

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

ДОПУСТИТИ ДО ЗАХИСТУ
Завідувач випускової кафедри
_____ Б.Д.Халмурадов
« ____ » _____ 2023 р.

**КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА
(ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА)**

ВИПУСКНИКА ОСВІТНЬОГО СТУПЕНЯ БАКАЛАВРА
ЗА СПЕЦІАЛЬНІСТЮ 263 «ЦИВІЛЬНА БЕЗПЕКА»

Тема: «Розробка інженерно-технічних заходів з ліквідації наслідків аварій на АЕС»

Виконавець: студент групи 412 ЦБ Момот Ростислав Станіславович

Керівник: к.т.н., доцент Синило Катерина Вікторівна

Нормоконтролер: _____ Козлітін О.О.

КИЇВ 2023

НАЦІОНАЛЬНИЙ АВІАЦІЙНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Факультет екологічної безпеки, інженерії та технологій
Кафедра цивільної та промислової безпеки
Спеціальність 263 «Цивільна безпека»

ЗАТВЕРДЖУЮ
Завідувач кафедри
_____ Б.Д.Халмурадов
«__» _____ 2023 р.

ЗАВДАННЯ **на виконання кваліфікаційної роботи** **Момота Ростислава Станіславовича**

1. Тема роботи «Розробка інженерно-технічних заходів з ліквідації наслідків аварій на АЕС» затверджена наказом ректора від «26» квітня 2023р. № 566/ст.

2. Термін виконання роботи з 29.05.2023 р. по 25.06.2023 р.

3. Вихідні дані роботи:

- провести загальний аналіз впливу радіації на організм людини;
- провести аналіз існуючого дозиметричного контролю;
- сформулювати в роботі сучасні вимоги до засобів захисту від радіації;
- розробка заходів захисту у разі радіоактивного забруднення;
- заходи щодо захисту працівників організацій у разі загрози виникнення аварій на радіаційно небезпечному об'єкті

4. Зміст пояснювальної записки:

- вступ;
- радіаційний захист населення в надзвичайних ситуаціях;
- радіаційно небезпечні аварії та їх вплив;
- розробка заходів захисту у разі радіоактивного забруднення;
- висновки.

5. Календарний план-графік

№ з/п	Завдання	Термін виконання	Підпис керівника
1	2	3	4
1	Постановка задачі та аналіз інформаційних джерел	29.05.2023-02.06.2023	

2	Збір інформаційних даних та обґрунтування вибору рішення	02.06.2023-06.06.2023	
3	Аналіз даних та їх класифікація	07.06.2023	
4	Робота над розділом №1	08.06.2023-12.06.2020	
5	Робота над розділом №2	13.06.2023-15.06.2023	
6	Робота над розділом №3	15.06.2023-18.06.2023	
7	Підготовка графічного матеріалу, оформлення і друк пояснювальної записки	19.06.202	
8	Оформлення презентації в Power Point	20.06.2023-21.06.2023	
9	Отримання рецензій від опонентів	22.06.2023	
10	Підготовка до захисту в ДЕК	24.06.2023	

7. Дата видачі завдання: «29» травня 2023 р.

Керівник кваліфікаційної роботи: _____

Синило К.В.

Завдання прийняв до виконання: _____

Момот Р.С.

РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка до кваліфікаційної роботи бакалавра «Розробка інженерно-технічних заходів з ліквідації наслідків аварій на атомних електростанціях АЕС» складається з: 5 табл., 24 джерел.

КЛЮЧОВІ СЛОВА: АТОМНА ЕЛЕКТРОСТАНЦІЯ, РАДІАЦІЯ, РАДІАЦІЙНИЙ КОНТРОЛЬ, ЕВАКУАЦІЯ.

Розробка інженерно-технічних заходів з ліквідації наслідків аварій на атомних електростанціях (АЕС) є однією з найважливіших сфер досліджень і розробок у сучасному світі. Аварії на АЕС можуть мати серйозні наслідки для людей, навколишнього середовища та соціально-економічного стану країни. Тому важливо мати ефективні та надійні інженерно-технічні заходи, спрямовані на ліквідацію наслідків таких аварій.

Одним з найважливіших аспектів розробки інженерно-технічних заходів є забезпечення безпеки персоналу АЕС та населення, яке проживає в навколишніх районах. Це включає в себе розробку та впровадження систем раннього попередження аварій, систем моніторингу радіаційного стану та систем евакуації. Також необхідно розробляти методи і засоби для виявлення та локалізації радіоактивного забруднення та швидкої реакції на нього.

Ще одним важливим аспектом розробки інженерно-технічних заходів є забезпечення стійкості та надійності реакторів АЕС. Це включає в себе розробку нових технологій та матеріалів, які зменшують ризик аварій та покращують можливості їх контролю. Також важливо розробляти системи безпеки та аварійного відключення, які дозволять в разі потреби швидко зупинити реактор та запобігти подальшому поширенню аварійних ситуацій.

Розробка інженерно-технічних заходів також пов'язана з розробкою систем управління кризовими ситуаціями на АЕС. Це охоплює розробку планів дій та сценаріїв реагування на аварії, тренування персоналу з практичним виконанням

таких сценаріїв та забезпечення необхідного обладнання та ресурсів для ефективного управління аварійними ситуаціями.

Успішна розробка інженерно-технічних заходів з ліквідації наслідків аварій на АЕС вимагає спільної роботи науковців, інженерів та спеціалістів з безпеки. Важливо також проводити постійний моніторинг та оцінку існуючих інженерно-технічних рішень з метою їх вдосконалення та впровадження нових технологій.

Отже, розробка інженерно-технічних заходів з ліквідації наслідків аварій на АЕС є важливим напрямком досліджень та розробок. Ці заходи спрямовані на забезпечення безпеки персоналу АЕС та населення, стійкості та надійності реакторів, а також на розробку систем управління кризовими ситуаціями. Інженерно-технічні заходи вимагають спільної роботи фахівців різних галузей з метою забезпечення максимальної ефективності та безпеки в умовах аварій на АЕС.

ЗМІСТ

ВСТУП.....	Ошибка! Закладка не определена.
РОЗДІЛ 1. РАДІАЦІЙНИЙ ЗАХИСТ НАСЕЛЕННЯ НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ.....	9
1.1 Особливості та вимірювання рівня загрози від аварій на АЕС	9
1.2 Дія радіації на організм людини.....	11
1.3 Організація дозиметричного контролю. Одиниці виміру.....	18
РОЗДІЛ 2 РАДІАЦІЙНО-НЕБЕЗПЕЧНІ АВАРІЇ ТА ЇХ ВПЛИВ	29
2.1. Класифікація радіаційно-небезпечних аварій.....	29
2.2. Характеристика зон можливого радіоактивного забруднення під час аварії на АЕС	31
2.3. Оцінка безпеки життєдіяльності працівників організації за радіоактивного забруднення місцевості.....	36
РОЗДІЛ 3 РОЗРОБКА ЗАХОДІВ ЗАХИСТУ У РАЗІ РАДІОАКТИВНОГО ЗАБРУДНЕННЯ.....	40
3.1. Інженерно-технічні заходи у разі радіоактивного забруднення місцевості.	40
3.2. Організація профілактичних заходів щодо захисту населення від іонізуючого випромінювань.....	41
3.3. Заходи захисту населення від іонізуючих випромінювань.....	43
3.3.1 Евакуація населення при аварії на радіаційно небезпечному об'єкті та випаданні радіоактивних опадів.....	44
3.3.2. Індивідуальний захист населення від впливу радіоактивного забруднення під час аварії на радіаційно небезпечному об'єкті.	46
3.3.3. Рекомендації щодо застосування препаратів стабільного йоду населенням (йодна профілактика).....	48
3.4. Заходи щодо захисту працівників організацій у разі загрози виникнення аварії на радіаційно небезпечному об'єкті.....	53
ВИСНОВОК	56
СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ.....	57

ВСТУП

Актуальність дослідження. В Україні на сьогоднішній день залишається високим ризик виникнення надзвичайних ситуацій різного характеру. Причому тяжкість катастроф, що щорічно відбувалися, аварій і стихійних лих зростає: зростає шкода, залишаються значними безповоротні втрати населення, наноситься сильна шкода навколишньому середовищу. Проблема запобігання та ліквідації надзвичайних ситуацій залишається для держави дуже актуальною.

Наукова проблема дослідження полягає у протиріччі між необхідністю вдосконалення радіаційного, хімічного та медико-біологічного захисту населення від надзвичайних ситуацій різного генезу в контексті науково-технічного прогресу та реальними можливостями такого вдосконалення з урахуванням сучасних економічних умов.

Об'єкт дослідження - захист населення при аварії на АЕС.

Предмет дослідження - радіаційний захист населення у надзвичайних ситуаціях.

Мета дослідження: систематизувати сучасні теоретико-методологічні та методичні підходи до забезпечення радіаційного захисту населення у надзвичайних ситуаціях.

