

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф23.07- 05.02/2/183.00.1/М/ОК13- 2023
	Екземпляр № 1	Арк 61 / 1

## ЗАТВЕРДЖЕНО

Науково-методичною радою  
Державного університету  
«Житомирська політехніка»  
протокол від «30» березня 2023 р.  
№7

**МЕТОДИЧНІ РЕКОМЕНДАЦІЇ**  
для проведення практичних робіт та  
самостійного вивчення навчальної дисципліни  
**«РАДІАЦІЙНА БЕЗПЕКА ТА РАДІОЕКОЛОГІЧНИЙ МОНІТОРИНГ»**  
для здобувачів вищої освіти освітнього ступеня «магістр»  
спеціальності 183 «Технології захисту навколишнього середовища»  
освітньо-професійна програма  
«Технології захисту навколишнього середовища»  
факультет гірничої справи, природокористування та будівництва  
кафедра екології та природоохоронних технологій

Рекомендовано на засіданні кафедри  
екології та природоохоронних  
технологій  
11 березня 2023 р., протокол № 03

Розробники: доктор с.-г.н. проф., професор кафедри екології та природоохоронних технологій КРАСНОВ Володимир, канд. с.-г.н., доц., доцент кафедри екології та природоохоронних технологій КУРБЕТ Тетяна, канд. с.-г.н., доцент кафедри екології та природоохоронних технологій МЕЛЬНИК-ШАМРАЙ Вікторія,

Житомир  
2023

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф23.07- 05.02/3/101.00.1/М/ОК13- 2023
	<i>Екземпляр № 1</i>	<i>Арк 36 / 2</i>

Методичні рекомендації призначені для проведення практичних робіт та самостійного вивчення навчальної дисципліни «Радіаційна безпека та радіоекологічний моніторинг» для студентів освітнього ступеня «Магістр» денної та заочної форми навчання спеціальності 183 «Технології захисту навколишнього середовища», освітньо-професійна програма «Технології захисту навколишнього середовища». Державний університет «Житомирська політехніка». Житомир, 2023. 36 с.

**Рецензенти:** к.т.н., доц., доцент кафедри маркшейдерії Сергій ІСЬКОВ  
к.т.н., доц., доцент екології та природоохоронних технологій Марія КОРБУТ

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф23.07- 05.02/3/101.00.1/М/ОК13- 2023
	Екземпляр № 1	Арк 36 / 3

## ЗМІСТ

Вступ	4
Тема 1. Практична діяльність та втручання як підходи до забезпечення радіаційної безпеки	7
Тема 2. Принципи радіаційної безпеки при втручанні, практичній діяльності та медичній практиці	8
Тема 3. Практична робота № 3. Види радіаційних аварій. Фази радіаційної аварії	8
Тема 4. Практична робота № 4. Заходи, що забезпечують радіаційну безпеку об'єкту, персоналу об'єкту, населення. Схема аварійного плану	12
Тема 5. Практична робота № 5. Ліміти доз, допустимі рівні, контрольні рівні, рекомендовані рівні, похідні рівні	17
Тема 6. Розрахунок еквівалентної та ефективної колективної дози	18
Теми для самостійного вивчення дисципліни	20
Питання для самоконтролю	21
Тестові завдання для самоконтролю	2
Об'єкти спостереження при радіоекологічному моніторингу агроєкосистем	30
Основні радіоекологічні терміни	33
Список літератури	34

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф23.07- 05.02/3/101.00.1/М/ОК13- 2023
	Екземпляр № 1	Арк 36 / 4

## ВСТУП

На сьогодні в 30 країнах світу експлуатується 449 ядерних реакторів, безпека яких для світової спільноти має непересічне значення. Вона повинна ретельно контролюватися національними регулюючими органами з метою уникнення ядерних аварій та катастроф. З часу аварії на ЧАЕС минуло майже 40 років, але, на жаль, і досі Україна часто асоціюється з Чорнобильською аварією. Наслідки Чорнобильської катастрофи стали проблемою не лише України, а всієї світової спільноти. Збільшення рівнів радіаційного навантаження на навколишнє середовище зумовило необхідність проведення радіоекологічного моніторингу.

**Радіоекологічний моніторинг** не є якоюсь принципово новою системою, що потребує організації мережі нових станцій спостереження, ліній та телекомунікацій, центрів обробки даних та т. і. Вони входять складовою частиною в універсальну систему спостереження та контролю стану довкілля, систему, що давно вже розвивається в ряді держав. Радіаційно-екологічний моніторинг території є невід'ємною складовою частиною державної системи моніторингу. Його проведення є обов'язковим за будь-яких умов, визначається законодавством та відомчими нормативними документами.

Питання оперативної оцінки радіаційного стану об'єктів довкілля та прийняття рішень щодо мінімізації негативних наслідків впливу радіоактивного забруднення на ці об'єкти, в тому числі й людину та інші живі організми, гостро стоїть і сьогодні, у віддалений період після аварії на ЧАЕС.

**Радіаційна безпека** - науково-практична дисципліна, що виникла з моменту створення атомної промисловості, яка вирішує комплекс теоретичних і практичних задач, пов'язаних із зменшенням можливості виникнення аварійних ситуацій і нещасних випадків на радіаційно-небезпечних об'єктах.

**Першою** задачею радіаційної безпеки є розробка критеріїв:

а) для оцінки іонізуючого випромінювання як шкідливого чинника дії на окремих людей, популяцію в цілому і об'єкти навколишнього середовища;

б) способів оцінки і прогнозування радіаційної обстановки, а також шляхів приведення її у відповідність з розробленими критеріями безпеки на основі створення комплексу технічних, медико-санітарних і адміністративно-організаційних заходів, направлених на забезпечення безпеки в умовах застосування атомної енергії у сфері людської діяльності.

Для розробки критеріїв використовуються багаторічні спостереження за людьми, що працюють на об'єктах з рівнем радіації, що перевищує фон, а також експерименти з тваринами, що штучно піддаються опромінюванню. Розгортання радіаційної обстановки при аварійних ситуацій прогнозується на основі математичних розрахунків і даних, отриманих при вивченні аварій, що трапилися, за весь період розвитку атомної промисловості і енергетики.

На даний час існує розроблена система допустимих меж дії іонізуючого випромінювання на людський організм, оформлена у вигляді законодавчих документів Норм Радіаційної Безпеки (НРБ).

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф23.07- 05.02/3/101.00.1/М/ОК13- 2023
	Екземпляр № 1	Арк 36 / 5

Другою важливою задачею радіаційної безпеки є розробка систем радіаційного контролю. Різні умови експлуатації радіаційних установок, набір радіоактивних речовин, що використовуються, економія матеріальних засобів диктують необхідність усвідомленого вибору засобів і частоти вимірювання рівня радіації, концентрації радіоактивних речовин. Так, при експлуатації гамма-дефектоскопів достатньо обмежитися контролем рівня гамма-випромінювання, а на радіохімічних підприємствах разом з вказаним контролем необхідно проводити вимірювання концентрації радіоактивних газів в повітрі і рівень забруднення робочих приміщень з метою не допустити переопромінювання співробітників.

Радіаційна безпека, окрім перерахованих вище задач, вирішує ще *дві функціональні задачі*:

1) Зниження рівня опромінювання персоналу і населення в межах, що нижче (або в крайньому випадку, близьких) до тих, що регламентуються, на основі наступних заходів: *технічних* (створення захисних огорож, автоматизація технологічного процесу, очищення викидів від радіоактивних речовин), *медико-санітарних* (забезпечення персоналу засобами індивідуального захисту-ЗІЗ, забезпечення місцевих штабів ГО засобами захисту населення), *організаційних* (створення спеціального графіка роботи в умовах переопромінювання).

2) Створення ефективних систем радіаційного контролю, що дозволяють оперативно реєструвати зміни в радіаційній обстановці.

Нарешті необхідно відзначити, що надійність систем радіаційної безпеки набагато вище, ніж систем захисту інших галузей промисловості. Це пояснюється тим, що вперше використана атомна енергія привела до найсерйозніших руйнувань і жертв і тим самим викликала відносно упереджене відношення до неї, що пішло на користь радіаційної безпеки.

У результаті вивчення навчальної дисципліни студент повинен

**знати:** основні нормативні документи та інструкції щодо забезпечення радіаційної безпеки населення в умовах надзвичайних ситуацій на різних об'єктах господарювання;

основні принципи радіаційної безпеки та радіаційно-гігієнічних регламентів;  
методи спостереження та контролю стану зон, забруднених радіонуклідами;  
методи оцінювання радіаційної ситуації за допомогою радіометричних та дозиметричних приладів різних систем;

засоби профілактики радіаційного ураження та першу допомогу при надзвичайних ситуаціях;

методики діагностики іонізуючих випромінювань та використання приладів індивідуального і загального дозиметричного контролю.

**вміти:**

На основі знань методології та організації наукових досліджень здійснювати відбір і підготовку проб різного походження для радіометрії та дозиметрії;

проводити спостереження та експерименти, пов'язані з дослідженнями поведінки радіонуклідів в екосистемах.

Визначати та розраховувати основні радіологічні параметри, які

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф23.07- 05.02/3/101.00.1/М/ОК13- 2023
	Екземпляр № 1	Арк 36 / 6

характеризують радіоактивне забруднення довкілля, формувати бази даних та проводити статистичну обробку даних.

Оцінювати вплив радіоактивного забруднення території на господарську діяльність та визначати екологічні ризики для людини.

Оцінювати радіаційні умови за допомогою радіометричних і дозиметричних приладів різних систем.

На основі знань щодо технологічних процесів і виробництв розробляти систему заходів попередження радіаційного ураження живих організмів та забруднення об'єктів навколишнього середовища радіонуклідами природного і штучного походження.

Складати інструкції щодо забезпечення радіаційної безпеки населення в умовах надзвичайних ситуацій на різних об'єктах господарювання.

Використовуючи законодавчі акти і основні нормативні документи, розробляти рекомендації щодо оптимального з екологічної та техніко-економічної точки зору поводження з джерелами іонізуючого випромінювання, радіоактивними речовинами та продуктами і компонентами, забрудненими радіонуклідами;

застосовувати на практиці правила радіаційної безпеки на об'єктах та підприємствах ядерного паливного циклу, лісового, сільського, водного і комунального господарств.

Практично застосовувати основні положення Норм радіаційної безпеки України та проводити радіометричну експертизу об'єктів;

встановлювати контрольні рівні радіоактивного забруднення на робочих місцях, окремих ланках технологічних процесів та на підприємствах в цілому.

