	<4,5	6,5	-	11,5
		4,6-5,0	5,5	-	9,5
		5,1-5,5	4,5	-	7,0
		5,6-6,0	-	3,0	4,0
	піщані	<4,5	5,5	-	8,5
		4,6-5,0	4,5	-	6,5
		5,1-5,5	3,5	-	4,5

1	2	3	4	5	6
2	Торфово-болотні	<4,0 4,1-4,5 4,6-5,0	12,0 7,0 4,0	19,0 11,0 6,5	19,0 11,0 6,5
Поліпшені сінокоси і пасовища					
3	Мінеральні	<4,5 4,6-5,0 5,1-5,5 5,6-6,0	7,0 6,0 5,0 3,5	- - - -	11,5 9,5 7,5 4,5
4	Торфово-болотні	<4,0 4,1-4,5 4,6-5,0	12,0 7,0 4,0	19,0 11,0 6,5	19,0 11,0 6,5

Істотного зниження надходження радіонуклідів Cs у рослини можна досягти за застосування калійних добрив. При щільності забруднення 37-185 кБк/м² на орних мінеральних ґрунтах залежно від забезпеченості їх калієм необхідно вносити додатково калійні добрива в дозах 15-50, на сінокосах та пасовищах - 15-40 кг К₂О на 1 га. При збільшенні щільності забруднення від 185 до 555 кБк/м² середні додаткові дози підвищують відповідно на оранці до 30-100 і на кормових угіддях до 30-80 кг К₂О на 1 га.

Таблиця 5.2.

Норми основної і додаткової потреби в фосфорних добривах на територіях з радіоактивним забрудненням

№	Ґрунт	Вміст P_2O_3 , мг.кг ⁻¹	Середня доза P_2O_3 на незабруднених ґрунтах, кг.га ⁻¹	Додаткова потреба P_2O_3 (кг.га ⁻¹) при щільності забруднення, кБк/м ²	
				¹³⁷ Cs 37-185 ⁹⁰ Sr 5,55- 18,5	¹³⁷ Cs-185- 555 ⁹⁰ Sr>18,5-74
1	2	3	4	5	6
Орні землі					
1	Дерново-підзолисті, дернові	<60	45	15	30
		61-100	40	10	20
		101-150	35	5	10
		151-250	20	-	5
		>250	-	-	-
2	Торфово - болотні	<200	60	20	40
		201-400	45	15	30
		401-600	30	10	20
		601-1000	20	-	5
		>1000	-	-	-
Сінокоси та пасовища, що були поліпшені					
3	Дерново - підзолисті, дернові	<60	35	15	30
		61-100	30	10	20
		101-150	25	5	10
		151-250	10	-	5
		>250	-	-	-
4	Торфово- болотні	<200	55	15	30
		201-400	40	10	20
		401-600	35	5	10
		601-1000	20	-	5
		>1000	-	-	-

Додаткову потребу в калійних добривах для забруднених територій розраховують множенням відповідних площ (за типом ґрунтів, вмістом

рухомого калію в ґрунті, щільністю забруднення) на нормативні дози K_2O в $кг.га^{-1}$ (табл. 5.3). Площа критичних за вмістом калію забруднених угідь в 5 областях України (Житомирська, Київська, Чернігівська, Рівненська, Волинська) становить 185,5 тис. га. Згідно з наведеними нормативами додаткова потреба в калійних добривах на забруднених землях становить майже 30 % основної.

Таблиця 5.3.

Норми основної і додаткової потреби в калійних добривах на територіях з радіоактивним забрудненням

№	Тип ґрунт	Вміст K_2O , $мг.кг^{-1}$ ґрунту	Середня доза K_2O на незабруднених ґрунтах, $кг.га^{-1}$	Додаткова потреба K_2O ($кг.га^{-1}$) при щільності забруднення, $кБк/м^2$	
				^{137}Cs 37-185 ^{90}Sr 5,55- 18,5	^{137}Cs -185-555 ^{90}Sr >18,5-74
1	2	3	4	5	6
Орні землі					
1	Дерново- підзолисті, дернові	<80	100	50	100
		81-140	90	30	60
		141-200	80	20	40
		201-300	55	15	30
		>300	-	-	-
2	Торфово - болотні	<250	140	40	80
		251-500	120	30	60
		501-800	100	20	40
		801-1200	60	10	20
		>1200	-	-	-
Сінокоси та пасовища, що були поліпшені					
3	Дерново- підзолисті, дернові	<80	80	40	80
		81-140	70	30	60
		141-200	60	20	40
		201-300	45	15	30
		>300	-	-	-