Завдання дослідження:

1) розкрити структуру та зміст способів радіаційного захисту населення у випадку аварії на АЕС;

Методи дослідження: аналіз та узагальнення інформації з бібліографічних джерел, теоретичне моделювання.

Теоретико-методологічною основою дослідження з'явилися наукові праці наступних вчених: С.М. Ярмоненко (1977), Л.А. Булдакова (1990), В.Ю. Сафонова та В.А. Сафонова (2005), Костюкова, І.Є. Єрьоміна, В.В. Єрьоміна, С.М. Соколової (2019).

Теоритична значимість дослідження полягає у розширенні та поглибленні наукового знання про забезпечення радіаційного, хімічного та медико-біологічного захисту населення у надзвичайних ситуаціях.

Практична значимість дослідження полягає у можливості застосування виявлених у ході дослідження типових алгоритмів дій фахівців у справах цивільної оборони, надзвичайних ситуацій, попередження та ліквідації стихійних лих в умовах радіаційних, хімічних та медико-біологічних надзвичайних ситуацій.

Гіпотеза дослідження є припущенням того, що фахівці у справах цивільної оборони, надзвичайних ситуацій, запобігання та ліквідації стихійних лих повинні діяти згідно типовим алгоритмам, розробленим для умов радіаційних, хімічних та медико-біологічних надзвичайних ситуацій.

Організація дослідження:

Перший етап – вибір теми, формулювання гіпотези, визначення мети дослідження та постановка завдань дослідження, розробка теоретичної частини дослідження.

На другому – розробка типових алгоритмів для умов радіаційних, хімічних та медико-біологічних надзвичайних ситуацій із застосуванням методу теоретичного моделювання.

На третьому етапі – написання тексту роботи, формулювання висновків, складання практичних рекомендацій.

Робота складається з вступу, 3х розділів з підрозділами, висновків та списку літератури, загальний обсяг роботи __ сторінок.

РОЗДІЛ I. РАДІАЦІЙНИЙ ЗАХИСТ НАСЕЛЕННЯ НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

1.1 Особливості та вимірювання рівня загрози від аварій на АЕС

Радіоактивність - нестійкість ядер деяких атомів, що виявляється в їх здатності до мимовільних перетворень (розпаду), що супроводжується випромінюванням іонізуючого випромінювання або радіацією.

Радіація, чи іонізуюче випромінювання - це частки, енергія яких досить велика, щоб за впливу речовина створювати іони різних символів. Радіацію не можна викликати хімічними реакціями.

Розрізняють кілька видів радіації.

Альфа-частинки: відносно важкі, позитивно заряджені частинки, які є ядра гелію.

Бета-частинки – це просто електрони.

Гамма-випромінювання має ту ж електромагнітну природу, що і видиме світло, проте має набагато більшу проникаючу здатність.

Нейтрони - електрично нейтральні частинки, що виникають головним чином безпосередньо поблизу працюючого атомного реактора, куди доступ, природно, регламентований

Рентгенівське випромінювання подібно до гамма-випромінювання, але має меншу енергію. Ультрафіолетове випромінювання та випромінювання лазерів у нашому розгляді не є радіацією. Слід розрізняти радіоактивність та радіацію.

Джерела радіації - радіоактивні речовини або ядерно-технічні установки (реактори, прискорювачі, рентгенівське обладнання тощо) - можуть існувати значний час, а радіація існує лише до свого поглинання в будь-якій речовині.[2]

Альфа - і бета-частинки мають слабку проникаючу здатність і практично не становлять небезпеки для організму людини до тих пір, поки не потраплять всередину організму через відкриту рану, з їжею або повітрям, що вдихається; тоді вони стають надзвичайно небезпечними. При попаданні в живий організм можуть

знищити або пошкодити багато клітин. Але проникаюча здатність гамма-випромінювання дуже велика; його може затримати товста свинцева чи бетонна плита. Таким чином, людина піддається зовнішньому опроміненню в основному від гамма-випромінювання та внутрішньому від альфа- та бета-випромінювання. Природне, незалежне від людини радіоактивне випромінювання становить природний радіоактивний фон. При цьому близько 70% опромінення від природного фону людина одержує внутрішнім способом. До радіаційно небезпечних об'єктів належать: підприємства ядерного паливного циклу уранової та радіохімічної промисловості, місця переробки та поховання радіоактивних відходів; атомні електростанції (АЕС), атомні теплоенергетичні станції (АТЕЦ), атомні станції тепlopостачання; ядерні боєприпаси та склади для їх зберігання. [3]

З метою однакової оцінки фахівцями ядерної енергетики подій, що відбуваються на АЕС та об'єктивного висвітлення засобами масової інформації у 1989р. під егідою Міжнародного агентства з атомної енергії (МАГАТЕ) розроблено Міжнародну шкалу подій на АЕС.

Шкала МАГАТЕ містить 8 рівнів:

- 0 - Інцидент на АЕС, який не викликає жодних наслідків;
- 1 – Незначні події на АЕС (РГО);
- 2 - обставини середньої тяжкості;
- 3 - Серйозні обставини;
- 4 – Аварії в межах АЕС;
- 5 – аварії з ризиком для навколишнього середовища;
- 6 - Важкі аварії;
- 7 – Глобальні аварії (катастрофи).

Характеристика рівнів шкали подій на АЕС:

Перший та другий рівні - функціональні відхилення або відмови в управлінні обладнання, які не мають безпосереднього впливу на безпеку АЕС.

Третій рівень - відмова обладнання чи помилки експлуатації. У навколишнє середовище викинуто радіоактивні продукти, можлива доза опромінення окремих людей не перевищує кількох мілізівертів. У той же час, всередині станції, працюючі можуть бути переопромінені дозами близько 50 мЗв. (Пожежа на АЕС Ванделлос, Іспанія, 1989р.).

Четвертий рівень - часткове руйнування активної зони, як механічне, і теплове (плавлення). Працюючі можуть отримати гостре променеве опромінення порядку І зіверта, а можливий викид у довкілля викликає опромінення окремих осіб із населення межах кількох мЗв. Захисних заходів не потрібно, але необхідний контроль продуктів харчування (арію на АЕС Сант-Лоурент, Франція, 1980 р.).

П'ятий рівень - значний викид продуктів розподілу в довкілля еквівалентний величинам від кількох одиниць до десятків терабеккерелей радіоактивного роду. Можлива часткова евакуація, необхідна місцева йодна профілактика (аварія у Віндскайлі, Великобританія, 1957 р., аварія на АЕС Три-Майл-Айленд, США, 1979 р.).

Шостий рівень - за зовнішніми наслідками, що характеризується значним викидом (від десятків до сотень терабеккерелів) в обмеженій зоні. Необхідно запровадження всіх захисних заходів (аварія на ВО «Маяк», СРСР, 1957р., аварія на АЕС Віндскейл, Шеллафідд, Англія, 1957р.).

Сьомий рівень - характеризується великим викидом радіоактивних речовин (від тисячі до десятків тисяч терабеккерелів). Може бути завдано значної шкоди здоров'ю людей та навколишньому природному середовищу (катастрофа на Чорнобильській АЕС, СРСР, 1986 р., аварія на АЕС Фукусіма 1, Японія, 2011 р.). [5]

1.2 Дія радіації на організм людини

Характер аварії на АЕС багато в чому визначає вражаючі чинники та наслідки.

Найбільш небезпечні за своїми наслідками аварії із руйнуванням реактора, що виникають внаслідок теплового вибуху. У такому разі значно підвищується

потужність реактивного викиду, можливе також руйнування сусідніх реакторів, що може призвести до непередбачуваних наслідків. Таким чином, враховуючи руйнівну та пожежонебезпечну дію теплового вибуху, можна припустити, що найбільшу небезпеку для населення внаслідок аварії на АЕС становить радіоактивний викид. Внаслідок викиду можливе опромінення людей та тварин, а також забруднення навколишнього середовища.

На сформованому радіоактивному сліді головним джерелом радіаційного зараження є зовнішнє опромінення. Інгаляційне надходження радіонуклідів практично виключено, якщо вчасно вжито заходів захисту органів дихання. Надходження радіоактивних речовин усередину організму можливе в основному з продуктами харчування та водою. Основними нуклідами, що формують внутрішнє опромінення в перші дні після аварії, є радіоактивні ізотопи йоду, які найбільше активно засвоюються щитовидною залозою. Найбільша концентрація йоду відзначається у молоці. Після 2-3 місяців після аварії основним джерелом внутрішнього опромінення стає радіоактивний цезій, влучення якого всередину можливе з продуктами харчування. Крім того, всередину організму можуть надходити радіоактивні стронції та плутонії, ділянки забруднення якими мають обмежені масштаби.