На основі принципів радіаційної безпеки та радіаційно-гігієнічних регламентів оцінювати стійкість господарських об'єктів в надзвичайних ситуаціях, пов'язаних з можливим радіоактивним забрудненням довкілля;

розраховувати дозові навантаження для населення та персоналу від зовнішнього і внутрішнього опромінення та розробляти заходи щодо неперевикнення лімітів доз.

Оцінювати об'єм, склад та ступінь небезпечності викидів та скидів підприємств ядерного паливного циклу.

На основі державних стандартів забезпечувати своєчасне проведення градування, еталонування та калібрування приладів для вимірювання іонізуючого випромінювання, забезпечувати контроль за відповідністю обладнання та робочих місць у радіологічних лабораторіях атестаційним і акредитаційним вимогам; оцінювати відповідність робочих місць та промислових майданчиків об'єктів господарювання вимогам норм радіаційної безпеки.

Впроваджувати заходи і засоби індивідуального захисту працівників, застосовувати на практиці методи дезактивації робочих приміщень, обладнання і спецодягу персоналу;

запобігати виникненню нещасних випадків і професійних захворювань працівників, які працюють з джерелами іонізуючого випромінювання.

В межах посадових обов'язків забезпечувати виконання технічних регламентів

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф23.07- 05.02/3/101.00.1/М/ОК13- 2023
	Екземпляр № 1	Арк 36 / 7

відповідно до стандартів та методик проведення радіологічного контролю та радіологічних досліджень;

проводити, організовувати та удосконалювати рівень безпеки при роботі з відкритими та закритими джерелами випромінювання та здійснювати супровід і методичне забезпечення радіаційно небезпечних робіт.

## **Тема 1. Практична діяльність та втручання як підходи до забезпечення радіаційної безпеки**

НРБУ-97 встановлює два принципово відмінні підходи до забезпечення протирадіаційного захисту.

- при всіх видах *практичної діяльності* в умовах нормальної експлуатації індустриальних та медичних джерел іонізуючого випромінювання;
- при *втручанні*, що пов'язано з опромінюванням населення в умовах аварійного опромінення, а також при хронічному опромінюванні за рахунок техногенно-підсилених джерел природного походження.

*Практична діяльність* - діяльність людини, що пов'язана з використанням джерел іонізуючого випромінювання та спрямована на досягнення матеріальної чи іншої користі, яка призводить чи може призвести до контрольованого та передбачуваного наперед:

- деякого збільшення дози опромінення;
- та/або створення додаткових шляхів опромінення;
- та/або збільшення кількості людей, які зазнають опромінення;
- та/або зміни структури шляхів опромінення від усіх, пов'язаних з цією діяльністю джерел.

При цьому може збільшуватися доза, імовірність опромінення, або кількість людей, які опромінюються.

*До практичної діяльності відносяться:*

- виробництво джерел випромінювання;
- використання джерел випромінювання і радіоактивних речовин в медицині, дослідженнях, промисловості, сільському господарстві, освіті тощо;
- виробництво ядерної енергії, включаючи всі елементи паливно-енергетичного циклу;
- зберігання та транспортування джерел іонізуючого випромінювання;
- поводження з радіоактивними відходами.

Радіаційна безпека та протирадіаційний захист стосовно практичної діяльності будуються з використанням наступних основних принципів:

- будь-яка практична діяльність, що супроводжується опромінюванням людей, не повинна здійснюватися, якщо вона не приносить більшої користі опроміненим особам або суспільству в цілому у порівнянні зі шкодою, яку вона завдає (принцип виправданості);
- рівні опромінення від усіх значимих видів практичної діяльності не

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф23.07- 05.02/3/101.00.1/М/ОК13- 2023
	Екземпляр № 1	Арк 36 / 8

повинні перевищувати встановлені ліміти доз (принцип неперевикнення);

– рівні індивідуальних доз та/або кількість опромінюваних осіб по відношенню до кожного джерела випромінювання повинні бути настільки низькими, наскільки це може бути досягнуто з врахуванням економічних та соціальних факторів (принцип оптимізації).

Враховуючи особливості розподілу шкоди та користі при медичному опроміненні (пацієнт завжди особисто отримує одночасно і користь, і шкоду від опромінення, тоді як в інших сферах практичної діяльності це не завжди виконується), основні вимоги до обмеження опромінення у цих ситуаціях розглядаються окремим розділом даного документу.

Втручання - такий вид людської діяльності, що завжди спрямований на зниження та відвернення неконтрольованого та непередбачуваного опромінення або імовірності опромінення в ситуаціях:

- аварійного опромінення (гострого, короткочасного або хронічного);
- хронічного опромінення від техногенно-підсилених джерел природного походження;
- інших ситуаціях тимчасового опромінення, визначених регулюючим органом, як таких, що вимагають втручання.

## **Тема 2. Принципи радіаційної безпеки при втручанні, практичній діяльності та медичній практиці**

Радіаційна безпека та протирадіаційний захист в ситуаціях втручань будуються *на наступних основних принципах*:

- будь-який контрзахід повинен бути виправданим, тобто отримана користь (для суспільства та особи) від відвернутої цим контрзаходом дози повинна бути більша, ніж сумарний збиток (медичний, економічний, соціально-психологічний тощо) від втручання, пов'язаного з його проведенням (принцип виправданості);

- повинні бути застосовані всі можливі заходи для обмеження індивідуальних доз опромінення на рівні, нижчому за поріг детерміністичних радіаційних ефектів, особливо порогів гострих клінічних радіаційних проявів (принцип неперевикнення);

– форма втручання (контрзахід або комбінація декількох контрзаходів), його масштаби та тривалість повинні вибиратися таким чином, щоб різниця між сумарною користю та сумарним збитком була не тільки додатною, але і максимальною (принцип оптимізації).

## **Тема 3. Види радіаційних аварій. Фази радіаційної аварії**

Незапланована подія на будь-якому об'єкті з радіаційною чи радіаційно-ядерною технологією кваліфікується як **радіаційна аварія**, якщо при виникненні цієї події виконуються дві необхідні і достатні умови:



Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф23.07- 05.02/3/101.00.1/М/ОК13- 2023
	Екземпляр № 1	Арк 36 / 9

а) втрата регулюючого контролю над джерелом;

б) реальне (або потенційне) опромінення людей, пов'язане з втратою регулюючого контролю над джерелом.

Під визначення радіаційної аварії підпадає широкий спектр таких подій, як крадіжки чи втрати поодиноких закритих джерел гамма-випромінювання, неконтрольовані розгерметизації джерел, що містять гамма-, бета- і альфа-випромінювачі, включаючи радіонуклідні нейтронні джерела.

У випадку, якщо подібна аварія виникла з одночасною втратою контролю над ланцюговою ядерною реакцією і виникненням реальної чи потенційної загрози ланцюгової реакції, то така подія кваліфікується як аварія *радіаційно-ядерна*.

Усі радіаційні аварії поділяються на **дві групи**:

а) аварії, які не супроводжуються радіоактивним забрудненням виробничих приміщень, промайданчику об'єкту та навколишнього середовища;

б) аварії, внаслідок яких відбувається радіоактивне забруднення середовища виробничої діяльності і проживання людей.

У результаті аварії **першої групи (а)** втрата регулюючого контролю над джерелом може супроводжуватися додатковим зовнішнім рентгенівським, гамма-, бета- і нейтронним опроміненням людини.

До аварій **другої групи (б)** належать:

а) аварії на об'єктах, де проводяться роботи з радіоактивними речовинами у відкритому виді, які супроводжуються локальним радіоактивним забрудненням об'єктів виробничого середовища;

б) аварії, пов'язані з радіоактивним забрудненням виробничого та навколишнього середовища, викликані проникненням у них радіоактивних речовин внаслідок розгерметизації закритих джерел гамма-, бета- і альфа-випромінювання;

в) радіаційні аварії на об'єктах ядерно-енергетичного циклу, експериментальних ядерних реакторах і критичних збірках, а також на складах радіоактивних речовин і на пунктах поховання радіоактивних відходів, де можливі аварійні газоаерозольні викиди та/або рідинні скиди радіонуклідів в навколишнє середовище.

### ***Класифікація радіаційних аварій за масштабами***

Масштаб радіаційної аварії визначається розміром території, а також чисельністю персоналу і населення, які втягнені до неї. За своїм масштабом радіаційні аварії поділяються на два великих класи: *промислові* і *комунальні*.

До класу *промислових* відносяться такі радіаційні аварії, наслідки яких не поширюються за межі територій виробничих приміщень і промайданчика об'єкту, а аварійне опромінювання може отримувати лише персонал.

До класу *комунальних* відносяться радіаційні аварії, наслідки яких не обмежуються приміщеннями об'єкту і його промайданчиком, а поширюються на оточуючі території, де проживає населення. Останнє стає, таким чином, об'єктом реального чи потенційного аварійного опромінювання.

За *масштабом комунальні* радіаційні аварії більш детально поділяються на:

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф23.07- 05.02/3/101.00.1/М/ОК13- 2023
	Екземпляр № 1	Арк 36 / 10

а) *локальні*, якщо в зоні аварії проживає населення загальною чисельністю до десяти тисяч чоловік;

б) *регіональні*, при яких в зоні аварії опиняються території декількох населених пунктів, один чи декілька адміністративних районів і навіть областей, а загальна чисельність утягненого в аварію населення перевищує десять тисяч чоловік;

в) *глобальні* - це комунальні радіаційні аварії, внаслідок яких утягується значна частина (чи уся) території країни і її населення. До особливого типу глобальних радіаційних аварій відносяться трансграничні, коли зона аварії поширюється за межі державних кордонів.

### **Фази аварії**

У розвитку комунальних радіаційних аварій виділяють три основних часових фази:

- а) *рання* (гостра) фаза аварії;
- б) *середня* фаза аварії, чи фаза стабілізації;
- в) *пізня* фаза аварії, чи фаза відновлення.

*Рання фаза* - фаза проникнення радіоактивних речовин у навколишнє середовище, яка завершується формуванням радіоактивно-забруднених приміщень і територій;

*Середня фаза* - період стабілізації радіоактивного забруднення,

*Пізня фаза* - період зниження рівнів радіоактивного забруднення (до "фонових") як за рахунок фізичних і екологічних процесів, так і внаслідок контрзаходів.

Період *ранньої фази* включає наступні події:

- а) газо-аерозольні викиди і рідинні скиди радіоактивного матеріалу із аварійного джерела,
- б) процеси повітряного переносу і інтенсивної наземної міграції радіонуклідів;
- в) радіоактивні опади і формування радіоактивного сліду.