1	2	3	4	5	6
4	Торфово-болотні	<250	100	40	80
		251-500	90	30	60
		501-800	80	20	40
		801-1200	60	10	20
		>1200	-	-	-

Важливим контрзаходом у галузі є залуження і перезалуження лук і пасовищ для забезпечення ними всього поголів'я молочної худоби, яка перебуває у користуванні населення. Перезалуження планують, як правило, один раз на 4 роки з розрахунку 0,5 га пасовищ і 0,5 га сінокосів на 1 голову великої рогатої худоби. При плануванні обсягів фінансування враховують кошторис усіх необхідних технологічних операцій (обробіток ґрунту, внесення добрив та вапнування, насіння).

У приватному секторі планують ці роботи на основі даних про вклад в дозу внутрішнього опромінення, одержаної за споживанням молока і даних радіаційного контролю. Роботи з залуження і перезалуження також здійснюють у населених пунктах, де спостерігається періодичне підвищення допустимих рівнів вмісту радіонуклідів у продукції тваринництва.

У громадському секторі додаткові витрати на залуження та перезалуження планують для господарств, де спостерігають постійне перевищення вмісту радіонуклідів у продукції тваринництва протягом кількох років.

Під час запровадження в дію залужених кормових угідь для приватного сектора витрати за тимчасове використання громадських пасовищ для випасання худоби з останнього компенсують господарствам з розрахунку залуження і перезалуження 0,25 га сінокосів і 0,25 га пасовищ на 1 голову великої рогатої худоби приватного сектора.

Перехід радіоцезію в продукцію тваринництва істотно зменшується при використанні в раціоні худоби цезійсорбуючих препаратів на основі фероцину.

Заходи щодо забезпечення радіаційної безпеки при виконанні сільськогосподарських робіт. Для осіб, які працюють у зоні радіоактивного забруднення з щільністю ^{137}Cs 185 кБк/м² і більше передбачається придбання другого комплекту спецодягу та індивідуальні засоби захисту. Перелік додаткових витрат включає і фінансування агрохімічного та радіологічного обстежень сільськогосподарських угідь, що є основою для практичних заходів у сільському господарстві. До нього також належить фінансування робіт з перевірки і ремонту приладів радіаційного контролю, фінансової підтримки служб радіаційного контролю.

5.2. Радіаційний контроль

Радіаційний контроль, або радіаційно-дозиметричний (у межах цього документа) — система вимірювань та розрахунків, які спрямовані на оцінку доз опромінення окремих осіб або груп людей, а також радіаційного стану промислової зони та навколишнього середовища, транспортних засобів та вантажів з метою виявлення їх можливого радіонуклідного забруднення й запобігання несанкціонованому поведженню з джерелами іонізуючого випромінювання.

Головний центр спеціального контролю здійснює контроль за радіаційною обстановкою.

Радіаційний контроль здійснюється з метою:

- контролю за наявністю радіоактивних речовин в атмосфері, що дозволяє встановити факт аварій на АЕС та підприємствах, які використовують радіоактивне паливо;
- контролю за дотриманням договорів про заборону випробувань ядерної зброї.

Для контролю за радіаційною обстановкою створена система контролю радіаційної обстановки Головного центру спеціального контролю (СКРО ГЦСК).

СКРО ГЦСК здійснює системний контроль за гама-фоном та за концентрацією радіоактивних речовин у повітрі з метою виявлення вмісту радіонуклідів в атмосфері, їх ідентифікацію, фіксацію перевищення контрольних рівнів та інформування відповідних органів державної влади (*інформація подається по підлеглості та зацікавленим міністерствам і відомствам*).

Контроль за гамма-фоном передбачає контроль потужності експозиційної дози (ПЕД) гамма-випромінення та аналіз отриманих даних ПЕД.

Контроль за концентрацією радіоактивних речовин у повітрі передбачає відбір проб повітря, проведення їх обробки та аналізу.