За характером розподілу в організмі людини радіоактивні речовини можна умовно поділити на чотири групи: [7]

- локалізуються переважно у скелеті (кальцій, стронцій, радій, плутоній);
- концентруються у печінці (церій, лантан, плутоній та ін.);
- рівномірно розподіляються по органам та системам (третій, вуглець, інертні гази, цезій та ін.);
- радіоактивний йод вибірково накопичується в щитовидній залозі (близько 30%), причому питома активність її тканини може перевищувати таку інших органів у 100-200 разів.

Вплив радіоактивного випромінювання на людей у перші години та добу після аварії визначаються внутрішнім опроміненням внаслідок вдихання радіонуклідів із радіоактивної хмари та зовнішнім опроміненням від радіоактивної хмари та радіоактивних випадень на місцевості, а також поверхневим забрудненням унаслідок осадження радіонуклідів із хмари радіоактивного викиду.

Зовнішнє опромінення може або повністю піддатися весь організм, або воно може зачіпати окремі ділянки тіла (локальне опромінення). При попаданні в організм людини радіоактивних ізотопів з повітрям, водою і продуктами харчування, що вдихаються, вони можуть рівномірно розподілятися всередині тіла, а можуть вибірково накопичуватися в окремих органах.

При вивченні дії іонізуючого випромінювання на організм людини визначено низку особливостей:

- Висока ефективність поглиненої енергії. Невеликі кількості випромінювання можуть викликати глибокі зміни в організмі;

- Наявність прихованого (інкубаційного) періоду появи впливу іонізуючого випромінювання. Цей період скорочується при випромінюванні великих дозах;

- Вплив від малих доз може підсумовуватися, тобто. йде процес накопичення. Цей ефект називається кумуляцією; [6]

- випромінювання впливає як даний живий організм, а й у його потомство. Це так званий генетичний ефект;

- різні органи живого організму мають свою радіочутливість, найбільш вразливі вузько спеціалізовані органи та тканини;

- Кожен організм не однаково реагує на опромінення.

Біологічний ефект іонізуючого випромінювання залежить від часу впливу, сумарної дози, виду випромінювання, розмірів поверхні, що опромінюється, а також від індивідуальних особливостей організму.

Ступінь небезпеки іонізуючих випромінювань також залежить від швидкості виведення радіонуклідів із організму. Якщо радіонукліди, що потрапили всередину організму, однотипні з елементами, які споживаються людиною з їжею (натрій,

хлор, калій та ін.), то вони не затримуються на тривалий час в організмі і виводяться з нього.

Деякі радіоактивні речовини, потрапляючи в організм, розподіляються у ньому більш менш рівномірно, інші концентруються в окремих внутрішніх органах. [1]

Чутливість різних органів людського тіла до опромінення різна. Найчутливішими до опромінення є:

- зародкові клітини, які відповідають за спадковість;
- червоний кістковий мозок – основний кровотворний орган, який формує лейкоцити, еритроцити, тромбоцити;
- зобна залоза, що формує лейкоцити та гормони.

Радіоактивні речовини в людини розподіляються нерівномірно. Так, у кісткових тканинах відкладаються джерела -випромінювання – радій, уран, плутоній;-випромінювання – стронцій та ітрій;в-випромінювання – цирконій. Ці елементи, що хімічно пов'язані з кістковою тканиною, дуже важко виводяться з організму (так період напіввиведення стронцію становить 50 років).

У м'яких тканинах концентрується джерелов-випромінювання - цезій, який досить легко виводиться з організму (період напіввиведення цезію близько 70 діб).

Слід зазначити ще деякі особливості біологічної дії іонізуючих випромінювань:

- дія іонізуючих випромінювань на організм невідчутна людиною. Люди відсутній орган почуттів, який міг би сприймати іонізуюче випромінювання;
- видимі ураження шкірного покриву, нездужання, характерні для променевого ураження, виявляються не відразу, а згодом;
- Підсумовування доз відбувається потай. Якщо в організм людини систематично потраплятимуть радіоактивні речовини, то згодом дози підсумовуються, це неминуче призводить до променевих захворювань. [8]

Внаслідок опромінення скорочується кількість лейкоцитів у крові людини, що призводить до скорочення плазмових клітин, що виробляють антитіла. Антитіла забезпечують захисні реакції організму людини до різних захворювань. Зниження та

ослаблення лейкоцитів у крові людини призводить до втрати імунітету та опірності організму до хвороб.

Радіоактивне опромінення може зруйнувати генетичний код людини шляхом розриву зв'язків між послідовними радіонуклідами. Якщо таких розривів мало, зв'язку можуть відновлюватися, але якщо їх багато, то порушується генетичний код, що призводить до мутації людини. Причому мутація відбувається не відразу, а у другому чи навіть третьому поколінні.

Променева хвороба.

Характерні ознаки променевої хвороби проявляються не відразу, людина може і не знати про опромінення.

Променева хвороба виникає в результаті на організм людини іонізуючих випромінювань в дозах, що перевищують допустимі.

Відомо, що тіло людини на 75% містить воду H_2O , яка під впливом радіоактивного випромінювання розпадається на водень H і гідроксильну групу OH , які через ланцюг перетворень утворюють продукти з високою хімічною активністю: оксид гідратний HO_2 і перекис водню H_2PO_2 . Ці сполуки окислюються та руйнують біологічні тканини. При невеликих дозах опромінення уражена тканина через деякий час відновлюється (оборотний процес), але високі дози опромінення викликають незворотні процеси. Внаслідок такого впливу порушується нормальний перебіг біохімічних процесів та обміну речовин, відбувається руйнування лейкоцитів, тромбоцитів, еритроцитів та ін. Біологічний ефект залежить від потужності, часу та площі опромінення. [10]

Доза опромінення може бути одноразовою та багаторазовою.

Найбільш небезпечним є одноразове опромінення. Одноразовим вважається опромінення, отримане за 4 доби з початку опромінення за один раз або дрібно. При цьому на 5-6 добу радіоактивні речовини виводяться з організму. Через 30 діб з організму виводяться близько 50% радіоактивних речовин, а через 90 діб – близько 90%, але 10% радіоактивних речовин залишається в організмі людини на все життя (залишкова доза).

Якщо тривалість опромінення перевищує 4 діб, воно вважається багаторазовим.

Променева хвороба може розвиватися при зовнішньому загальному опроміненні всього тіла або більшої його частини, а також при внутрішньому опроміненні через проникнення радіоактивних речовин в організм через дихальні шляхи або разом із зараженою їжею або водою.

Залежно від дози опромінення можуть виникнути променеві хвороби 4-х ступенів (табл. 1.7).

Розрізняють дві форми променевої хвороби:

- гостра,
- Хронічна.

Гостра форма виникає в результаті одноразового або ряду послідовних впливів іонізуючих випромінювань у великих дозах. Вона може спостерігатися в умовах воєнного часу при використанні противником ядерної зброї, а у мирний час – при аваріях та катастрофах на АЕС, підприємствах чи НДІ, які використовують джерела іонізуючого випромінювання.

Хронічна форма виникає в результаті тривалого (протягом багатьох місяців та років) опромінення у малих дозах. Може розвинути внаслідок порушення правил охорони праці та техніки безпеки під час роботи з радіоактивними речовинами та джерелами іонізуючого випромінювання. [11]

Форми та клінічні прояви променевої хвороби залежать:

- Від характеру опромінення - загальне, місцеве, зовнішнє, внутрішнє;
- від дози;
- Від розподілу дози опромінення в часі.

Таблиця 1.1 Ознаки променевої хвороби

Доза опромінення	Ознаки поразки людини при одноразовому опроміненні	Ознаки поразки людини при багаторазовому опроміненні
50 наречених (0,5 Зв)	Видимих ознак ураження немає	Видимих ознак ураження немає
100-200 бер (1-2 Зв)	Можлива нудота, блювання, слабкість	Опромінення 10-30 діб – зовнішніх ознак немає
200-300 бер	Променева хвороба 1-го ступеня	Опромінення протягом 3-х

(2-3 Зв)		місяців - зовнішніх ознак немає
300-400 бер (3-4 Зв)	Променева хвороба 2-го ступеня	Перші ознаки променевої хвороби
400-600 бер (4-6 Зв)	Променева хвороба 3-го ступеня. Головний біль, температура, слабкість, нудота, блювання, пронос, зміна складу крові. За відсутності лікування – смерть	
понад 600 бер (більше 6 Зв)	Променева хвороба 4-го ступеня. У більшості випадків смерть	
1000 наречених (10 Зв)	Блискавична форма променевої хвороби. Загибель у 1-у добу	

Спільним всім форм є порушення функцій всіх органів прокуратури та систем.

При цьому вражаються:

- Центральна нервова система;
- система кровотворення та кровообігу;
- шлунково-кишковий тракт;
- загальна інтоксикація організму, що виявляється слабкістю, головним болем, порушенням сну, нудотою та ін.