Усі види втручань в період ранньої фази аварії носять терміновий характер.

До особливостей *середньої фази* належать:

- а) порівняно швидке зниження потужності поглинутої у повітрі дози зовнішнього гамма-випромінювання на місцевості (майже у 10 разів за період тривалістю 1 рік після початку цієї фази);
- б) переважання кореневого (над поверхневим) типу забруднення сільськогосподарської продукції (зелені овочі, злакові, ягоди, молоко і м'ясо за рахунок кореневого переходу радіонуклідів у траву пасовищ).

Усі види втручань в період середньої фази аварії, у більшості випадків, відносяться до довгострокових.

*Пізня фаза* починається через 1-2 роки після початку аварії. Втручання на пізній фазі аварії носять виключно довгостроковий характер.

Радіаційні аварії, при яких відсутні газо-аерозольні викиди і рідинні скиди, але має місце забруднення навколишнього середовища, викликане витіканнями

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф23.07- 05.02/3/101.00.1/М/ОК13- 2023
	Екземпляр № 1	Арк 36 / 11

радіонуклідів з об'єктів, де проводяться роботи з радіоактивними речовинами у відкритому виді, розвиваються за наступною трьохфазною схемою:

Умовно можна виділити **три фази** і для тих радіаційних аварій, які не супроводжуються радіоактивним забрудненням навколишнього середовища – наприклад, втрати і крадіжки закритих джерел бета-, гамма-випромінювання.

а) до ранньої фази відноситься період (момент) встановлення факту радіаційної аварії цього типу і час, необхідний для планування і реалізації термінових контрзаходів;

б) середня і пізня фази об'єднують весь період ліквідації наслідків подібної аварії (видалення і знешкодження аварійного джерела, відновлення нормальної життєдіяльності населення і функціонування території).

### **Характеристика фаз розвитку аварії ядерного реактору, подібної аварії на ЧАЕС.**

Період *ранньої* фази тривалістю від декількох годин до одного-двох місяців після початку аварії має наступні *особливості*:

а) присутність у навколишньому середовищі короткоживучих радіонуклідів, включаючи радіоактивні благородні гази, які обумовлюють високі інтенсивності і градієнти гамма-полів;

б) при значних викидах радіоіотопів йоду в ранній фазі аварії виділяється так званий йодний період, на протязі якого існує серйозна загроза надходження в організм людини цих радіонуклідів інгаляційно і з продуктами харчування і, як наслідок, опромінення щитовидної залози осіб з населення, особливо дітей;

в) поверхневе забруднення пасовищ, сінокосів, а також сільськогосподарської продукції;

*Середня* фаза аварії починається через один-два місяці і завершується через 1-2 роки після її початку. На цій фазі аварії у навколишньому середовищі вже відсутні (через радіоактивний розпад) короткоживучі осколочні. Основними джерелами внутрішнього опромінення на середній фазі аварії є радіоізотопи цезія ( $^{134}\text{Cs}$ ,  $^{138}\text{Cs}$  і  $^{137}\text{Cs}$ ) і стронція ( $^{90}\text{Sr}$ ), які надходили з продуктами харчування, що вироблені радіоактивно забруднених територіях.

До кінця середньої фази основним джерелом зовнішнього гамма-випромінювання були випадіння  $^{134}\text{Cs}$ ,  $^{137}\text{Cs}$  на ґрунт, а внутрішнього -  $^{134}\text{Cs}$ ,  $^{137}\text{Cs}$  і  $^{90}\text{Sr}$  в продуктах харчування.

*Пізня* фаза починається через 1-2 роки після початку аварії, коли основним джерелом зовнішнього опромінення є  $^{137}\text{Cs}$  у випадках на ґрунт, а внутрішнього -  $^{137}\text{Cs}$  і  $^{90}\text{Sr}$  в продуктах харчування, які виробляються на забруднених цими радіонуклідами територіях.

### **Тема 4. заходи, що забезпечують радіаційну безпеку об'єкту, персоналу об'єкту, населення. Схема аварійного плану**

#### **Персонал в умовах радіаційної аварії**

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф23.07- 05.02/3/101.00.1/М/ОК13- 2023
	Екземпляр № 1	Арк 36 / 12

В умовах радіаційної аварії усі роботи виконуються аварійним персоналом, до складу якого входять:

а) персонал аварійного об'єкту, а також члени спеціальних, заздалегідь підготовлених аварійних бригад - *основний* персонал; медичні бригади швидкого реагування, дозиметричні аварійні групи, спеціально підготовлені для робіт в умовах радіаційної аварії пожежні команди, бригади для ремонтно-відновлювальних та будівельних робіт і інші подібні формування.

б) особи, залучені до аварійних робіт - *залучений* персонал, який також має бути заздалегідь навчений та інформований про радіаційну ситуацію в місцях виконання робіт.

До робіт з ліквідації наслідків промислової радіаційної аварії залучається *лише основний персонал* як з числа робітників об'єкту, так і професійно підготовлені робітники аварійних бригад.

Обмеження опромінення основного персоналу, зайнятого на аварійних роботах, виконується таким чином, щоб не були перевищені встановлені НРБУ-97 значення регламентів першої групи для категорії А.

На час робіт в умовах комунальної радіаційної аварії *залучений персонал прирівнюється до категорії А*. При цьому залучений персонал має бути забезпечений в однаковій мірі з основним персоналом усіма табельними і спеціальними засобами індивідуального і колективного захисту (спецодяг, засоби захисту органів дихання, зору і відкритих поверхонь шкіри, засоби дезактивації та ін.), а також системою вимірювання і реєстрації отриманих у ході проведення робіт доз опромінення. Аварійний персонал повинен бути постійно поінформованим про вже отримані та можливі дози опромінення і можливу шкоду для здоров'я.

У випадках, якщо роботи в зоні аварії поєднуються з:

а) здійсненням втручання для запобігання серйозних наслідків для здоров'я людей, які опинилися у зоні аварії;

б) зменшенням чисельності осіб, які можуть зазнати аварійного опромінення (запобігання великих колективних доз);

в) запобіганням такого розвитку аварії, який може призвести до катастрофічних наслідків;

допускається заплановане підвищене опромінення осіб зі складу аварійного персоналу (за виключенням жінок, а також чоловіків віком до 30 років). При цьому мають бути застосовані усі заходи для того, щоб величина сумарного опромінення не перевищила 100 мЗв (подвоєне значення максимального ліміту ефективної дози професійного опромінення за один рік, ЛД<sub>max</sub>).

При здійсненні заходів, в яких доза може перевищити максимальний ліміт дози (ЛД<sub>max</sub>), особи з числа аварійного персоналу, які виконують ці роботи, мають бути добровольцями, які пройшли медичне обстеження, причому, кожний з них має бути чітко і всесторонньо проінформований про ризик подібного опромінення для здоров'я, пройти попередню підготовку і дати письмову згоду на участь у подібних роботах.

У виключних випадках, коли робота виконуються з метою збереження життя

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф23.07- 05.02/3/101.00.1/М/ОК13- 2023
	Екземпляр № 1	Арк 36 / 13

людей, мають бути застосовані усі можливі заходи для того, щоб особи з числа аварійного персоналу, які виконують ці роботи, не могли отримати еквівалентну дозу на будь-який з органів (включаючи рівномірне опромінення всього тіла) більше 500 мЗв. Виконання цієї вимоги забезпечує запобігання детерміністичних ефектів.

### **Види контрзаходів**

Усі захисні контрзаходи, які застосовуються в умовах радіаційної аварії поділяються на прямі і непрямі.

До **прямих** відносяться контрзаходи, реалізація яких призводить до запобігання чи зниження індивідуальних і/або колективних доз аварійного опромінення населення.

До **непрямих** відносяться усі види контрзаходів, які не призводять до запобігання індивідуальних і колективних доз опромінення населення, але зменшують (компенсують) величину збитку для здоров'я, пов'язаного з цим аварійним опроміненням. Непрямі контрзаходи в НРБУ-97 *не розглядаються*.

У залежності від масштабів і фаз радіаційної аварії, а також від рівнів прогнозних аварійних доз опромінення контрзаходи умовно поділяються на термінові, невідкладні і довгострокові.

Надалі під терміном "контрзаходи" слід розуміти "*прямі контрзаходи*".

До **термінових** відносяться такі контрзаходи, проведення яких має за мету відвернення таких рівнів доз гострого та/або хронічного опромінення осіб з населення, які створюють загрозу виникнення радіаційних ефектів, що виявляються клінічно.

Контрзаходи кваліфікуються як *невідкладні*, якщо їх реалізація спрямована на відвернення детерміністичних ефектів.

До **довгострокових** належать контрзаходи, спрямовані на відвернення доз короткочасного або хронічного опромінення, значення яких, як правило, нижче порогів індукування детерміністичних ефектів.

### **Втручання**

Основою для прийняття рішення стосовно доцільності (недоцільності) проведення того чи іншого контрзаходу є оцінка і порівняння збитку, завданого втручанням, викликаним даним контрзаходом, з користю для здоров'я, за рахунок дози, відвернутої цим втручанням.

*Рівень втручання* виражається у термінах відвернутої дози, тобто дози, яку передбачається відвернути за час дії контрзаходу, пов'язаного з цим втручанням.

*Рівні дії* є похідними величинами від рівнів втручання. Вони визначаються у вигляді таких показників радіаційної ситуації, які можуть бути виміряні: потужність поглинутої дози в повітрі на відкритій місцевості, об'ємна активність радіонуклідів в повітрі, концентрації їх в продуктах харчування, щільність випадіння радіонуклідів на ґрунт та ін., при перевищенні яких може розглядатися питання про проведення втручання.

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф23.07- 05.02/3/101.00.1/М/ОК13- 2023
	Екземпляр № 1	Арк 36 / 14

### **Виправданість втручання**

У відповідності з принципами виправданості і оптимізації будь-яке втручання, пов'язане з цим контрзаходом, може бути кваліфіковано як:

- а) *невиправдане*,
- б) *виправдане*,
- в) *безумовно виправдане*.

Втручання є *невиправданим*, якщо величина дози відвернутої внаслідок такого втручання менше рівня, визначеного як найнижча межа виправданості. Межі виправданості відповідає така величина відвернутої дози, при якій користь від проведеного контрзаходу дорівнює величині завданого цим втручанням збитку.