Як учасник міжнародних проектів ГЦСК має доступ до мережі Міжнародної системи радіонуклідного моніторингу ОДВЗЯВ. Так, з метою отримання узагальнених даних про радіонуклідний склад атмосферного повітря в Україні та на території Земної кулі, прогнозування напрямку їх поширення в ГЦСК проводиться аналіз даних з радіонуклідних станцій Міжнародної системи радіонуклідного моніторингу ОДВЗЯВ.

З метою своєчасного виявлення фактів підвищення рівня радіації, аналізу та прогнозування розвитку можливих наслідків на території України та суміжних держав, здійснюється періодичний контроль результатів вимірювань потужності дози гамма-випромінювання з інших систем спостереження.

Для ефективної інтеграції до Єдиної автоматизованої системи контролю радіаційної обстановки проводиться модернізація СКРО ГЦСК, яка полягає в оснащенні новими засобами радіаційного контролю, що пройшли сертифікацію та внесені до Державного реєстру засобів вимірювальної техніки України та інших країн світу.

Радіаційний контроль за рівнем радіоактивного забруднення сільськогосподарської продукції і продуктів харчування здійснюється Міністерство аграрної політики та продовольства (Міністерством сільського господарства і продовольства України) та Міністерством охорони здоров'я України.

РОЗДІЛ 6

ОХОРОНА ПРАЦІ

Сучасний розвиток технічного та технологічного стану виробництва передбачає постійну автоматизацію та оптимізацію виробничих процесів. Сьогодні, напевно, важко уявити компанію, господарська діяльність в якій здійснювалась би без використання комп'ютерної техніки.

6.1. Комп'ютерна техніка та її вплив

Дія та вплив електромагнітного випромінювання ґрунтуються на концепції взаємодії зовнішніх полів з внутрішніми полями організму людини, на центральну нервову систему, очі, кровотворну систему, серцево-судинну систему, ендокринну та імунну системи і обмінні процеси.

Регулярна робота з комп'ютером без застосування відповідних захисних засобів приводить до зниження імунітету, захворювання органів зору, до хвороб серцево-судинної системи та шлунково-кишкового тракту. Спілкування з комп'ютером супроводжується нервовим напруженням, оскільки вимагає швидкої реакції. Короткочасна концентрація нервових процесів викликає у дитини втому.

Небезпеки під час роботи з комп'ютерною технікою включають:

- ураження електричним струмом;
- енергетична небезпека (виникає через коротке замикання: опіки, електрична дуга, викид розплавленого металу)
- небезпека загоряння;
- термонебезпека (дія високих температур через нагрівання конструктивних елементів);

- механічна небезпека (травми через падіння, дію рухомих частин, поріз за гострі частини конструктивних елементів);
- небезпека випромінювання (дія звукового (акустичного), височастотного, інфрачервоного, ультрафіолетового й іонізуючого випромінювання, а також видимого світла когерентної високої інтенсивності (лазерного випромінювання);
- хімічна небезпека (контакт із деякими хімікатами, які використовують для того, щоб обслуговувати обладнання, або від вдихання їх парів).

То ж ще у 60 — 70 роках минулого століття спочатку у світовій пресі, а згодом і в наукових публікаціях з'явилися численні повідомлення про шкідливий вплив комп'ютерів на організм людини, який виявлявся в дискомфорті, швидкій утомі та зниженні працездатності, порушеннях фізіологічних функцій. У США вчені Національного інституту охорони праці та здоров'я дійшли висновку, що під час використання комп'ютерів найбільшому ризику піддаються органи зору, м'язово-скелетна система, репродуктивні функції в жінок, нервова-психічна діяльність із можливим формуванням стресу. Негативний вплив на інші органи менш виражений.

Проте, це не означає, що вони не виявляються, адже «комп'ютер» захворювання дуже молоді, тому вимагають глибокого вивчення.

На функційний стан користувача комп'ютера впливають: виробниче середовище, трудовий процес, внутрішні та зовнішні засоби діяльності, а також соціально-психологічні фактори.