Розрізняють *чотири періоди гострої форми променевої хвороби*:

- Період первинної реакції;
- прихований період;
- розпал захворювання;
- Період відновлення.

Період первинної реакції.

Виникає невдовзі після опромінення, відзначається збудження чи, навпаки, стан апатії, млявість, слабкість, запаморочення, нудота, а важких випадках блювота і пронос. Порушується апетит, засмучується сон. У тяжких випадках можлива тимчасова втрата свідомості. Пульс та артеріальний тиск стають нестійкими. У крові виявляються характерні зміни переважно із боку білих кров'яних тілець. Всі ці

явища після декількох годин можуть згладитися або зникнути, після чого починається 2-й період.

Прихований період.

Помітно покращується загальний стан, але хвороба прогресує. Через кілька днів до 2-3 тижнів настає 3-й період.

Період у розпалі.

Різко погіршується загальний стан, підвищується температура, виникає блювота та пронос, нерідко з кров'ю. З'являється кровоточивість ясен та ін слизових оболонок з утворенням виразок, під шкірою з'являються крововиливи. Через 2-3 тижні починає випадати волосся. Розвивається недокрів'я та нервові розлади. Різко падає опірність організму до збудників інфекційних хвороб. При сприятливому перебігу внаслідок сучасного лікування хвороба входить у 4-й період.

Період відновлення.

Стан поступово покращується, нормалізується температура, зникають ознаки порушень функції центральної нервової системи, відновлюється нормальний склад крові.

Після лікування від променевої хвороби можуть бути залишкові явища у вигляді слабкості, швидкої стомлюваності, головного болю, не різко вираженого недокрів'я, схильності до інфекційних захворювань.

Хронічна променева хвороба розвивається повільно, роками. Лікування полягає з повного припинення контакту хворого з джерелами іонізуючого випромінювання. [12]

1.3 Організація дозиметричного контролю. Одиниці виміру.

Відомо, що основними параметрами, що характеризують дію іонізуючого випромінювання на середовище, є доза та потужність дози. У дозиметрії розрізняють такі види доз випромінювання: експозиційна, поглинена та еквівалентна.

Експозиційна доза – кількісна характеристика поля іонізуючого випромінювання, заснована на величині іонізації сухого повітря при атмосферному тиску. Позасистемна одиниця експозиційної дози є рентген (Р).

Поглинена доза - кількість енергії, поглиненої одиницею маси речовини, що опромінюється. Позасистемна одиниця дози – 1 рад, у міжнародній системі – 1 Грей (Гр). 1 Гр = 100 рад. Для біотканин 1 Р = 1 рад (точніше 0,93 рад).

Еквівалентна (біологічна) доза введена для оцінки дії випромінювання на біотканині. Позасистемною одиницею зміни еквівалентної дози є Бер - біологічний еквівалент рентгена, а системі - зіверт (Зв). Слід зазначити, що при одній і тій же поглиненій дозі радіобіологічний ефект тим вищий, що щільніше іонізація.

Тому для кількісної оцінки цього явища потрібно було запровадити поняття коефіцієнта відносної біологічної ефективності, або коефіцієнта якості (КК) випромінювання. КК для гамма - та бета - випромінювання дорівнює 1, для нейтронів та протонів - 10, для альфа-частинок - 20.

Захист населення – головне завдання штабу цивільної оборони радіаційного захисту. [13]

Склад та основні завдання служби ГО радіаційного захисту

До складу служби ГО радіаційного захисту входять:

1. Керівництво служби;
2. Орган управління - штаб (група управління) служби - за наявності можливості створення;
3. Формування ГО;
4. Спеціалізовані структурні підрозділи, виробнича діяльність яких у воєнний час не суттєво відрізнятиметься від їх діяльності у мирний час, що залучаються до вирішення завдань служби з їхньої спеціалізації в існуючій структурі (спеціалізовані газорятувальні та інші підрозділи).

Склад служби визначається наказом начальника цивільного захисту об'єкта. Керівництво служби комплектується з посадових осіб, які не звільняються від виконання обов'язків з їхньої основної роботи. До нього входять начальник служби та заступники начальника служби.

На керівництво служби покладаються завдання щодо організації, підготовки, проведення заходів радіаційного захисту на об'єкті та забезпечення управління підлеглими силами та засобами.

При начальнику служби ДО може створюватися штаб (група управління) служби, що складається з начальника штабу, його заступників та завдань, що покладаються на службу, та управління силами та засобами. Склад штабу визначається начальником служби залежно від характеру та обсягу розв'язуваних завдань та затверджується начальником цивільної оборони об'єкта.

Штаб служби комплектується зі штатних працівників підрозділів на базі яких створено службу, яка не звільняється від їх основних обов'язків.

На Штаб служби покладається створення, підготовка та підтримка у постійній готовності сил та засобів служби до виконання покладених на неї завдань, їх оснащення засобами захисту, табельним майном та необхідними матеріалами, обладнанням та технікою. Посадові особи штабу служби зобов'язані знати завдання служби, можливості підпорядкованих сил та засобів та їх забезпеченість, розробляти заходи (плани) служби та доповідати начальнику служби про виконання службою заходів, передбачених планом.

Формування служби (цивільні організації цивільної оборони): зведена команда радіаційного захисту, зведена група радіаційного захисту, пост радіаційного та хімічного спостереження, група радіаційної та хімічної розвідки, створені відповідно до "Методичними вказівками щодо створення громадських організацій цивільної оборони", введеними в дію директивою МНС України від 3 квітня 2000 р. № 33-860-14. [14]

Під час створення формувань служби передбачити такий порядок, щоб робоча зміна підрозділів, з урахуванням яких створено формування ГО, була формуванням чи підрозділом формування служби. Основні завдання служби МВ радіаційного захисту.

При повсякденній діяльності:

‣ Виконання заходів, що покладаються на службу відповідно до Плану основних заходів об'єкта з питань ДО на поточний рік, який затверджує начальник цивільної оборони;

‣ Розробка спільно із структурним підрозділом об'єкта, спеціально уповноваженим на вирішення завдань у галузі цивільної оборони (Штабом ГО), плану цивільної оборони об'єкта (питань організації та проведення на об'єкті заходів щодо радіаційного захисту) та його щорічне уточнення. Розробка та своєчасне коригування плану служби (заходів, що покладаються на службу, та включаються до Календарного плану виконання основних заходів ДО об'єкта, якщо окремий план служби ДО не розробляється);

‣ Керівництво роботою із створення запасів засобів індивідуального захисту, приладів радіаційної розвідки та дозиметричного контролю, засобів спеціальної обробки. Укомплектування формувань служби особовим складом та оснащення їх табельним майном;

‣ Перевірка та підтримка готовності служби, організація підготовки виробничого персоналу до дій за умов радіоактивного зараження, підготовка формувань служби до виконання завдань із призначення. Прогнозувати та оцінювати можливі наслідки радіоактивного зараження та визначення режимів захисту виробничого персоналу.

Методи захисту населення.

1. Своєчасне оповіщення населення.

Серед комплексу заходів щодо захисту населення у разі виникнення надзвичайних ситуацій особливо важливе місце належить організації своєчасного його оповіщення, яке покладається на органи ДО.

Оповіщення організується засобами радіо та телебачення. Для того, щоб населення вчасно включило ці засоби оповіщення, використовують сигнали транспортних засобів, а також уривчасті гудки підприємств. Завивання сирен, уривчасті гудки підприємств, сигнали транспортних засобів означають попереджувальний сигнал "Увага всім!". Почувши цей сигнал, треба негайно

включити теле- та радіоприймачі та слухати екстрене повідомлення місцевих органів влади чи штабу ГО. Усі подальші дії визначаються їх вказівками. [15]

2. Заходи протирадіаційного захисту.

Організація заходів радіаційного захисту у структурних підрозділах об'єкта здійснюється їх керівниками та посадовими особами (працівниками), призначеними у цих підрозділах для проведення повсякденної роботи з ГО та організації евакуаційних заходів.

Противрадіаційний захист (ПРЗ) - це комплекс заходів ДО, спрямованих на запобігання чи ослаблення впливу іонізуючих випромінювань.

ПРЗ включає такі заходи:

1. Виявлення та оцінка радіаційної обстановки;
2. Розробка та введення в дію режимів радіаційного захисту;
3. Організація та проведення дозиметричного контролю;

Способи захисту населення при радіоактивному зараженні:

1. Забезпечення населення та невоєнізованих формувань ГО засобами ПРЗ (протигази, засоби захисту шкіри та ін., накопичення, зберігання, видача);
2. Ліквідація наслідків радіоактивного зараження (спеціальна санітарна обробка, знезараження місцевості та споруд) та інші.