Втручання кваліфікуються як *безумовно виправдані*, якщо значення відвернутої дози настільки великі, що користь для здоров'я від подібних втручань безумовно перевищує той сумарний збиток, яким ця акція супроводжується. Безумовно виправданими терміновими втручаннями слід вважати такі, при реалізації яких величина відвернутої дози відповідає тим рівням опромінення, що можуть викликати гострі клінічні прояви променевого ураження: променевої хвороби, променевих опіків шкіри, радіаційних тиреоїдитів та ін.

### **Рівні втручання та рівні дії для термінових і невідкладних контрзаходів**

До *термінових і невідкладних* протирадіаційних захисних заходів гострої фази аварії належать:

- укриття населення;
- обмеження у режимі поведінки (обмеження часу перебування на відкритому повітрі);
- евакуація;
- фармакологічна профілактика опромінення щитовидної залози радіоактивними ізотопами йоду з допомогою препаратів стабільного йоду (йодна профілактика);
- тимчасова заборона вживання окремих продуктів харчування місцевого виробництва і використання води з місцевих джерел.

Рішення про проведення термінових і невідкладних захисних заходів мають бути прийняті не лише з урахуванням поточного стану радіаційної ситуації, але, в першу чергу, базуватися на прогнозі її розвитку у зв'язку з очікуваними аварійними викидами і скидами, а також з використанням гідрометеорологічних прогнозів.

### **Рівні втручання і рівні дії для довгострокових контрзаходів**

До *довгострокових* контрзаходів, які можуть здійснюватися і на ранній, і на пізній фазах аварії, належать:

- а) тимчасове відселення;
- б) переселення (на постійне місце проживання);
- в) обмеження вживання радіоактивно забруднених води і продуктів харчування;
- г) дезактивація територій;

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф23.07- 05.02/3/101.00.1/М/ОК13- 2023
	Екземпляр № 1	Арк 36 / 15

д) різноманітні сільськогосподарські контрзаходи;  
 е) інші контрзаходи (гідрологічні, включаючи протиповеневі, обмеження, пов'язані з лісокористуванням, полюванням, рибною ловлею та ін.).

В аварійних планах мають бути передбачені і детально визначені усі умови для такого втручання, як тимчасове відселення (і повернення) людей, включаючи:

- а) рівень втручання для подібного протирадіаційного заходу;
- б) умови відселення людей, включаючи необхідні транспортні ресурси, місця розміщення людей на період тимчасового відселення;
- в) система інформування населення про час відселення і передбачуваний час їхнього повернення;
- г) система охорони їх власності;
- д) система компенсацій завданого внаслідок відселення збитку;
- е) вимоги до структури і обсягу радіаційно-дозиметричних даних, необхідних для прийняття рішення про тимчасове відселення.

Та частина аварійного плану, яка розглядає можливості і умови переселення людей, має включати основні умови переселення:

- а) чисельні значення рівнів втручання (величина дози, відвернутої переселенням);
- б) максимальну тривалість тимчасового відселення, перевищення якої робить доцільним переселення людей на постійне місце проживання;
- в) систему обов'язкового інформування і консультацій з людьми та/або представницькими органами того населеного пункту, жителів якого планується переселити на постійне місце проживання;
- г) комплекс гарантій, відносно компенсації матеріального і соціально-психологічного збитку, пов'язаного з переселенням;
- д) вимоги до структури і обсягу радіаційно-дозиметричних даних, необхідних для прийняття рішення про переселення.

### **Аварійні плани**

На будь-якому об'єкті, де здійснюється практична діяльність, пов'язана з радіаційно-ядерними технологіями, повинні бути підготовлені плани аварійних заходів. Ці плани погоджуються з органами державного регулювання: Державною санітарно-епідеміологічною службою Міністерства охорони здоров'я України та Адміністрацією ядерного регулювання Міністерство охорони навколишнього природного середовища та ядерної безпеки України. Аварійні плани є невід'ємною частиною регламенту на проведення робіт, санітарного паспорту та ліцензій.

Відповідальність за підготовку аварійних планів несе керівництво експлуатуючої організації. При підготовці аварійних планів стосовно кожного об'єкту має бути проведено аналіз аварій та враховано експлуатаційний досвід, який було накопичено для джерел та технологій аналогічного типу. Має бути встановлено періодичність перевірки аварійних планів регулюючими органами: плани повинні також періодично поновлюватися. Відповідальними особами з боку

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф23.07- 05.02/3/101.00.1/М/ОК13- 2023
	Екземпляр № 1	Арк 36 / 16

експлуатуючих організацій та регулюючих органів повинні бути прийняті всі необхідні заходи для навчання персоналу, який згідно планам бере участь у проведенні аварійних заходів, а також передбачені планові тренування (навчання) цього персоналу за участю представників регулюючих органів.

Планами мають передбачатися періодичні перевірки системи попередження персоналу та населення на випадок виникнення аварії, а також системи інформування державних адміністративних органів (місцевих та центральних) та засобів масової інформації.

**Типовий аварійний план повинен містити:**

а) розподіл обов'язків щодо інформування регулюючих органів, державних адміністративних органів та громадськості;

б) розподіл обов'язків та відповідальності щодо ініціювання втручань;

в) типові сценарії, в яких розглядаються різні стани аварійного джерела та варіанти розповсюдження зони аварії у приміщеннях та проммайданчику об'єкта та за його межами;

г) всі процедури щодо обміну інформацією між аварійним об'єктом та організаціями, персонал яких бере участь в аварійних роботах: пожежні, медичні бригади, органи внутрішніх справ, служби цивільної оборони і т.д.;

д) система оцінки масштабів та значущості аварійних викидів та скидів у довкілля, а також система оперативного та довгострокового прогнозу розвитку аварії.

*Аварійний план* повинен передбачати заходи щодо створення необхідних аварійних запасів, які включають:

а) дозиметричну та радіометричну апаратуру та джерела автономного живлення до неї для умов роботи в інтенсивних полях гамма-випромінювання та при інтенсивних рівнях радіоактивного забруднення;

б) транспортні засоби та аварійний резерв паливно-мастильних матеріалів;

в) засоби індивідуального та колективного захисту, включаючи спецодяг, респіратори і т.і.;

г) засоби фармакологічного протирадіаційного захисту, у тому числі і для йодної профілактики;

д) засоби зв'язку та управління;

е) помивочно-дезактиваційні засоби та прилади;

є) інші ресурси для проведення аварійних робіт.

В аварійних планах окрім організаційно-технологічних схем проведення аварійних робіт мають бути визначені:

а) офіційні особи, які відповідають за організацію і загальне керівництво роботами;

б) особи, які відповідають за проведення індивідуального і колективного дозиметричного контролю.

в) особи, які відповідають за медичний контроль, інформування аварійного персоналу і отримання згоди робітників на участь у аварійних роботах, пов'язаних із запланованим підвищенням опромінення.



Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф23.07- 05.02/3/101.00.1/М/ОК13- 2023
	Екземпляр № 1	Арк 36 / 17

## Тема 5. Ліміти доз, допустимі рівні, контрольні рівні, рекомендовані рівні, похідні рівні

### *Ліміти доз та допустимі рівні*

Числові значення лімітів доз встановлюються на рівнях, що виключають можливість виникнення детерміністичних ефектів опромінення і, одночасно, гарантують настільки низьку імовірність виникнення стохастичних ефектів опромінення, що вона є прийнятною як для окремих осіб, так і для суспільства в цілому.

Для осіб категорій А і Б ліміти доз встановлюються в термінах індивідуальної річної ефективної та еквівалентних доз зовнішнього опромінення (ліміти річної ефективної та еквівалентної доз).

Обмеження опромінення осіб категорії В (населення) здійснюється введенням лімітів річної ефективної та еквівалентної доз для критичних груп осіб категорії В. Останнє означає, що значення річної дози опромінення осіб, які входять в критичну групу, не повинно перевищувати ліміту дози, встановленого для категорії В.

З лімітом дози порівнюється сума ефективних доз опромінення від усіх індустриальних джерел випромінювання. До цієї суми не включають:

- дозу, яку одержують при медичному обстеженні або лікуванні;
- дозу опромінення від природних джерел випромінювання;
- дозу, що пов'язана з аварійним опроміненням населення;
- дозу опромінення від техногенно-підсилених джерел природного походження.

*Додатково* до ліміту річної ефективної дози встановлюються ліміти річної еквівалентної дози зовнішнього опромінення окремих органів і тканин:

- кришталика ока;
- шкіри;
- кистей та стіп.

### Ліміти дози опромінення (мЗв/рік)

ЛІМІТИ ДОЗ	Категорія осіб, які зазнають опромінювання		
	А а)б)	Б а)	В а)
ЛД Е (ліміт ефективної дози)	2	2	
<i>Ліміти еквівалентної дози зовнішнього опромінення:</i>			
- ЛДlens (для кришталика ока)	1 50	1 5	1 5

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф23.07- 05.02/3/101.00.1/М/ОК13- 2023
	Екземпляр № 1	Арк 36 / 18

- ЛДskin (для шкіри)	5 00	5 0	0
- ЛДextrim (для кистей та стіп)	5 00	5 0	

Примітки:

- а) - розподіл дози опромінення протягом календарного року не регламентується;
- б) - для жінок дітородного віку (до 45 років), та для вагітних жінок діють обмеження;
- в) - в середньому за будь-які послідовні 5 років, але не більше 50 мЗв за окремий рік (ЛДmax).

Встановлюється такий перелік допустимих рівнів (ДР), які відносяться до радіаційно-гігієнічних регламентів першої групи.

**Для категорії А:**

- допустиме надходження (ДН<sub>inhal</sub> А) радіонукліду через органи дихання;
- допустима концентрація (ДК<sub>inhal</sub> А) радіонукліду в повітрі робочої зони;
- допустима щільність потоку частинок (ДЩП А);
- допустима потужність дози зовнішнього опромінення (ДПД А);
- допустиме радіоактивне забруднення (ДЗ А) шкіри, спецодягу та робочих поверхонь.

**Для категорії Б:**

- допустиме надходження (ДН<sub>inhal</sub> Б) радіонукліду через органи дихання;
- допустима концентрація (ДК<sub>inhal</sub> Б) радіонукліду в повітрі робочої зони;

**Для категорії В:**

- допустиме надходження радіонукліду через органи дихання (ДН<sub>inhal</sub> В) і травлення (ДН<sub>ingest</sub>);
- допустимі концентрації радіонукліду в повітрі (ДН<sub>inhal</sub> В) та питній воді (ДН<sub>ingest</sub>);
- допустимий скид та викид у довкілля.