Для зменшення ризику захворювань необхідно провадити комплекс медико-гігієнічних, адміністративно-технічних та ергономічних заходів, яких передусім, мають входити:

- контроль за конструкцією, хорошим станом і функціонуванням комп'ютера;
- відповідність місця роботи рекомендаціям ергономіки та гігієни;

- створення оптимальних умов праці у виробничому приміщенні (мікроклімат, освітлення, захист від опромінювання комп'ютера, іонізація повітря, вентиляція, кондиціонування повітря);
- раціональний режим праці;
- підвищувати опір організму користувачів комп'ютерів до дії несприятливих факторів (антистресова дія, аеробіка та спеціальні фізичні вправи, психологічні та соціальні заходи, профілактичне харчування);
- диспансерне медико-гігієнічне обслуговування з цілеспрямованим проведенням оздоровчих (наприклад, корекція зору) і профілактичних заходів;
- особиста участь працівників у догляді за своїм здоров'ям.

На превеликий жаль, у багатьох випадках здійснення названих заходів фірмами й індивідуальними користувачами ігноруються, а тому важливо, аби й адміністрація (роботодавець) і користувачі комп'ютерів, як наголошують дослідники, зрозуміли важливість і необхідність докладання зусиль кожною стороною для створення умов, що гарантують працівникам фізичний і духовний комфорт, високу розумову і творчу працездатність, збереження та зміцнення здоров'я. Так, професор І. Даценко з науковцями Львівського медичного університету ім. Данила Галицького вперше у вітчизняній літературі обґрунтував комплекс соціально-гігієнічних, ергономічних і медико-профілактичних заходів, які, за висновками експертів ВООЗ, дозволять активізувати оздоровлення мільйонів працівників, які користуються найбільш розповсюдженим сучасними технічними приладами.

6.2. Огляд документів, що регламентують основні санітарно-гігієнічні параметри щодо приміщень з комп'ютерною технікою

Через масовий характер робіт, що виконуються працівниками за допомогою комп'ютера, законодавством України чітко врегульовано норми та вимоги до використання комп'ютерної техніки на підприємстві, безпосередньо й охорона праці на підприємстві при роботі за комп'ютером.

Експлуатують комп'ютерну техніку на підставі таких нормативно-правових актів:

- Вимоги щодо безпеки та захисту здоров'я працівників під час роботи з екранними пристроями, затверджені наказом Мінсоцполітики від 14.02.2018 № 207 (набули чинності 18 травня 2018 року; водночас втратили чинність Правила охорони праці під час експлуатації електронно-обчислювальних машин № 65 від 26.03.2010);
- ДСанПіН 3.3.2.007-98 «Державні санітарні правила і норми роботи з візуальними дисплейними терміналами електронно-обчислювальних машин» (затверджені Постановою Головного державного санітарного лікаря України №7 від 10 грудня 1998 р.; ДСанПіН 3.3.2.007-98);
- ДСТУ EN 60950-1:2015 «Обладнання інформаційних технологій. Безпека. Частина 1. Загальні вимоги»;
- ДСТУ ISO/IEC 24767-1:2016 «Інформаційні технології. Безпека внутрішньої мережі. Частина 1. Вимоги щодо безпеки»;
- ДСТУ EN 41003:2014 «Обладнання, яке підключають до телекомунікаційних мереж та/або кабельних розподільчих систем. Додаткові вимоги щодо безпеки»;
- ДСТУ EN 60065:2014 «Аудіо-, відео- та аналогічне електронне обладнання. Вимоги безпеки»;

- ДСТУ EN 60728-11:2015 «Телевізійне та звукове мовлення й інтерактивні мультимедійні служби. Кабельні розподільчі системи. Частина 11. Вимоги щодо безпеки»;
- ДСТУ ІЕС 60950-21:2010 «Апаратура оброблення інформації. Безпека. Частина 21. Дистанційне електроживлення»;
- ДСТУ EN 60215:2015 «Обладнання радіопередавальне. Вимоги щодо безпеки»;
- ДСТУ ІЕС 62040-1:2010 «Джерела безперебійного живлення. Частина 1. Загальні вимоги та вимоги щодо безпеки»;
- ДСТУ ІЕС 60847:2003 «Характеристики локальних обчислювальних мереж»;
- ДСТУ EN 62368-1:2015 «Обладнання аудіо-, відео-, інформаційних та комунікаційних технологій. Частина 1. Вимоги щодо безпеки»;
- ДСТУ-Н ІЕС Guide 112:2006 «Настанови щодо безпечності мультимедійного обладнання»;
- ДСТУ-Н ПМГ 48:2007 «Порядок обміну документами в електронному форматі» та ін.