Для укриття людей заздалегідь будуються захисні споруди: сховища та противрадіаційні укриття. [16]

Притулки забезпечують найбільш надійний захист від усіх вражаючих факторів зброї масової поразки (у тому числі і нейтронної), всіх видів звичайної зброї, а також від шкідливих наслідків застосування ядерної зброї (від високих температур, отруйних димів та пар, обвалів, уламків зруйнованих будівель тощо). У сховищах можна перебувати тривалий час.

Основними заходами захисту населення при виникненні радіоактивного забруднення є:

1. Використання колективних та індивідуальних засобів захисту;
2. Застосування засобів медичної профілактики;
3. Дотримання необхідних режимів поведінки;

4. Евакуація;
5. Обмеження доступу на забруднену територію;
6. Виключення споживання забруднених продуктів харчування та води;
7. Санітарна обробка людей, дезактивація одягу, техніки, споруд, території, доріг та інших об'єктів. [17]

Для зменшення впливу РВ при надходженні сигналу "Радіаційна небезпека" необхідно захистити органи дихання від радіоактивного пилу і по можливості сховатися в найближчій будівлі, найкраще у власній квартирі.

Увійшовши до приміщення, зняти та помістити верхній одяг у пластиковий пакет. Провести герметизацію та захист продуктів харчування пластиковими пакетами. Зробити запас води у закритих судинах.

При їді промивати водою всі продукти, що витримують вплив води. При необхідності (забрудненість приміщення РВ) – захистити органи дихання наявними ЗІЗ (засоби індивідуального захисту).

Приміщення залишати тільки за крайньої необхідності та на короткий час. При виході захищати органи дихання, застосовувати плащі, накидки з підручних засобів, а також табельні засоби захисту шкіри.

Перебуваючи на відкритій місцевості, не знімати ЗІЗ, уникати підняття пилу і рух високою травою та чагарником, не торкатися без потреби до сторонніх предметів. Періодично проводити дезактивацію засобів захисту, а також санітарне прибирання відкритих частин тіла.

Процес перетворення електрично нейтральних атомів на активні іони називається іонізацією. Мимовільний розпад радіоактивних речовин супроводжується іонізуючим випромінюванням, тобто. випромінюванням α -, β -, γ -часток та нейтронів n .

Іонізуюче випромінювання – випромінювання, що створює при радіоактивному розпаді, ядерних перетвореннях, гальмуванні заряджених частинок у речовині та утворює при взаємодії із середовищем іони різних знаків.

Всі види α , β , γ випромінювання мають здатність іонізувати атоми або молекули речовин. У переважній більшості випадків процес іонізації атомів пов'язані з втратою електронів, тобто. із заснуванням позитивних іонів. Атом, позбавлений одного або кількох електронів перетворюється на позитивно заряджений іон – відбувається первинна іонізація. Вибиті при першій взаємодії електрони, самі взаємодіють із зустрічними атомами та створюють нові іони – відбувається вторинна іонізація. Таким чином, енергія випромінювання під час проходження через речовину витрачається в основному на іонізацію середовища.

Щоб зрозуміти вплив іонізації на організм людини, живого організму взагалі необхідно розглянути основні характеристики РВ, у яких зміни структури ядра атома відбувається мимовільно і при цьому воно перетворюється на стійкіше ядро іншого елемента. Це називається *радіоактивністю*. [16]

Вперше це було виявлено у 1896 році французьким фізиком Антуані Анрі Беккерелем (1802-1908), а більш детального досліджено Марією та П'єром Кюрі, які відкрили полоній та радій. Англійські фізики Еге. Резерфорд і Ф. Содді встановили, що на відміну звичайних елементів ядра атомів радіоактивних речовин нестійкі, нестабільні освіти, а внаслідок цього вони безперервно розпадаються.

Відкриття Менделєєвим 6 березня 1869 періодичної системи елементів наштовхнуло вчених на дуже сміливу думку, а чи правильне твердження, що атом є неподільною часткою матеріального світу. За уявленнями Менделєєва «...світ атомів влаштований як і, як світ небесних світил зі своїми сонцем, планетами і супутниками ...». Нагадаємо будову атома: він складається з ядра, довкола якого на стаціонарних орбітах розташовуються електрони. Саме ядро у свою чергу складається з протонів та нейтронів, число яких визначається різницею ваги атома та порядковим номером. Залізо в клітині 26 системи, атомна вага 56, атом містить 26 протонів і 30 нейтронів (56-26), 26 нейтронів в оболонці. Атом урану складається з 92 протонів, 143 нейтронів, на орбітах 92 електрони.

Протони та нейтрони мають загальну назву - нуклони. Число протонів в ядрі визначає його позитивний заряд, що дорівнює порядковому номеру елемента в Періодичній системі.

Число протонів у ядрі кожного елемента строго визначено, а число нейтронів може змінюватись у деяких межах. Тому можуть існувати різновиди атомів того самого елемента, які відрізняються один від одного масовим числом. Такі атоми розміщуються в одній клітині Періодичної системи елементів та називаються ізотопами цього елемента.

Слід наголосити, що в результаті опромінення стійких хімічних елементів потоками нейтронів в ядерних реакторах або бомбардування цих елементів важкими частинками – протонами, альфа-частинками та ін отримують штучні радіоактивні елементи. Тому в процесі постійного уточнення таблиці елементів Менделєєва доводилося в ті самі клітини поміщати вже кілька елементів з абсолютно однаковими хімічними властивостями, але різними за масою. [18]

Ізотопи бувають стійкі (стабільні) та нестійкі (радіоактивні). В даний час виявлено понад 250 стійких ізотопів та понад 1000 штучних радіоактивних ізотопів. Штучні радіоактивні ізотопи відрізняються один від одного видом випромінювання, енергією випромінювання, часом життя, масою частинок, що випромінюються. Ізотопи знайшли дуже широке застосування у наукових дослідженнях, у біології медицині, а також у техніці та промисловості.

Радіоактивний розпад залежить від зовнішніх умов: температури, тиску, хімічних впливів. Кожен із радіоактивних елементів та їх ізотопи розпадаються зі своєю швидкістю. Радіоактивний розпад не може бути зупинено або прискорено будь-яким способом.

Час, протягом якого розпадається половина всіх атомів радіоактивної речовини, називається періодом напіврозпаду.

Періоди напіврозпаду: уран-238 - 4,5 млрд. Років, стронцій-89 - 51 діб, цезій-137 - 27 років, йод-131 - 8,04 діб, полоній-212 - десятимільйонні частки сек.

У 1896 році не знаючи ще, що являє собою випромінювання радіоактивної речовини, вчені при пропусканні пучка радіоактивного випромінювання через

магнітне поле назвали випромінювання, що відхиляється у бік Півночі α -випромінюванням, Півдня β -випромінюванням, випромінювання, що не відхиляється в магнітному полі γ -випромінюванням (назви дано відповідно до перших літер грецького алфавіту)

Альфа-випромінювання - Потік позитивно заряджених частинок (ядер атомів Гелія). Початкова швидкість 15-20 тисяч км/с. Пробіг α -Частинок в повітрі не перевищує 11 см, в твердих і рідких середовищах - кілька мікрон. α -частки кожному сантиметрі пробігу утворюють 30-40 тисяч пар іонів. Таким чином, α -частинки мають велику іонізуючу і малу проникаючу здатність.

Бета-випромінювання складається з β -Частинок (електронів e^- , протонів p^+).

β -частки в повітрі на своєму шляху створюють у кілька сотень разів менше іонів, ніж α -частки. Пробіг β -часток значно більше: у повітрі – десятки метрів, у біологічних тканинах – кілька сантиметрів; у твердих тілах – кілька міліметрів.

β -частки при взаємодії з атомами середовища відхиляються від свого початкового спрямування Шлях, що проходить β -часткою в речовині, являє собою не пряму лінію, як у α -Частинок, а ламану.

Гамма-випромінювання - Це потік електромагнітного іонізуючого випромінювання (кванти електромагнітної енергії). Збуджені ядра, переходячи зі збудженого стану в спокійне, випромінюють надлишок енергії у вигляді гамма-квантів (фотонів). За своїми властивостями γ -випромінювання близько до рентгенівського, але має значно більшу частоту та енергію. Швидкість γ -випромінювання дорівнює швидкості світла. Іонізуюча здатність гамма-випромінювання – кілька пар іонів на 1 см пробігу. Проникаюча здатність у 50-100 разів більша β -випромінювання і становить повітря сотні метрів. [17]

γ -випромінювання слабо поглинається захисними матеріалами та найбільш ефективно послаблюється матеріалами з високою щільністю. Гамма-випромінювання від природних радіоактивних джерел знайшло широке застосування у науці та техніці. З її допомогою знищують ракові пухлини, у лабораторіях та на заводах просвічують та діагностують зливки металу та готові вироби, стерилізують та консервують харчові продукти та лікарські препарати,

ведуть наукові дослідження у багатьох галузях сучасної науки. Основні одиниці радіоактивних випромінювань представлені у табл.