## Тема 6. Розрахунок еквівалентної та ефективної колективної дози

При контролі річного надходження радіонуклідів і дози зовнішнього опромінення ЛД не буде перевищено, якщо одночасно виконуються наступні нерівності:

$$\frac{E_{ext}}{ЛДЕ} + \sum_i i \frac{linhali}{ДН_{inhali}} + \sum_i i \frac{lingesti}{ДН_{ingesti}} \leq 1 \quad (a)$$

$$\frac{H_{lens}}{ЛД_{lens}} \leq 1 \quad (b)$$

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф23.07- 05.02/3/101.00.1/М/ОК13- 2023
	Екземпляр № 1	Арк 36 / 19

$$\frac{H_{skin}}{ЛД_{skin}} \leq 1 \text{ (c)}$$

$$\frac{H_{extrim}}{ЛД_{extrim}} \leq 1 \text{ (d)}$$

де:

$H_{ext}$  - ефективна доза зовнішнього опромінення;

ЛД E - ліміт ефективної дози для категорії, що розглядається;

$I_{inhal i}$  - річне інгаляційне надходження і-го радіонукліду;

$ДN_{inhal i}$  - допустиме надходження через органи дихання для і-го радіонукліду та категорії, що розглядається;

$I_{ingest i}$  - річне пероральне надходження і-го радіонукліду;

$ДN_{ingest i}$  - допустиме надходження через органи травлення для і-го радіонукліду та категорії що розглядається:

$H_{lens}$  - річна еквівалентна доза в кришталику ока;

ЛД $_{lens}$  - ліміт еквівалентної дози зовнішнього опромінення кришталика ока;

$H_{skin}$  - річна еквівалентна доза зовнішнього опромінення шкіри;

ЛД $_{skin}$  - ліміт еквівалентної дози зовнішнього опромінення шкіри;

$H_{extrim}$  - річна еквівалентна доза зовнішнього опромінення кистей та стіп;

ЛД $_{extrim}$  - ліміт еквівалентної дози зовнішнього опромінення кистей та стіп.

При контролі середньорічної об'ємної концентрації радіонуклідів в повітрі і питній воді (продуктах харчування) і дози зовнішнього опромінення ЛД не буде перевищено, якщо одночасно виконуються наступні нерівності:

$C_{inhal i}$  - середньорічна об'ємна концентрація і-го радіонукліду в повітрі;

$ДK_{inhal i}$  - допустима концентрація і-го радіонукліду в повітрі для категорії що розглядається;

$C_{ingest i}$  - середньорічна об'ємна концентрація і-го радіонукліду в воді;

$ДK_{ingest i}$  - допустима концентрація і-го радіонукліду в питній воді.

Для категорії А, Б в нерівності (a) систем останній член суми (пероральне надходження) не розглядається. Для категорії В нерівність (d) не застосовується.

В системах нерівність (a) забезпечує неперевикнення ліміту річної ефективної дози (що відповідає прийнятному ризику стохастичних ефектів), нерівності (b), (c), (d) - лімітів еквівалентної дози зовнішнього опромінення кришталика ока, шкіри, кистей і стіп.

Для категорії Б величини ДР в 10 разів нижче відповідних ДР категорії А.

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф23.07- 05.02/3/101.00.1/М/ОК13- 2023
	Екземпляр № 1	Арк 36 / 20

## ТЕМИ ДЛЯ САМОСТІЙНОГО ВИВЧЕННЯ ДИСЦИПЛІНИ

№ з/п	Назва теми
1	Контроль за практичною діяльністю
2	Обмеження випромінювання від медичних джерел
3	Відвернута доза опромінення в умовах радіаційної аварії
4	Рівні втручання та рівні дії від техногенно підсилених джерел природного походження
5	Основні групи радіаційних аварій
6	Події та особливості ранньої фази радіаційної аварії
7	Події та особливості середньої фази радіаційної аварії
8	Особливості пізньої фази радіаційної аварії
9	Система оцінки масштабів викидів та скидів при радіаційній аварії. Аварійний план
10	Дії персоналу в умовах радіаційної аварії
11	Дії населення в умовах радіаційної аварії
12	Підвищене опромінення та його обмеження для персоналу категорії А, Б, населення
13	Види контрзаходів (прямі та непрямі)
14	Розвиток ядерної енергетики
15	Ядерні реактори та ядерні енергетичні установки.
16	Атомні електростанції
17	Паливний цикл на збагаченому урані. Плутонієвий паливний цикл. Торієвий паливний цикл.
18	Шляхи удосконалення переробки відпрацьованого ядерного палива
19	Забезпечення паливом атомної енергетики
20	Перспективні напрямки розвитку реакторів та ядерного паливного циклу
21	Можливий варіант розвитку ядерно-паливного циклу в Україні

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф23.07- 05.02/3/101.00.1/М/ОК13- 2023
	Екземпляр № 1	Арк 36 / 21

## ПИТАННЯ ДЛЯ САМОКОНТРОЛЮ

1. Визначення радіаційної безпеки, головні завдання радіаційної безпеки та дозиметрії.
2. Розрахувати поглинену фізичну та еквівалентну дози від змішаного джерела випромінювання, якщо доза від гамма-випромінювання – 2 рад, від бета-випромінювання – 1 рад, від швидких нейтронів – 4 рад.
3. Що відноситься до практичної діяльності і на яких принципах базується радіаційна безпека стосовно практичної діяльності.
4. На які ситуації поширюються положення НРБУ-97?
5. Перша та друга групи регламентів НРБУ-97 та які рівні до них відносяться.
6. Визначення ліміту дози та на яких рівнях встановлюється.
7. Ліміти яких доз встановлюються для категорій А та Б?
8. Визначення допустимих рівнів.
9. Які дози не включають до ліміту доз?
10. Для яких органів і тканин встановлюються ліміти річної еквівалентної дози?
11. Які рівні встановлюються для першої групи регламентів (для категорій А, Б, В)?
12. Як відрізняються ліміти доз для різних категорій осіб?
13. В яких ситуаціях планується підвищення опромінення персоналу?
14. Яким шляхом досягається обмеження опромінення населення?
15. Контрольні рівні для категорії А.
16. Принципи другої групи регламентів.
17. Принцип виправданості.
18. Принцип неперевищення.
19. Принцип оптимізації.
20. За якої умови досягається не перевищення допустимих рівнів?
21. Визначення радіаційної безпеки, її головна задача та мета.
22. Мета та задачі НРБУ-97.
23. Практична діяльність.
24. Втручання, рівні втручання.
25. Групи регламентів НРБУ-97.
26. Перша група регламентів.
27. Друга група регламентів.
28. Третя група регламентів.
29. Четверта група регламентів.
30. Категорії осіб, що зазнають опромінювання.
31. На які групи підрозділяються радіаційні аварії.
32. Класифікація радіаційних аварій за масштабами.
33. На які аварії за масштабом поділяються комунальні аварії?
34. Які аварії відносяться до другої групи?

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф23.07- 05.02/3/101.00.1/М/ОК13- 2023
	Екземпляр № 1	Арк 36 / 22

35. На які часові фази поділяють комунальні радіаційні аварії
36. Складові аварійного персоналу.
37. Події та особливості ранньої фази радіаційної аварії.
38. Події та особливості середньої фази радіаційної аварії.
39. Події та особливості пізньої фази радіаційної аварії.
40. Основні заходи при виникненні комунальної радіаційної аварії.
41. Невідкладні контрзаходи.
42. Допоміжні контрзаходи.
43. Аварійний план, схема та аварійні запаси.

## ТЕСТОВІ ЗАВДАННЯ ДЛЯ САМОКОНТРОЛЮ

### ТЕСТ № 1

1. Під визначення радіаційної аварії підпадає наступний вираз (відмітити невірне):
  - а) втрата регулюючого контролю над джерелом
  - б) заплановане підвищення опромінення персоналу об'єкту
  - в) крадіжки поодиноких закритих джерел гамма-випромінювання
  - г) реальне або потенційне опромінення людей, пов'язане з втратою регулюючого контролю над джерелом
2. До основних груп радіаційних аварій відносять такі вирази: (відмітити зайве):
  - а) аварії, що не супроводжуються радіоактивним забрудненням виробничих приміщень;
  - б) аварії, що супроводжуються радіоактивним забрудненням середовища виробничої діяльності і проживання людей;
  - в) аварії, внаслідок яких т втрата регулюючого контролю над джерелом супроводжується додатковим опроміненням людини;
  - г) транскордонна радіаційна аварія, в яку не утягується виробниче приміщення і персонал
3. За масштабом радіаційні аварії підрозділяються на (відмітити невірний вираз):
  - а) комунальні;
  - б) зональні
  - в) транскордонні;
  - г) локальні
4. До комунальних радіаційних аварій відносяться аварії, коли в зоні аварії проживає:
  - а) до 1000 чоловік населення
  - б) до 10000 чоловік населення
  - в) до 5000 чоловік населення;
  - г) до 100 чоловік населення

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф23.07- 05.02/3/101.00.1/М/ОК13- 2023
	Екземпляр № 1	Арк 36 / 23

5. До регіональних радіаційних аварій відносяться аварії (відмітити зайве):
- коли в зоні аварії проживає до 1000 чоловік населення
  - коли в зоні аварії проживає до 100 чоловік населення
  - коли в зоні аварії при яких в зоні аварії опиняються території декількох населених пунктів;
  - коли в зоні аварії проживає більше 10000 чоловік населення
6. До глобальних радіаційних аварій відносяться аварії (відмітити невірний вираз):
- в зоні аварії проживає населення до 1000 чоловік населення
  - комунальні аварії;
  - коли в зоні аварії проживає населення до 5000 чоловік;
  - трансграничні аварії
7. До аварій другої групи (групи Б) відносять аварії (відмітити невірний вираз):
- аварії на об'єктах, де проводяться роботи в радіоактивними речовинами у відкритому вигляді;
  - аварії внаслідок розгерметизації закритих джерел гамма-випромінювання;
  - аварії на об'єктах ядерно-енергетичного циклу, внаслідок яких не відбувається забруднення промайданчику об'єкту;
  - внаслідок розгерметизації закритих джерел альфа-випромінювання
8. Фази радіаційної аварії (відмітити зайве):
- середня
  - рання
  - мобільна
  - пізня
9. До складу аварійного персоналу входить (відмітити невірне):
- медичний персонал;
  - основний персонал;
  - залучений персонал;
  - найманий персонал
10. Заплановане підвищення опромінення осіб аварійного персоналу не повинне перевищувати:
- 100 мЗв;
  - 50 мЗв;
  - 10 мЗв;
  - 150 мЗв
11. Контрзаходи в умовах радіаційних аварій поділяються на:
- опосередковані;
  - прямі;
  - безпосередні;
  - непрямі
12. Які контрзаходи спрямовані на відведення детерміністичних ефектів:
- термінові