6.3. Санітарно-гігієнічні вимоги щодо приміщень з комп'ютерною технікою

Приміщення, в яких планується установка та подальша робота з комп'ютером, повинні відповідати проектній документації будинку, погодженій з уповноваженими державними органами. Крім того, роботодавець повинен враховувати чинні санітарні нормативи освітлення, вимоги до параметрів мікроклімату (температура, відносна вологість), ступеня і сили вібрації, звукового шуму і вогнестійкості приміщення, а також характеристики електромагнітного, ультрафіолетового та інфрачервоного полів. Конкретні показники зазначених санітарних норм містяться у ДСанПіН 3.3.2.007-98.

ДСанПіН 3.3.2.007-98 поширюються на умови й організацію праці при роботі з візуальними дисплейними терміналами (ВДТ) усіх типів вітчизняного та зарубіжного виробництва на основі електронно-променевих трубок (ЕПТ), що використовуються в електронно-обчислювальних машинах (ЕОМ) колективного використання та персональних ЕОМ (ПЕОМ).

У кожній кімнаті, де обладнуватимуться робочі місця співробітників, що працюватимуть на комп'ютері, повинні бути наявні елементи природного та штучного освітлення. При цьому, на вікнах слід встановити легко регульовані жалюзі чи штори, які дозволять працівникам коригувати рівень освітлення в приміщенні. Бажано розмістити комп'ютери в кімнаті таким чином, щоб світло потрапляло на екрани моніторів з півдня чи північного сходу. З метою досягнення максимального рівня безпеки і охорони праці при роботі з комп'ютером, виробничі приміщення необхідно обладнати аптечками першої медичної допомоги, системами автоматичної пожежної сигналізації і вогнегасниками. В приміщенні, в якому разом працюють 5 або більше комп'ютерів, на видимому місці установлюється службовий вимикач, який у разі потреби дозволить повністю відключити електричне живлення кімнати.

Також, у компанії мають бути чітко встановлені перерви для відпочинку працівників (окрім обідньої), як правило, тривалістю 10-15 хвилин раз на годину або дві залежно від складності роботи. У будь-якому випадку роботодавець повинен передбачити такий розпорядок роботи на підприємстві, щоб час неперервної роботи з комп'ютером був не більше ніж 4 години. Додатково, для збереження належного рівня здоров'я та професійної придатності робітників, рекомендується виділити на підприємстві окреме побутове приміщення для перепочинку працівників і зняття ними нервово-емоційного напруження, що виникає при роботі з комп'ютером [21].

6.4. Пожежна безпека у приміщеннях з комп'ютерною технікою

Пожежна безпека - відсутність неприпустимого ризику виникнення і розвитку пожеж та пов'язаної з ними можливості завдання шкоди живим істотам, матеріальним цінностям і довкіллю [22].

Забезпечення пожежної безпеки є невід'ємною частиною державної діяльності щодо охорони життя та здоров'я людей, національного багатства і навколишнього природного середовища.

Правовою основою діяльності в галузі пожежної безпеки є Конституція, Закон України "Про Пожежну безпеку" та інші закони України, постанови Верховної Ради України, укази і розпорядження Президента України, декрети, постанови та розпорядження Кабінету Міністрів України, рішення органів виконавчої влади, місцевого та регіонального самоврядування, прийняті в межах їх компетенції.

Забезпечення пожежної безпеки є складовою частиною виробничої та іншої діяльності посадових осіб, працівників підприємств, установ, організацій та підприємців. Це повинно бути відображено у трудових договорах (контрактах) та статутах підприємств, установ та організацій.

Забезпечення пожежної безпеки підприємств, установ та організацій покладається на їх керівників і уповноважених ними осіб, якщо інше не передбачено відповідним договором [23].

Пожежа - це неконтрольоване горіння, що розвивається в часі і просторі. Причини пожеж і загорянь на наземних об'єктах (у виробничих, адміністративних і житлових приміщеннях, на складах, зовнішніх установках тощо) можна звести до наступних груп:

- несправність, порушення режиму роботи систем опалення, вентиляції і кондиціонування повітря;
- перевантаження електричних установок і мереж;

- несправність виробничого устаткування і порушення технологічних процесів;
- іскроутворення за рахунок розрядів статичної електрики, наприклад, при заправленні автомобілів паливом;
- самозапалювання і самозаймання речовин і матеріалів при неправильному їхньому збереженні чи застосуванні;
- відсутність чи несправність блискавковідводів на будинках і спорудженнях;
- необережне поводження з вогнем (паління в невстановлених місцях, недбале проведення вогневих робіт, залишення без догляду електро-нагрівальних приладів тощо);
- пустощі дітей з вогнем.