Таблиця 1.2 Види радіоактивного випромінювання

Вид випромінювання	Склад випромінювання	Проникаюча здатність	Іонізуюча здатність	Захист від випромінювання
Альфа	Потік ядер гелію	10 см у повітрі	30 тис. пар іонів на 1 см шляху	Аркуш паперу
Бетта	Потік електронів	20 см у повітрі	70 пар іонів на 1 см шляху	Літній одяг наполовину затримує
Гамма	Електромагнітне випромінювання	Сотні метрів	Декілька пар іонів на 1 см шляху	Спец. одяг з важких металів (свинець та ін.)
Нейтронне	Потік нейтронів	Кілька кілометрів	Кілька тис. пар іонів на й см шляху, крім того викликає наведену активність	Матеріали з вуглеводнів

Кожен радіонуклід характеризується **активністю** "А" ті. числом радіоактивних перетворень на одиницю часу. У системі СІ за одиницю активності прийнято одне ядерне перетворення за секунду (розпад/сек.) – Беккерель (Бк). Позасистемна одиниця виміру – Кюрі (Ки). Кюрі - це активність радіонукліду, в якому відбувається $3,7 \cdot 10^{10}$ актів розпаду за одну секунду.

Використовуються також подовжні та кратні одиниці, позасистемна одиниця активності Кюрі пов'язана з Беккерелем:

$$1 \text{ Ки} = 3,7 \cdot 10^{10} \text{ розпадів/сек.} = 3,7 \cdot 10^{10} \text{ СП};$$

$$1 \text{ ВС} = 2,7 \cdot 10^{-11} \text{ що};$$

$$\text{міліКюрі (1 мКи)} = 10^{-3} \text{ Що} = 3,7 \cdot 10^7 \text{ Вк};$$

$$\text{мікроКюрі (1 мкКи)} = 10^{-6} \text{ Що} = 3,7 \cdot 10^4 \text{ кн.}$$

При радіоактивному забрудненні місцевості відбувається *поверхнєве забруднення* (Щільність радіоактивного забруднення), яке вимірюється в $\text{Кі}/\text{см}^2$, $\text{Хто}/\text{м}^2$ і $\text{Кі}/\text{км}^2$. Поверхнєве забруднення існує порівняно недовго і р/а речовини поникають у ґрунт. Так на глибині 5-6 см міститься 80-85% всіх р/а речовин та вимірюється $\text{Кі}/\text{л}$, $\text{Кі}/\text{кг}$ та $\text{Кі}/\text{м}^3$.

Поглинена доза - Це кількість енергії випромінювання, поглинена масою тіла. У системі одиниць СІ за одиницю поглиненої дози прийнято *Гр* (Гр), тобто енергією 1 Дж, поглиненою 1 кг маси тіла ($1\text{Дж}/\text{кг}$). Позасистемною одиницею виміру поглиненої дози є *Робота* ($1\text{ерг}/1\text{г}$), тобто $1\text{Гр} = 100\text{рад}$.

Еквівалентна доза. Поглинена доза не враховує біологічної дії опромінення, а тому вводиться коефіцієнт якості Q , який показує у скільки разів даний вид опромінення (α - і β -випромінювання) біологічно ефективніший за γ - або рентгенівське опромінення. Одиницею виміру у системі СІ є *Зіверт* (Зв). $1\text{Зв} = 1\text{Гр}/Q$. Позасистемною одиницею виміру еквівалентної дози є *невістка*. $1\text{Зв} = 100\text{бер} = 100\text{рад}/Q$. Коефіцієнт якості Q дорівнюють: для $\alpha = 20$, $\beta = 1$, $\gamma = 1$.

Експозиційна доза. Характеризує дозу випромінювання за ефектом іонізації повітря - або рентгенівським випромінюванням. Позасистемною одиницею виміру експозиційної дози є *рентген* (Р) – це така кількість рентгенівського або γ -вивчень, яка при температурі $0^{\text{приблизно}}\text{С}$, тиск 760 мм ртутного стовпа в 1см^3 абсолютно сухого атмосферного повітря створює $2,08 \cdot 10^9$ пар іонів. Насправді використовують частки Р (мР, мкР).

Експозиційна доза віднесена до одиниці часу називається потужністю експозиційної дози або рівнем радіації і вимірюється Р/год, мР/год, мкР/год.

Для β -випромінювання справедливе зразкове співвідношення:

$$1\text{рентген} = 1\text{рад} = 10\text{бэр} = 0,01\text{Гр} = 0,01\text{Зв},$$

Між щільністю радіоактивного випромінювання та потужністю експозиційної дози справедливе співвідношення:

$$1\text{см}^2 = 1\text{Р}\cdot\text{год},$$

$$1\text{Кі}/\text{м}^2 = 10\text{мР}/\text{год},$$

$$1\text{Кі}/\text{км}^2 = 10\text{мкР}/\text{год}.$$

РОЗДІЛ 2 РАДІАЦІЙНО-НЕБЕЗПЕЧНІ АВАРІЇ ТА ЇХ ВПЛИВ

2.1. Класифікація радіаційно-небезпечних аварій.

Радіаційна аварія –втрата управління джерелом іонізуючого випромінювання, спричинена несправністю обладнання, неправильними діями працівників (персоналу), стихійними лихами або іншими причинами, які могли принести або призвели до опромінення людей вище встановлених норм або радіоактивного забруднення навколишнього середовища.

Радіаційні аварії поділяються на три типи:

-локальна- Порушення в роботі радіаційно небезпечних об'єктів, при якому не стався вихід радіоактивних продуктів або іонізуючих випромінювань за передбачені межі обладнання, технологічних систем, будівель і споруд у кількостях, що перевищують встановлені для нормальної експлуатації підприємства значення.

-місцева- Порушення в роботі радіаційно небезпечних об'єктів, при якому відбувся вихід радіоактивних продуктів у межах санітарно-захисної зони та в кількостях, що перевищують встановлені норми для цього підприємства.

-загальна- порушення в роботі радіаційно небезпечних об'єктів, при якому стався вихід радіоактивних продуктів за кордон санітарно-захисної зони та в кількостях, що призводять до радіоактивного забруднення прилеглої території та можливого опромінення населення, що проживає на ній, населення вище встановлених норм.

Аварії, пов'язані з порушеннями нормальної експлуатації, поділяються на *напроектні, проектні з найбільшими наслідками та запроектні.*

При цьому *нід нормальною експлуатацією АЕС* розуміється весь її стан відповідно до прийнятої в проекті технології виробництва енергії, включаючи

роботу на заданих рівнях потужності, процеси пуску та зупинки, технічне обслуговування, ремонти, перевантаження ядерного палива. [20]

Причинами проектних аварій, зазвичай, є вихідні події, пов'язані з порушенням бар'єрів безпеки, передбачені проектом кожного реактора. Саме для цих вихідних подій і будується система безпеки АЕС.

Перший тип проектної аварії- Порушення першого бар'єру безпеки, тобто, порушення герметичності оболонок твелів через кризу теплообміну або механічних пошкоджень (криза теплообміну – це порушення температурного режиму – перегрів твелів).

Другий тип проектної аварії - Порушення першого та другого бар'єрів безпеки. При попаданні радіоактивних продуктів у теплоносій внаслідок порушення першого бар'єру подальше їхнє поширення зупиняється другим, який утворює корпус реактора.

Третій тип проектної аварії - Порушення всіх трьох бар'єрів безпеки. При порушеннях першому та другому теплоносій з радіоактивними продуктами поділу утримується від виходу в довкілля третім бар'єром - захисною оболонкою реактора. Під нею розуміється сукупність всіх конструкцій, систем та пристроїв, які мають з високим ступенем надійності забезпечити локалізацію викидів.

Четвертий тип проектної аварії - причиною може бути утворення критичної маси при перевантаженні, транспортуванні та зберіганні твелів.

У разі радіаційної аварії розрізняють чотири фази її розвитку: початкову, ранню, проміжну і пізню (відновну).

Початкова фаза аварії є періодом часу, що передує початку викиду (скидання) радіоактивності в довкілля або періодом виявлення можливості опромінення населення за межами санітарно-захисної зони АЕС. В окремих випадках подібна фаза може не існувати через свою швидкоплинність.

Рання фаза аварії (фаза «гострого опромінення») є періодом власне викиду радіоактивних речовин у довкілля чи періодом формування радіоактивної обстановки безпосередньо під впливом викиду (скидання) у місцях проживання чи

перебування населення. Тривалість цього періоду може бути від кількох хвилин до кількох годин у разі разового викиду (скидання) до кількох діб у разі тривалого викиду (скидання).

Проміжна фаза аварії охоплює період протягом додаткового надходження радіоактивності з джерела викиду в навколишнє середовище і протягом якого приймаються рішення про введення нових або продовження раніше вжитих заходів радіаційного захисту. Рішення приймається на основі проведених вимірювань рівнів вмісту радіоактивних речовин у навколишньому середовищі та оцінок доз зовнішнього та внутрішнього опромінення населення, що впливають з них. Проміжна фаза починається з перших годин з моменту викиду (скидання) і триває кілька діб, тижнів і більше. Для разових викидів (скидів) довжина фази прогнозують до 7-10 діб.