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідас ДСТУ ISO 9001:2015	Ф23.07- 05.02/3/101.00.1/М/ОК13- 2023
	Екземпляр № 1	Арк 36 / 24

б) довгострокові

в) невідкладні

г) непрямі

13. Контрзаходи, спрямовані на відвернення доз хронічного опромінення:

а) термінові

б) довгострокові

в) невідкладні

г) непрямі

14. Контрзаходи, спрямовані на відвернення рівнів доз гострого опромінення:

а) термінові

б) довгострокові

в) невідкладні

г) непрямі

15. Втручання може бути кваліфіковане як (відмітити зайве):

а) виправдане

б) не виправдане

в) безумовно виправдане

г) відносно виправдане

16. Укриття населення відноситься до:

а) термінових контрзаходів

б) не виправданих контрзаходів

в) невідкладних контрзаходів

г) довгострокових контрзаходів

17. Евакуація належить до:

а) термінових контрзаходів

б) не виправданих контрзаходів

в) невідкладних контрзаходів

г) довгострокових контрзаходів

18. У гострій фазі радіаційної аварії слід застосовувати:

а) переселення

б) довгострокові контрзаходи

в) евакуацію

г) обмеження поведінки

19. Дезактивація території відноситься до:

а) термінових контрзаходів

б) не виправданих контрзаходів

в) невідкладних контрзаходів

г) довгострокових контрзаходів

20. Період стабілізації радіоактивного забруднення відноситься до::

а) середньої фази аварії;

б) ранньої фази аварії

в) пізньої фази аварії

г) початкової фази аварії



Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф23.07- 05.02/3/101.00.1/М/ОК13- 2023
	Екземпляр № 1	Арк 36 / 25

21. Пізня фаза аварії починається через:

- а) 1-2 роки після початку аварії;
- б) 2-3 роки після початку аварії
- в) 3 роки після початку аварії
- г) 10 років після початку аварії

22. Фаза проникнення радіоактивних речовин у навколишнє середовище кваліфікується як:

- а) середня фаза аварії;
- б) рання фаза аварії
- в) пізня фаза аварії
- г) основна фаза аварії

23. Основним джерелом внутрішнього опромінення у пізній фазі аварії є:

- а)  $^{137}\text{Cs}$ ;
- б)  $^{90}\text{Sr}$
- в)  $^{137}\text{Cs} + ^{90}\text{Sr}$
- г)  $^{134}\text{Cs}$

24. Короткоживучі радіонукліди відсутні у:

- а) середній фазі аварії;
- б) ранній фазі аварії
- в) пізній фазі аварії
- г) всіх фазах аварії аварії

25. Середня фаза аварії завершується через:

- а) 1-2 місяці після початку аварії;
- б) 1-2 роки після початку аварії
- в) 5 років після початку аварії
- г) триває до сих пір

26. Поверхнєве забруднення пасовищ характерне для:

- а) середньої фазі аварії;
- б) ранньої фазі аварії
- в) пізньої фаза аварії
- г) всіх фазах аварії

27. Йодний період характерний для:

- а) середньої фазі аварії;
- б) ранньої фазі аварії
- в) пізньої фаза аварії
- г) всіх фазах аварії

28. Основне джерело зовнішнього опромінення в середній період аварії:

- а)  $^{137}\text{Cs} + ^{134}\text{Cs}$ ;
- б)  $^{90}\text{Sr}$
- в)  $^{137}\text{Cs} + ^{90}\text{Sr}$
- г)  $^{134}\text{Cs}$

29. Основне джерело зовнішнього опромінення у пізній фазі аварії:

- а)  $^{137}\text{Cs} + ^{134}\text{Cs}$ ;

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф23.07- 05.02/3/101.00.1/М/ОК13- 2023
	Екземпляр № 1	Арк 36 / 26

- б)  $^{90}\text{Sr}$   
в)  $^{137}\text{Cs} + ^{90}\text{Sr}$   
г)  $^{137}\text{Cs}$

30. Йодна профілактика відноситься до такого виду контрзаходів:

- а) довгостроковий;  
б) невідкладний  
в) допоміжний  
г) терміновий

ТЕСТ № 2

1. Яку дозу не включають до ліміту доз для категорії А?

- А) дозу від індустриальних джерел випромінювання  
Б) дозу від природних джерел випромінювання  
В) еквівалентну дозу зовнішнього опромінення для кришталика ока  
Г) еквівалентну дозу зовнішнього опромінення для шкіри

2. Які ліміти річної Н встановлюються додатково до ліміту річної Е для категорії А?

- А) Н для кінцівок  
Б) Н для щитовидної залози  
В) Н для нирок  
Г) Н для шкіри

3. Які ліміти річної Н встановлюються додатково до ліміту річної Е для категорії Б?

- А) Н для кінцівок  
Б) Н для щитовидної залози  
В) Н для нирок  
Г) Н для шкіри

4. Які ліміти річної Н встановлюються додатково до ліміту річної Е для категорії В?

- А) Н для кінцівок  
Б) Н для щитовидної залози  
В) Н для нирок  
Г) Н для шкіри

5. Для яких тканин та органів додатково встановлюються ліміти Н (виділити зайве)?:

- А) кришталика ока  
Б) шкіри  
В) легенів  
Г) кистей та стіп

6. Для персоналу категорії А індивідуальна річна Е та Н не повинні перевищувати:

- А) 10 мЗв  
Б) 1 мЗв  
В) 20 мЗв

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф23.07- 05.02/3/101.00.1/М/ОК13- 2023
	Екземпляр № 1	Арк 36 / 27

Г) 2 мЗв

7. Для персоналу категорії Б індивідуальна річна Е та Н не повинні перевищувати:

А) 10 мЗв

Б) 1 мЗв

В) 20 мЗв

Г) 2 мЗв

8. Для категорії В ліміт індивідуальної річної Е не повинен перевищувати:

А) 10 мЗв

Б) 1 мЗв

В) 20 мЗв

Г) 2 мЗв

9. Для персоналу категорії А індивідуальна річна Н для кришталіка ока не повинна перевищувати:

А) 150 мЗв

Б) 15 мЗв

В) 500 мЗв

Г) 1 мЗв

10. Для персоналу категорії Б індивідуальна річна Н для кришталіка ока не повинна перевищувати:

А) 150 мЗв

Б) 15 мЗв

В) 500 мЗв

Г) 50 мЗв

11. Для категорії В індивідуальна річна Н для кришталіка ока не повинна перевищувати:

А) 150 мЗв

Б) 15 мЗв

В) 500 мЗв

Г) 1 мЗв

12. Для персоналу категорії А індивідуальна річна Н для шкіри не повинна перевищувати:

А) 150 мЗв

Б) 15 мЗв

В) 500 мЗв

Г) 50 мЗв

13. Для персоналу категорії Б індивідуальна річна Н для шкіри не повинна перевищувати:

А) 150 мЗв

Б) 15 мЗв

В) не враховується

Г) 50 мЗв

14. Для категорії В індивідуальна річна Н для шкіри не повинна

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф23.07- 05.02/3/101.00.1/М/ОК13- 2023
	Екземпляр № 1	Арк 36 / 28

перевищувати:

- А) 150 мЗв
- Б) не враховується
- В) 500 мЗв
- Г) 50 мЗв

15. Для персоналу категорії А індивідуальна річна Н для кистей та стіп не повинна перевищувати:

- А) 150 мЗв
- Б) 15 мЗв
- В) 500 мЗв
- Г) 50 мЗв

16. Для персоналу категорії Б індивідуальна річна Н для кистей та стіп не повинна перевищувати:

- А) не враховується
- Б) 15 мЗв
- В) 500 мЗв
- Г) 50 мЗв

17. Для категорії В індивідуальна річна Н для кистей та стіп не повинна перевищувати:

- А) не враховується
- Б) 15 мЗв
- В) 1 мЗв
- Г) 50 мЗв

18. При плануванні підвищеного опромінення персоналу максимальний ліміт Е за один рік:

- А) 150 мЗв
- Б) 20 мЗв
- В) 500 мЗв
- Г) 50 мЗв

19. Для категорій Б та В значення  $DLe$ ,  $DLe_{lens}$  та  $DLe_{skin}$  по відношенню до таких категорій А встановлюються на рівні:

- А) 1/20
- Б) 1/10
- В) 1/1
- Г) 1/50

20. Обмеження опромінення населення встановлюється шляхом регламентації:

- А) газо-аерозольних викидів
- Б) вмісту радіонуклідів в об'єктах навколишнього середовища
- В) рідинних скидів радіаційно-ядерних об'єктів
- Г) сукупністю трьох попередніх пунктів

21. Контрольні рівні:

- А) нижчі за допустимі рівні
- Б) вищі за допустимі рівні

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф23.07- 05.02/3/101.00.1/М/ОК13- 2023
	Екземпляр № 1	Арк 36 / 29

- В) порівнюються до допустимих рівнів  
Г) порівнюються до лімітів доз
22. Медичне опромінення добровольців проводиться при (виділити зайве):  
А) запланованому підвищенні опромінення  
Б) інформуванні про можливі наслідки  
В) не перевищенні рівнів опромінення, встановлених МОЗ України  
Г) усної згоди добровольця
23. На яких принципах базуються регламенти 2 групи?  
А) добровільності  
Б) перевищення  
В) виправданості  
Г) колективізації
24. Які рівні входять до регламентів 2 групи:  
А) контрольні  
Б) рекомендовані  
В) похідні  
Г) розраховані
25. При проведенні профілактичного опромінення населення річна Е не повинна перевищувати:  
А) 2 мЗв  
Б) 15 мЗв  
В) 10 мЗв  
Г) 1 мЗв

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф23.07- 05.02/3/101.00.1/М/ОК13- 2023
	Екземпляр № 1	Арк 36 / 30

## Об'єкти спостереження при радіоекологічному моніторингу агроєкосистем

При радіоекологічному моніторингу агроєкосистем об'єктами спостереження є:

– **в рослинництві** – ґрунти орних і пасовищних угідь, сільськогосподарські рослини, продукція рослинництва, зрошувальна вода, добрива й агро меліоранти, меліоративні системи;

– **в тваринництві** – корми, кормові добавки; сировина кормова; сільськогосподарські тварини, в т.ч. птиця, риба і т.д.; раціон тварин; продукція тваринництва (молоко, м'ясо і т.д.); вода, що використовується для водопою худоби чи товарного розведення риби; гній; тваринницькі приміщення. При цьому контрольованими параметрами є такі: потужність експозиційної (еквівалентної) дози  $\gamma$ -випромінювання; вміст біологічно значимих радіонуклідів у ґрунті, добривах і агро меліорантах; вертикальний розподіл радіонуклідів у профілі ґрунтів; вміст радіонуклідів у рослинах, кормах і раціоні тварин; у воді водойм, що використовується для зрошення і водопою худоби, а також для риборозведення; вміст радіонуклідів у продукції рослинництва і тваринництва. Здійснюється прижиттєвий контроль вмісту радіонуклідів в організмі тварин. На основі контрольованих параметрів розраховуються щільність забруднення ґрунтів сільськогосподарських угідь, коефіцієнти накопичення і переходу радіонуклідів із ґрунту в сільськогосподарські культури, корми і продукцію рослинництва і тваринництва.