До небезпечних факторів пожежі відносяться: відкритий вогонь чи іскри; підвищена температура повітря, предметів тощо; токсичні продукти горіння; дим (високодисперсний аерозоль із твердими частками); знижена концентрація кисню; обвалення чи ушкодження будинків, споруджень; вибух.

Пожежна безпека забезпечується за допомогою організаційних та технічних заходів.

До організаційних заходів належать:

- розробка правил, інструкцій, інструктажів з протипожежної безпеки;
- організація інструктування і навчання робітників та службовців;
- здійснення контролю за дотриманням встановленого протипожежного режиму всіма працюючими;
- організація добровільних пожежних дружин та пожежно-технічних комісій;
- організація щоденної перевірки протипожежного стану приміщень після закінчення роботи;
- розробка і затвердження плану евакуації і порядку оповіщення людей на випадок виникнення пожежі;

- організація дотримання належного протипожежного нагляду за об'єктами;
- організація перевірки належного стану пожежної техніки та інвентарі.
Технічні заходи включають:
 - дотримання пожежних норм, вимог та правил;
 - підтримання у справному стані систем опалення, вентиляції тощо;
 - улаштування автоматичної пожежної сигналізації, систем автоматичного гасіння пожеж та пожежного водопостачання;
 - заборона використання обладнання, приміщень та інструментів, що не відповідають вимогам протипожежної безпеки;
 - правильна організація праці на робочих місцях з використанням пожежонебезпечних приладів тощо.

Вибух - надзвичайно швидке перетворення речовини, яке супроводжується миттєвим виділенням великої енергії в невеликому об'ємі.

Суттєвою ознакою вибуху є різке збільшення тиску, яке викликає у навколишньому середовищі ударну хвилю.

Основними уражаючими факторами вибухів є:

- повітряна ударна хвиля, що виникає при вибухах детонуючих та ініціюючих речовин, при вибухових перетвореннях хмар паливно-повітряних сумішей, вибухів резервуарів з перегрітою рідиною та резервуарів під тиском;
- осколкові поля, які утворюються уламками різного роду об'єктів, що летять.

Основними параметрами уражаючих факторів є:

- повітряної ударної хвилі - надлишковий тиск у її фронті;
- осколкового поля - кількість осколків, їх кінетична енергія та радіус розльоту.

Вибухи класифікують за походженням виділеної енергії на:

- хімічні;

- фізичні(електромагнітні,кінетичні);
- ядерні.

Безпека при вибухах забезпечується: встановленням мінімальної кількості вибухонебезпечних речовин, які використовують; використання обладнання, яке розраховане на тиск вибуху; застосування активних систем зменшення вибуху та засобів попереджування.

Для запобігання пожеж і вибухів необхідно виключити можливість утворення вибухонебезпечного середовища, підвищення температури і тиску даного середовища вище максимально допустимих значень горючості.

Оцінка пожежо- та вибухонебезпеки приміщень виробничого призначення проводиться залежно від кількості та властивостей речовин і матеріалів, що там знаходяться (використовуються) та з урахуванням особливостей технологічних процесів розміщених у них виробництв.

Можливими причинами виникнення пожежі може бути несправність електрообладнання і порушення протипожежного режиму (використання побутових нагрівальних пристроїв, куріння тощо).

В приміщенні з комп'ютерами повинні застосовуватись наступні заходи по забезпеченню пожежної безпеки:

- періодичний огляд техніки на предмет виявлення недоліків;
- в комп'ютерах мають бути передбачені засоби по захисту від короткого замикання;
- в кімнаті повинен знаходитись вогнегасник;
- в приміщенні суворо заборонено палити.

При виникненні пожежі необхідно провести наступні дії:

- вивести людей і винести матеріальні цінності з небезпечної зони;
- викликати МНС;
- вжити заходи по локалізації пожежі;
- по можливості, вжити заходи по гасінню пожежі.