Пізня фаза аварії (відновна) характеризується періодом повернення до умов нормальної діяльності населення та може тривати від кількох тижнів до кількох років залежно від потужності та радіонуклідного складу викиду (скидання), характеристик та розмірів забрудненого району, ефективності заходів радіаційного захисту.

У випадках порушення контролю та управління ланцюговою ядерною реакцією можуть виникнути *запроєктні аварії* (Теплові або ядерні вибухи). Тепловий вибух може виникнути тоді, коли внаслідок швидкого некерованого розвитку реакції різко зростає потужність і відбувається накопичення енергії, що веде до руйнування реактора з вибухом. [20]

2.2. Характеристика зон можливого радіоактивного забруднення під час аварії на АЕС

Радіоактивне забруднення -це забруднення Землі, атмосфери, води чи продовольства, харчової сировини, кормів і різних предметів радіоактивними

речовинами у кількостях, перевищують рівень, встановлений нормами радіаційної безпеки і правилами роботи з радіоактивними речовинами.

Радіоактивне забруднення місцевості під час аварій на АЕС істотно відрізняється від радіоактивного зараження місцевості при ядерних вибухах.

При наземному ядерному вибуху до його хмари залучаються тисячі тонн ґрунту. Радіоактивні частинки змішуються з мінеральним пилом, оплавляються та осідають на місцевість. Повітря забруднюється трохи. Тому головну небезпеку для людей, які опинилися в зоні сліду радіоактивної хмари, становить зовнішнє опромінення (90-95% загальної дози опромінення). Доза внутрішнього опромінення незначна (5-10%). Вона обумовлена потраплянням всередину організму радіоактивних речовин через органи дихання та з продуктами харчування.

При аваріях на АЕС спостерігається зовсім інша картина радіоактивного забруднення території. [21]

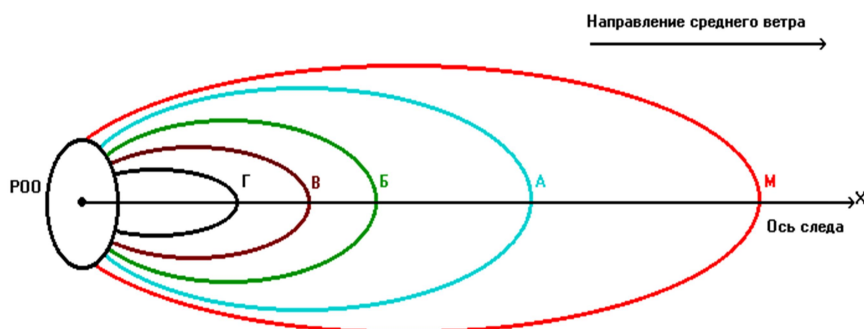
У цьому випадку тепловий вибух на АЕС має порівняно невелику потужність (близько 40т у тротиловому еквіваленті), але достатньо для руйнування реактора. Значна частина продуктів поділу ядерного палива знаходиться в пароподібному та аерозольному стані. У цьому випадку радіоактивні речовини піднімаються на невелику висоту (800-1200м), змішуються з хмарами і поширюються шляхом руху хмар. Випадання радіоактивних речовин переважно відбувається внаслідок дощових опадів.

Радіоактивне забруднення місцевості виникає у разі випадання радіоактивних опадів. Місцевість вважається радіоактивно забрудненою, якщо рівень радіації біля становить близько 0,005 Зв\ч (0,5 Р\ч) на висоті 70 см від поверхні землі (приблизно на цій висоті знаходяться органи людського тіла, які відповідають за спадковість).

Радіоактивні опади поширюються за напрямом вітру, теоретично схема радіоактивного забруднення місцевості у разі аварії на радіаційно небезпечному об'єкті виглядає у вигляді 5-ти еліпсів (рис. 1.4), характеристику зон радіоактивного забруднення місцевості наведено у табл. 1.3.

При прогнозі радіаційних наслідків та планування заходів захисту виділяють три фази (стадії) радіаційної аварії:

- *рання фаза* - Від початку аварії до припинення викиду радіоактивних речовин в атмосферу та закінчення формування сліду на території. Тривалість ранньої фази – від кількох годин до 10 діб;



Мал. 2.1. Схема радіоактивного забруднення місцевості у разі аварії на радіаційно небезпечному об'єкті (за прогнозом)

Таблиця 2.1. Характеристика зон радіоактивного забруднення місцевості у разі аварії на радіаційно небезпечному об'єкті (за прогнозом)

Найменування зони	Індекс зони (колір відображення на карті)	Розміри зони, довжина \ ширина, км	Доза опромінення за перший після РА рік		Потужність дози через 1 годину після РА, рад	
			На зовн. кордоні	На внутр. кордоні	На зовн. кордоні	На внутр. кордоні
Радіаційна небезпека	М (червоний)	270\18,2	5	50	0,014	0,14
Помірного забруднення	А (синій)	75\3,92	50	500	0,14	1,4
Сильного забруднення	Б (зелений)	17,4\0,69	500	1500	1,4	4,2
Небезпечног о забруднення	У (коричневи й)		1500	5000	4,2	14
Надзвичайно небезпечног о забруднення	Д (чорний)		5000	-	14	-

- *Середня фаза* - Від моменту завершення формування сліду до вжиття заходів захисту населення. Тривалість середньої фази – від кількох діб до року;

- *Пізня фаза* - Відновлювальна стадія радіаційної аварії. Пізня фаза закінчується одночасно зі скасуванням усіх обмежень на життєдіяльність населення на забрудненій внаслідок радіаційної аварії території.

При радіаційній аварії розглядаються 5 зон, що мають різний ступінь небезпеки для здоров'я населення. Вони характеризуються можливою дозою опромінення протягом року:

- *зона екстрених заходів захисту* – територія, в межах якої доза зовнішнього γ -опромінення населення за час формування сліду радіоактивного забруднення від викидів радіоактивних речовин може перевищити 25 рад (0,25 Зв), але не більше 75 рад (0,75 Зв), а доза внутрішнього опромінення щитовидної залози за рахунок надходження до організму людини радіоактивного йоду – 250 рад (2,5 Зв);

- *Зона профілактичних заходів* - територія, в межах якої доза зовнішнього γ -опромінення населення за час формування сліду радіоактивного забруднення від викидів радіоактивних речовин може перевищити 25 рад (0,25 Зв), але не більше 75 рад (0,75 Зв), а доза внутрішнього опромінення щитовидної залози за рахунок надходження до організму людини радіоактивного йоду – 30 рад (0,3 Зв), але не більше 250 рад (2,5 Зв);

- *Зона обмежень* - територія, в межах якої доза зовнішнього γ -опромінення населення за час формування сліду радіоактивного забруднення від викидів радіоактивних речовин може перевищити 10 рад (0,1 Зв), але не більше 25 рад (0,25 Зв), а доза внутрішнього опромінення щитовидної залози за рахунок надходження до організму людини радіоактивного йоду – 300 рад (0,3 Зв);

- *зона можливого радіоактивного забруднення* - територія, в межах якої дозові навантаження, що прогнозуються, перевищують 10 рад (0,1 Зв) на рік.

При аварії, що спричинила радіоактивне забруднення великої території, на підставі контролю та прогнозу радіоактивної обстановки встановлюється *зона радіаційного контролю* (табл. 1.4).

На території, яке зазнало радіоактивного забруднення, після стабілізації обстановки в районі аварії в період локалізації її довготривалих наслідків встановлюються зони (табл. 1.4): [17]

- зона відчуження;
- Зона відселення;
- Зона обмеженого проживання із правом відселення.

Для планування заходів щодо захисту населення для радіаційно небезпечного об'єкта, що мають ядерні реактори, визначаються **три зони можливого радіоактивного забруднення**:

Санітарно-захисна зона – її розміри для кожного об'єкта, що має ядерні реактори, визначаються за погодженням із органами Держатомнагляду та територіальними органами влади (розмір санітарно-захисної зони для АЕС від 3 до 5 км). Для ЛАЕС – 3 км, де виключається проживання населення, забороняється розміщення підприємств, установ, дозволяється вирощування сільгосп. культур та випас худоби при обов'язковому контролі за вмістом радіонуклідів. Автодороги повинні бути з гладким твердим покриттям.