В залежності від термінів і періодичності, виділяють наступні види спостережень за рівнями радіонуклідного забруднення агроєкосистем:

– вихідні – такі, що фіксують рівні забруднення і стану агроєкосистем на момент початку проведення моніторингу;

– планові (періодичні або сезонні) – проводяться у відповідності з регламентом моніторингу; – позапланові (оперативні) – проводяться на випадок виникнення аварійних ситуацій на радіаційно небезпечному об'єкті;

– суцільні обстеження – проводяться з метою визначення зони ураження.

Визначення вмісту радіонуклідів у ґрунтах проводиться не менше двох разів на рік – на початку проведення сільськогосподарських робіт і в період збору врожаю, а в рослинах – в період збору врожаю.

Плановий контроль забруднення продукції тваринництва проводиться не менше двох разів на рік – в стійловий зимовий і в пасовищний періоди. Вміст радіонуклідів у ґрунті є головним джерелом, що обумовлює забруднення ними сільськогосподарської продукції, визначає зовнішні та внутрішні дозові навантаження на людину

Визначення радіоактивного забруднення сільськогосподарських угідь (щільності забруднення чи масової питомої активності ґрунту) проводиться згідно до галузевих стандартів Мінагрополітики України. Для оцінки просторової неоднорідності забруднення угідь на першому етапі проводять рекогносцирувальне обстеження ґрунтового покриву в межах одного поля, для чого на обстежуваній ділянці виконують вимірювання потужності дози гама-випромінювання в повітрі

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф23.07- 05.02/3/101.00.1/М/ОК13- 2023
	Екземпляр № 1	Арк 36 / 31

(потужності експозиційної, поглинутої або еквівалентної дози).

Гамма-зйомка проводиться по регулярній мережі галсами на висоті 1 м від поверхні ґрунту. Точки вимірювання розташовують на маршрутних лініях на відстані не більше 100 м одна від одної. У випадку, коли максимальні відхилення відрізняються від середнього значення потужності гамма-дозы більш ніж на 30%, ділянка вважається забрудненою неоднорідно. В місцях локальних неоднорідностей проводять додаткову гаммазйомку з метою виявлення їх меж і виділення рівномірно забруднених елементарних ділянок, на яких розміщують пробні майданчики. Розташування пробних майданчиків має відповідати таким вимогам: вибране місце має бути максимально горизонтальним, рівним, з однорідним рослинним покривом без наявних порушень цілісності поверхні; найближчі будівлі та дерева мають бути розташовані на відстані не ближче двох їх висот від пробного майданчика; пробний майданчик має бути розташований не ближче 20 м від доріг і місць акумулювання або змиву радіоактивного забруднення на поверхні ґрунту. Відстань між місцями відбору точкових проб ґрунту (площею не менше 0,001 м<sup>2</sup>) на пробному майданчику або між пробними майданчиками має бути не менше 1 м. Для центру пробного майданчика визначають географічні координати, які заносять в паспорт проби і журнал обстеження. При обраних параметрах пробовідбору та вимірювання активності радіонуклідів мінімально необхідне число проб ґрунту для оцінки медіани щільності радіоактивного забруднення (питомої активності) ґрунту на елементарному майданчику визначається з СОУ 74.14-37-424:2006.

Зазвичай рекомендується компонувати одну середню пробу не менше ніж з 5–10-ти точкових проб для кожного контрольного майданчика. Максимальна точність визначення рівня радіоактивного забруднення ґрунту визначається приведеною в сертифікаті відносною похибкою вимірювань активності конкретного використовуваного приладу.

Вміст радіонуклідів в сільськогосподарській продукції, що вирощується на радіоактивно забруднених територіях, є головною ланкою на шляху формування додаткових дозових навантажень на людину.

Відбір рослинницьких проб при радіоекологічному моніторингу також проводиться згідно з галузевим стандартом Мінагрополітики. В нормальних (не аварійних) умовах проби сільськогосподарських культур відбираються один раз на рік в період збору врожаю. Відбір проб проводиться разом з відбором проб ґрунту.

Найбільш критичною з точки зору можливого надходження радіонуклідів у організм людини як в аварійних ситуаціях (<sup>131</sup>I), так і в ситуації існуючого опромінення після Чорнобильської катастрофи (<sup>137</sup>Cs, <sup>90</sup>Sr) є продукція тваринництва, в першу чергу молока. Тому радіологічному контролю і моніторингу цієї продукції має приділятися особлива увага. Відбір проб раціону годівлі сільськогосподарських тварин здійснюється відповідно до галузевого стандарту для продукції рослинництва.

Для визначення вмісту <sup>137</sup>Cs в м'язовій тканині сільськогосподарських тварин застосовується метод реєстрації г-випромінювання, інкорпорованого в області

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф23.07- 05.02/3/101.00.1/М/ОК13- 2023
	Екземпляр № 1	Арк 36 / 32

стегнової частини та лопатки тварин, за допомогою сцинтиляційного детектора, розміщеного у свинцевому коліматорі, із подальшим обробленням спектру портативним аналізатором. Калібрувальні коефіцієнти ефективності реєстрації фотонного випромінювання з урахуванням його послаблення тілом тварини залежно від її маси визначають під час випробувань і записують у пам'ять аналізатора

Відбір проб продукції тваринництва (молока, м'яса, субпродуктів, тваринного жиру, яєць і т.д.) здійснюється відповідно до галузевого стандарту для продукції тваринництва. Відбір проб води з водних джерел проводиться лише з тих водойм, вода яких використовується для зрошення посівів, водопою тварин, промислового розведення і лову риби. Проби води слід брати поблизу місця забору води для сільськогосподарських потреб безпосередньо перед проведенням аналізу. Вода підлягає радіологічному контролю перед початком поливів. Підготовка проб до вимірювань залежить від передбачуваного методу досліджень, чутливості засобів вимірювання, радіонуклідного складу й рівня забруднення.

При необхідності збільшення чутливості використовуваних методів вимірювання застосовуються рекомендовані методиками вимірювання стандартні методи концентрування – випарювання, обвуглювання, сорбція на спеціальних матеріалах і радіохімічне виділення.

При штатному режимі роботи радіаційно небезпечних об'єктів у пробах ґрунту, рослин і води присутні в основному довгоживучі радіонукліди глобальних і Чорнобильських випадіннь –  $^{90}\text{Sr}$  і  $^{137}\text{Cs}$ . В деяких випадках можуть бути виявлені продукти наведеної активності –  $^{51}\text{Cr}$ ,  $^{54}\text{Mn}$ ,  $^{58}\text{Co}$ ,  $^{60}\text{Co}$ ,  $^{59}\text{Fe}$ , а також  $^{131}\text{I}$ ,  $^3\text{H}$ . При аварійній ситуації в пробах реєструються коротко- і середньоживучі продукти поділу –  $^{131}\text{I}$ ,  $^{141,144}\text{Ce}$ ,  $^{95}\text{Zr}+^{95}\text{Nb}$ ,  $^{89,90}\text{Sr}$ ,  $^{103,106}\text{Ru}$ ,  $^{140}\text{Ba}+^{140}\text{La}$ , а також б-випромінюючі ізотопи. Для вимірювання активності радіонуклідів у відібраних і спеціально підготовлених для аналізу пробах використовують стандартні методи гамма-спектрометрії (для визначення активності г-випромінюючих радіонуклідів, таких як  $^{60}\text{Co}$ ,  $^{95}\text{Zr}+^{95}\text{Nb}$ ,  $^{103,106}\text{Ru}$ ,  $^{134,137}\text{Cs}$ ,  $^{131}\text{I}$ ,  $^{140}\text{Ba}+^{140}\text{La}$ ,  $^{141,144}\text{Ce}$  і т.д.), бета-спектрометрії (радіометрії) (для визначення активності бета-випромінюючих радіонуклідів, таких як  $^3\text{H}$ ,  $^{14}\text{C}$ ,  $^{90}\text{Sr}$  і т.д.) і альфа-спектрометрії (радіометрії) (для визначення активності б-випромінюючих радіонуклідів, таких як  $^{235,238}\text{U}$ ,  $^{238-240}\text{Pu}$ ,  $^{241}\text{Am}$  і т.д.). Аналіз проб, забруднених багатьма радіонуклідами, може виконуватися з використанням високороздільної напівпровідникової гамма-спектрометрії відповідно до існуючих методик.

Для масового аналізу проб на вміст радіонуклідів доцільно використовувати універсальні сцинтиляційні спектрометричні комплекси.

Отримані в ході проведення радіоекологічного моніторингу агроєкосистем кількісні параметри міграції радіонуклідів можуть бути використані для прогнозування радіаційного стану в зоні впливу радіаційно небезпечних об'єктів як у штатному режимі роботи, так і на випадок аварійних ситуацій.



Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф23.07- 05.02/3/101.00.1/М/ОК13- 2023
	Екземпляр № 1	Арк 36 / 33

## Основні радіоекологічні терміни

**Активність радіонукліда** – кількість атомних розпадів ізотопу за певний проміжок часу. В системі СІ одиницею активності є Бекерель /Бк/, що дорівнює одному розпаду за секунду. Позасистемна одиниця – Кюрі /Ки/, що дорівнює  $3,7 \cdot 10^{10}$  Бк.

**Альфа-випромінювання** – іонізуюче випромінювання, що складається з альфа-частинок (ядер гелію), що випромінюються при радіоактивному розпаді чи при ядерних реакціях, перетвореннях.

**Бета-випромінювання** – електронне /позитронне/ іонізуюче випромінювання, що виникає при радіоактивному бета-розпаді ядер або нестабільних часток. Внутрішнє опромінення – опромінення від джерела іонізуючого випромінювання, що міститься всередині тіла.