Отже, охорона праці - це система правових, соціально-економічних, організаційно-технічних, санітарно-гігієнічних і лікувально-профілактичних заходів та засобів, спрямованих на збереження життя, здоров'я і працездатності людини у процесі трудової діяльності.

Робота з комп'ютерною технікою має певні ризики, тому перевірка санітарно - гігієнічних параметрів для приміщень з комп'ютерами є важливим аспектом в організації охорони праці. Систематичні заміри та дотримання норм є запорукою здоров'я та безпеки для працівників.

Таким чином, облаштування робочих місць, обладнаних персональними комп'ютерами, повинно забезпечувати:

- належні умови освітлення приміщення і робочого місця, відсутність відблисків;
- оптимальні параметри мікроклімату (температура, відносна вологість, швидкість руху, рівень іонізації повітря);
- належні ергономічні характеристики основних елементів робочого місця;

А також враховувати такі небезпечні і шкідливі фактори:

- наявність шуму та вібрації;
- м'яке рентгенівське випромінювання;
- електромагнітне випромінювання;
- ультрафіолетове і інфрачервоне випромінювання;
- електростатичне поле між екраном і оператором;
- наявність пилу, озону, оксидів азоту й аероіонізації.

ВИСНОВКИ ТА РЕКОМЕНДАЦІЇ

Отже, проаналізувавши інформацію можемо дійти до висновків, що ситуація з радіонуклідним забрудненням на території України в даний час — стабільна та не зазнає критичних змін, проте з огляду на те, що на території нашої держави розташовано 5 АЕС, 4-ри з яких функціонують, поклади радіоактивних руд, конфлікт з ядерною державою — є підставою вважати, що проблематика перепрофілювання сільського господарства на забруднених радіонуклідами територіях актуальна і варта уваги. Також варто не забувати, що при аварії на ЧАЕС - збитків зазнала не лише територія України - підвищений радіаційний фон спостерігався на території інших країн.

Більш того, іонізуюча радіація і радіоактивні ізотопи знаходять все більше застосування у різних сферах народного господарства і науки. І є всі підстави вважати, що разом з досягненнями ядерної фізики їх використання буде розширюватися.

У зв'язку с цим особливу актуальність набуває важлива проблема – профілактика і терапія радіаційних уражень живих організмів і, у першу чергу, людини. Ці засоби передбачають не тільки фізичний і біологічний захист від зовнішнього опромінення чи проникнення в організм радіоактивних продуктів поділу. Вони передбачають розробку систем спеціальних контрзаходів в галузях сільського господарства.

Загалом, першочерговими кроками, спрямованими на отримання радіологічно безпечної сільськогосподарської продукції на радіоактивно забруднених територіях, є:

- проведення комплексних економічних, радіологічних та агрохімічних досліджень;
- відновлення систематичного радіологічного моніторингу;

- призначення дорадчої установи з питань комплексного еколого-економічного обґрунтування напрямів відновлення агроеліоративної функції забруднених земель;
- формування довготермінових планів ведення сільськогосподарського виробництва;
- розроблення загальнодержавної Програми подолання наслідків Чорнобильської катастрофи та відродження агропромислового виробництва на радіоактивно забруднених територіях.

Все ж, Чорнобильська катастрофа призвела до різких змін в аграрному секторі економіки України, зокрема до значної зміни спеціалізації сільськогосподарського виробництва як у рослинницькій, так і тваринницькій галузях. Багато традиційних для регіонів галузей занепало.

Для одержання радіологічно безпечної продукції як рослинництва, так і тваринництва на всій території, що зазнала радіоактивного забруднення, необхідно проводити рекомендовані заходи.

СПИСОК БІБЛІОГРАФІЧНИХ ПОСИЛАНЬ

1. Радіонуклідне забруднення [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу:

https://pidruchniki.com/81100/agropromislovist/radionuklidne_zabrudnennya.

2. Радіонукліди [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу:

<https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%A0%D0%B0%D0%B4%D1%96%D0%BE%D0%BD%D1%83%D0%BA%D0%BB%D1%96%D0%B4%D0%B8>.

3. Корсак К. В. Основи сучасної екології / К. В. Корсак, О. В. Плахотнік., 2004.