**Гамма-випромінювання** – фотонне /електромагнітне/ іонізуюче випромінювання, що виникає при ядерних перетвореннях.

**Зовнішнє опромінення** – опромінення від джерела іонізуючого випромінювання, що розміщене поза тілом.

**Еквівалентна доза випромінювання** – поглинута доза випромінювання, помножена на середній коефіцієнт якості випромінювання для біологічної тканини стандартного складу та на модифікаційний фактор. Одиницями вимірювання в системі СІ є зіверт /Зв/, позасистемна одиниця – бер /Бер/.

**Експозиційна доза гамма-випромінювання** – характеризує іонізуючу здатність гамма-випромінювання у повітрі. Позасистемна одиниця – рентген (Р), під експозиційною дозою в 1 Р приймається така поглинута енергія, яка призводить до утворення в  $1 \text{ см}^3$  повітря при нормальних умовах  $2,08 \cdot 10^9$  пар іонів.

**Питома активність радіонукліда** – відношення активності радіонукліда в зразку до маси зразка.

**Природний радіаційний фон** – іонізуюче випромінювання, що формується за рахунок космічного іонізуючого випромінювання та випромінювання природних радіоактивних ізотопів земної кори, ґрунту, біоти.

**Поглинута доза випромінювання** – відношення прирощення середньої енергії, що передалась випромінюванням речовині в елементарному об'ємі, до маси речовини в цьому об'ємі. В системі СІ одиницею поглинутої дози є грей /Гр/, позасистемна одиниця – рад.

**Радіоактивність** – самочинне перетворення нестійкого нукліда в інший нуклід, що супроводжується виникненням іонізуючого випромінювання.

**Радіонуклід** – радіоактивні атоми з певним масовим числом і атомним номером. Радіонукліди одного й того ж хімічного елемента називаються радіоактивними ізотопами.

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф23.07- 05.02/3/101.00.1/М/ОК13- 2023
	Екземпляр № 1	Арк 36 / 34

## СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Курбет Т.В., Мельник В.В. Радіаційна безпека: Навчальний посібник для виконання самостійних та практичних робіт студентів. Житомир : Державний університет «Житомирська політехніка». 2021. – 92 с.
2. Радіобіологія: підручник / І.М. Гудков. – Херсон: ОЛДІ-ПЛЮС, 2019. – 504 с.
3. Гудков І.М., Гайченко В.А., Кашпаров В.О. та інші. Радіоекологія: Навчальний посібник. / За редакцією академіка НААН України І.М. Гудкова. Вид. 2-ге доповнене. стереотипне. – Херсон.: ОЛДІ ПЛЮС, 2017. – 468 с.
4. Гудков І.М., Кашпаров В.О., Паренюк О.Ю. Радіоекологічний моніторинг :навчальний посібник. Київ, 2019. 188 с.
5. (НРБ-76.87) і Основи санітарних правил (ВІСПИ-72/87). М., Енергоатоміздат, 1988г.
6. Норми радіаційної безпеки України (НРБУ-97); Державні гігієнічні нормативи . - Київ: Відділ Поліграфії Українського центру держсанепіднагляду МОЗ України, 1997. - 121 с.
7. Моніторинг довкілля. Аналітична записка щодо стану та перспектив розвитку державної системи моніторингу довкілля. Київ, 2023. Режим доступу: [https://mepr.gov.ua/wp-content/uploads/2023/02/Monitoring-Green-Paper\\_15\\_02\\_2022.pdf](https://mepr.gov.ua/wp-content/uploads/2023/02/Monitoring-Green-Paper_15_02_2022.pdf)
8. Боголюбов В.М., Сафранов Т.А. Моніторинг довкілля. Гельветика. 2020. 521 с.
9. Шмандій В.М., Клименко М.О., Голік Ю.С. Екологічна безпека. Гельветика. 2019. 336 с.
10. Краснов В. П., Шелест З.М., Давидова І.В. Використання харчових продуктів лісу на територіях, забруднених радіонуклідами. Житомир: Вид. О.О. Євенок. 2019. 84 с.
11. Davydova I.V., Mandro Y.N., Melnyk V.V., Zborovska O.V. Feature of forest use in the areas that have undergone significant anthropogenic pressure: monograph. Published by: ScientificWorld-NetAkhatAV, 2020. 96 p.
12. <http://energetika.in.ua/ru/books/book-4/part-1/section-7/7-4a>
13. <http://ukr3.com/zakonodavcho-pravove-normativne-ta-organizacijne/>
14. <http://www.ef.www4.com/>
15. Радіоекологія. Практикум. Навчальний посібник / [М.О. Клименко., А.М. Прищепа., О.О. Лебедь] – Херсон: ОЛДІ-ПЛЮС, 2017. – 404 с.
16. Практикум з радіобіології та радіоекології: навчальний посібник. / [ В.А. Гайченко, І.М. Гудков, В.О. Кашпаров, В.О. Кічно, М.М. Лазарев]. Вид. 2-е доповнене. – Херсон: Стереотип. вид. – Херсон. – ОЛДІ ПЛЮС, 2014. – 278 с.
17. Radiobiology and Radioecology : textbook for students of higher educational institutions / I.M. Gudkov, M.M. Vinichuk. – Kyiv-Kherson : Oldi-Plus, 2019. – 416 p. (in English).
18. Krasnov V.P., Orlov O.O., Zborovska O.V., Zhukovsky O.V., Kurbet T.V., Shelest Z.M., Davydova I.V. <sup>137</sup>Cs content in European blueberry (vaccinium myrtillus

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф23.07- 05.02/3/101.00.1/М/ОК13- 2023
	Екземпляр № 1	Арк 36 / 35

L.) in forests of Ukrainian polissia in different periods after the accident at ChNPP. Nuclear Physics and Atomic Energy. 2018. Vol. 19, Iss. 4. P. 383–391. DOI: 10.15407/jnpae2018.04.383. (<http://jnpae.kinr.kiev.ua/19.4/html/19.4.0383.html>)

19. Краснов В.П., Курбет Т.В., Давидова І.В., Шелест З.М., Жуковський О.В., Іванюк І.Д. Динаміка вмісту  $^{137}\text{Cs}$  у корі крушини ламкої (*Frangula alnus* Mill.) у лісах Полісся України Журнал «Ядерна фізика та енергетика». 2018. Т. 19. №3. С. 258–264. (<http://jnpae.kinr.kiev.ua/19.3/html/19.3.0258.html>)

20. Про затвердження Методичних рекомендацій щодо визначення територій, що містять стійкі органічні забруднювачі. / Міністерство захисту довкілля та природних ресурсів України / Наказ № 668 від 12.10.2021 р. Режим доступу: <https://zakon.rada.gov.ua/rada/show/v0668926-21#Text>.

21. Мельник В. В., Курбет Т. В. Швиденко І. К. Накопичення  $^{137}\text{Cs}$  у рослинах трав'яно-чагарничкового ярусу в умовах вологих суборів Українського Полісся. Агроекологічний журнал. 2019, №1. С. 42–49. (<http://journalagroeco.org.ua/article/view/163250>)

22. Краснов В.П., Курбет Т.В., Мельник В.В., Давидова І.В., О.В., Зборовська О.В. Зміна вмісту  $^{137}\text{Cs}$  у корі крушини ламкої (*Frangula alnus* Mill.) у вологих суборах лісів Полісся України з часу аварії на ЧАЕС. Науковий вісник НЛТУ України. 2019. Вип. 29.6. С. 67–70. (<https://nv.nltu.edu.ua/index.php/journal/article/view/1970>)

23. Краснов В.П., Орлов О.О., Жуковський О.В., Зборовська О.В., Курбет Т.В., Мельник В.В., Шелест З.М. Радіоактивне забруднення конвалії звичайної (*Convallaria majalis* L.) у лісах Житомирського Полісся. Науковий вісник НЛТУ України. 2019. Вип. 29. Т. 9. С. 60–64. (<https://nv.nltu.edu.ua/index.php/journal/article/view/2072>)

24. Краснов В.П., Орлов О.О., Жуковський О.В., Гулик І.Т., Курбет Т.В., Корбут М.Б., Давидова І.В., Мельник В.В. Зміна вмісту  $^{137}\text{Cs}$  у чорниці (*Vaccinium myrtillus* L.) у лісах Полісся України з часу аварії на ЧАЕС. Науковий вісник НЛТУ України. 2020. Вип. 30. Т. 2. С. 49–54. (<https://nv.nltu.edu.ua/index.php/journal/article/view/2151>)

25. Мельник В.В., Курбет Т.В. Радіоактивне забруднення  $^{137}\text{Cs}$  наземної фітомаси брусниці в умовах свіжого бору Українського Полісся. Тези XIV Всеукраїнської наукової on-line конференції здобувачів вищої освіти і молодих учених з міжнародною участю «Сучасні проблеми екології», 15 березня 2018 р. Житомир: ЖДТУ, 2018. С. 41. (<https://conf.ztu.edu.ua/wp-content/uploads/2018/04/41-1.pdf>)

26. Кашпаров В. А., Калиненко Л. В., Перепелятников Г. П. та ін. Методика комплексного радіаційного обстеження забруднених внаслідок Чорнобильської катастрофи територій (за винятком території зони відчуження).– К.: Атіка-Н, 2007.– 60 с.

27. Гудков, М.М.Віннічук Сільськогосподарська радіобіологія. – Житомир: ДАУ, 2003 – 472 с.

28. Трохименко Г. Г. Радіоекологія: курс лекцій. – Миколаїв: НУК, 2012. –

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф23.07- 05.02/3/101.00.1/М/ОК13- 2023
	<i>Екземпляр № 1</i>	<i>Арк 36 / 36</i>

електронне видання. Режим доступу: <https://textarchive.ru/c-2736782-pall.html>

29. Радіоактивні відходи: технології утворення, поводження, утилізації: навчальний посібник / Д.В. Лико, М.І. Костолович, О.П. Войтович – Херсон: ОЛДІ-ПЛЮС, 2016. – 204 с.

30. Про затвердження Державних гігієнічних нормативів "Допустимі рівні вмісту радіонуклідів  $^{137}\text{Cs}$  та  $^{90}\text{Sr}$  у продуктах харчування та питній воді". Режим доступу: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0845-06#Text>

31. [Про використання ядерної ен... | від 08.02.1995 № 39/95-ВР \(rada.gov.ua\)](#)

32. [Державний гігієнічний норматив. НРБУ-97. Норми радіаційної безпеки України скачать безплатно - BudInfo](#)