4. Скіра В. ЗАБРУДНЕННЯ НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА РАДІОАКТИВНИМИ РЕЧОВИНАМИ [Електронний ресурс] / В. Скіра – Режим доступу до ресурсу: http://ena.lp.edu.ua:8080/bitstream/ntb/43275/2/2018_Skira_V-Zabrudnennia_navkolyshnoho_177-178.pdf.

5. Характеристики джерел випромінювання [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <http://www.eco-live.com.ua/book/osnovi-suchasnoi-ekologii/93-kharakteristiki-dzherel-viprominuvannya>.

6. Дозиметрія [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу:

https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%94%D0%BE%D0%B7%D0%B8%D0%BC%D0%B5%D1%82%D1%80%D1%96%D1%8F#%D0%94%D0%BE%D0%B7%D0%B8%D0%BC%D0%B5%D1%82%D1%80%D1%96%D1%8F_%D0%BD%D0%B0%D0%B2%D0%BA%D0%BE%D0%BB%D0%B8%D1%88%D0%BD%D1%8C%D0%BE%D0%B3%D0%BE_%D1%81%D0%B5%D1%80%D0%B5%D0%B4%D0%BE%D0%B2%D0%B8%D1%89%D0%B0.

7. Нормування впливу радіації на людину в Україні [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <http://de.khnu.km.ua/labview.aspx?a=257&b=4>.

8. Радіонуклідне забруднення водних екосистем та його дія на гідробіонтів [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу:

<https://studfile.net/preview/5775551/page:6/>.

9. Савін К. Біотичні наслідки Чорнобильської катастрофи [Електронний ресурс] / Кирил Савін – Режим доступу до ресурсу: <https://ua.boell.org/uk/2011/02/07/biotichni-naslidki-chornobilskoyi-katastrofi>.
10. РАДІАЦІЙНА СИТУАЦІЯ НА ТЕРИТОРІЇ УКРАЇНИ [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <http://cgo-sreznevskyi.kiev.ua/index.php?dv=radiation-ukraine>.
11. Радіаційна аварія [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%A0%D0%B0%D0%B4%D1%96%D0%B0%D1%86%D1%96%D0%B9%D0%BD%D0%B0_%D0%B0%D0%B2%D0%B0%D1%80%D1%96%D1%8F.
12. Тимофеев-Ресовский Н.В., Савич Н.В., Шальнов М.И. Введение в молекулярную радиобиологию. Физико-химические основы. – М.: Медицина, 1981. – 318 с.
13. Бреславец Л.П. Растение и лучи Рентгена. - М.-Л.: Изд-во АН СССР, 1946. - 194 с.
14. Батыгин Н.Ф. Онтогенез высших растений. – М.: Агропромиздат, 1986,– 100с.
15. Результат исследований и внедрение приема предпосевного гаммаоблучения семян сельскохозяйственных культур в СССР и НРБ / Н.М. Березина, И.К. Бобырь, Х.С. Даскалов и др. - М.: Энергоиздат, 1984. - 96 с.
16. Свидерська С. М. Екологічні основи землеробства та сільськогосподарська радіоекологія: Конспект лекцій. / С. М. Свидерська. – Одеса, 2013. – 216 с.
17. Кудряшов Ю.Б., Беренфельд Б.С. Основы радиационной биофизики. - М.: Изд-во МГУ, 1982. - 302 с.
18. Москалев Ю.И., Стрельцова В.Н. Отдаленные последствия радиационного поражения. Неопухолевые формы // Итоги науки и техники. Сер. Радиационная биология. Т. 5. – М.: ВИНТИ, 1987.- 214 с.
19. Кузин А.М. Структурно-метаболическая теория в радиобиологии. – М.: Наука, 1986,– 284с.

20. Гудков І. М. Радіобіологія: Підручник для вищ. навчальних закладів. / І. М. Гудков. – Київ, 2016. – 485 с.
21. Охорона праці при роботі з комп'ютером [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://www.sop.com.ua/article/183-ohoron-prats-pri-robot-z-kompyuterom>.
22. Кодекс цивільного захисту України [Електронний ресурс]. - Режим доступу: <http://zakon0.rada.gov.ua/laws/show/5403-17> (дата звернення 30.11.2017р). - Назва з екрана.
23. Закон України “Про пожежну безпеку” [Електронний ресурс]. - Режим доступу: <http://zakon3.rada.gov.ua/laws/show/3745-12> (дата звернення 01.12.2017р). - Назва з екрана.