Таблиця 2.2 Зонування території на відновлювальній стадії радіаційної аварії

Найменування зони	Річна ефективна доза	Заходи захисту населення
Зона радіаційного контролю	від 1 до 5 мЗв (0,1 – 0,5 бер)	Моніторинг радіоактивності об'єктів довкілля, сх продукції та доз зовнішнього та внутрішнього опромінення населення та його критичних груп. Здійснюються заходи щодо зниження доз та ін.
Зона обмеженого проживання із правом відселення	від 5 до 20 мЗв (0,5-2,0 бор)	Ті самі заходи, що й у зоні радіаційного контролю. Добровільний в'їзд для постійного проживання не обмежується, населенню пояснюється ризик шкоди здоров'ю

Зона відселення	від 20 до 50 мЗв (2,0-5,0 бер)	В'їзд для постійного проживання не дозволено. Забороняється постійне проживання населення репродуктивного віку та дітей. Моніторинг населення та об'єктів зовнішнього середовища
Зона відчуження	більше 50 мЗв (Більше 5,0 бер)	Постійне проживання не допускається. Господарська діяльність та природокористування регулюються спеціальними актами. Моніторинг та захист працюючих з обов'язковим дозиметричним контролем

Зона 1 – прилягає безпосередньо до санітарно-захисної зони об'єкта та має форму кільця з радіусів зовнішнього кордону 15 км (для РБМК – 1000). Це зона можливого найбільш сильного забруднення, де потрібні жорсткіші заходи захисту, включаючи завчасну евакуацію.

Зона 2 - Розташовується за зоною 1 і має форму кільця. Радіус зовнішнього кордону зони для реакторів всіх типів – 30 км. У цій зоні основними заходами захисту є застосування засобів захисту, а також можлива евакуація.

Зона 3 - розташовується за зоною 2, має витягнуту форму у напрямку руху радіоактивної хмари. У цій зоні захист населення досягається застосуванням засобів захисту та дотримання запобіжних заходів.

Оповіщення населення в 5 км зоні навколо АЕС та мешканців пристанційного селища (міста) виробляється за системою оповіщення станції (далі за системою оповіщення РСЧС).

Табельні засоби індивідуального захисту та засоби медичної профілактики у зонах 1 та 2 можуть видаватися населенню завчасно.

2.3. Оцінка безпеки життєдіяльності працівників організації за радіоактивного забруднення місцевості.

Внаслідок аварії на АЕС стався викид радіоактивних речовин у навколишнє середовище та в районі об'єкта може скластися радіаційна обстановка, зумовлена радіоактивним забрудненням місцевості.

В результаті прогнозування радіаційної обстановки відомо, що радіоактивні опади на об'єкті слід очікувати через 4 години після аварії на АЕС і рівень радіоактивного випромінювання на час початку опромінення становитиме 4 Р/год. Допустима доза опромінення відкрито розташованого персоналу об'єктів становить 7 бер. Час роботи персоналу на об'єкті для проведення підготовчих заходів становитиме 6 годин.

Визначити:

- можливу дозу опромінення персоналу об'єкта, що працює на відкритій території та у приміщеннях,
- допустимий час перебування персоналу на радіоактивно забрудненій місцевості,
- інженерно-технічні заходи щодо підвищення БЖД персоналу у разі радіоактивного забруднення місцевості.

Хвороба:

$$t_{\text{п}} = 4 \text{ години } D_{\text{додати. приміщення}} = 5 \text{ бэр (задано)}$$

$$P_{\text{п}} = P_4 = 4 \text{ Р/год } D_{\text{додати. одкровення}} = 7 \text{ бер (за нормами)}$$

$$t_{\text{краю}} = 6 \text{ годин}$$

Використовуючи вираз

$$P_1 = \frac{P_4}{K_{\text{п4}}} = \frac{4}{\frac{P \setminus \text{ч,}}{0,575}} = 6,96$$

де $D_{\text{п4}} = t^{-0,4}$ - Коефіцієнт, який можна отримати з табл. 1.5, і дорівнює $K_{\text{п4}} = 0,575$.

Таблиця 2.3 Коефіцієнт перерахунку рівнів радіоактивного випромінювання K_n на різний час після аварії на АЕС за $n = 0,4$

Час після аварії, година	t	$D_{op4} = t^{-0,4}$	Час після аварії, година	t	$D_{op4} = t^{-0,4}$	Час після аварії, година	t	$D_{op4} = t^{-0,4}$
0,5		1320	4,5		0,545	12,0		0,370
1,0		1000	5,0		0,525	20,0		0,303
1,5		0,850	5,5		0,508	24,0		0,282
2,0		0,760	6,0		0,490	48,0		0,213
2,5		0,700	6,5		0,474	72,0		0,182
3,0		0,645	7,0		0,465	96,0		0,162
3,5		0,610	7,5		0,447	120,0		0,146
4,0		0,575	8,0		0,434	144,0		0,137

Так як рівень радіоактивного випромінювання на 1 годину після аварії становить 6,96 Р/год видно, що об'єкт знаходиться в зоні "Радіоактивної небезпеки "М" (відстань від АЕС до об'єкта від 75 до 270 км) . [16]

Опромінення розпочнеться через 4 години після аварії, а час роботи персоналу – 6 годин. Тому кінець радіоактивного опромінення для працюючих настане через $t_n + T_{краю} = 10:00$.

Визначимо рівень радіоактивного опромінення наприкінці опромінення

$$P_k = P_{10} = P_4 \frac{K_{n10}}{K_{n4}} = 6,96 \frac{0,410}{0,575} = 4,96$$

Доза радіоактивного опромінення $D_{обл\ відкр}$ персоналу, що працює на відкритій території визначається

$$D_{обл\ откp} = 1,7 \frac{P_k \times t_k - P_n \times t_n}{K_{осл}} = 1,7 \frac{4,96 \times 10 - 4 \times 4}{1} = 57,12 \text{ бэр,}$$

де $D_{осл}$ - Коефіцієнт ослаблення радіоактивного опромінення (додаток 2) на відкритій території, $K_{осл\ відкр} = 1$.

Доза радіоактивного опромінення $D_{обл\ пом}$ персоналу, який працює у службових приміщеннях визначається

$$D_{обл\ пом\ бэр,} = \frac{D_{обл\ откp}}{K_{осл\ пом}} = \frac{57,12}{30} = 1,9$$

де $D_{осл\ пом}$ – коефіцієнт ослаблення радіоактивного опромінення у службових приміщеннях (цегляна багатоповерхова будівля $K_{осл\ пом} = 30$).

Висновок: на відкритій території за час роботи протягом 6 годин персонал отримує радіоактивне опромінення $D_{обл\ відкр} = 57,12$ бер, що перевищує допустиму дозу радіоактивного опромінення $D_{додати.\ одкр\ овення} = 7$ бер у 8,2 рази. Робоча зміна, що знаходиться у службових приміщеннях, отримує радіоактивне опромінення $D_{обл\ пом} = 1,9$ бер, що не перевищує допустиму дозу радіоактивного опромінення $D_{дод.\ пом} = 5$ наречених.

Визначення допустимого часу перебування персоналу радіоактивно забрудненої місцевості.

Визначимо час перебування персоналу відкритої території.

Використовуємо табл. 2, у якій необхідно визначити коефіцієнт A за формулою

$$A_{откр} = \frac{P_n}{D_{доп\ откp} \times K_{п4} \times K_{осл\ откp}} = \frac{4}{7 \times 0,575 \times 1} = 0,99$$

РОЗДІЛ 3 РОЗРОБКА ЗАХОДІВ ЗАХИСТУ У РАЗІ РАДІОАКТИВНОГО ЗАБРУДНЕННЯ

3.1. Інженерно-технічні заходи у разі радіоактивного забруднення місцевості.

Силами Посту радіаційного, хімічного та біологічного спостереження (РХБН) об'єкта необхідно організувати ведення радіаційної розвідки на території та у спорудах об'єкта, насамперед у районах укриття персоналу. Контроль над потужністю дози на об'єкті здійснювати через кожні 6 годин. При цьому:

- тимчасово заборонити всім вживання води, продуктів із незахищених джерел;

- силами Зведеної групи радіаційного та хімічного захисту (РХЗ) району приступити до дезактивації проходів та проїздів від притулків (противорадіаційних укриттів - ПРУ) до будівель та споруд, насамперед обробку провести під'їздів до споруд забезпечення (насосна станція, електроцех, гараж, компресорна, резервуари з паливом, пожежний резервуар, водозабірна свердловина тощо);

- для дезактивації будівель та споруд залучити команду пожежогасіння району;

- враховуючи великий обсяг робіт з дезактивації, незначні потужності дози у службових приміщеннях (їх необхідно загерметизувати) та обмежені можливості Зведеної групи РХЗ району; та найпростіших засобів індивідуального захисту (ЗІЗ) органів дихання;

- розробити графік черговості проведення робіт з дезактивації службових приміщень та ділянок об'єкта з урахуванням їх важливості у технологічній послідовності поновлення виробничої діяльності;

- розглянути питання щодо відновлення виробничої діяльності в окремих структурних підрозділах до повного завершення робіт з дезактивації;

- створити комісію з приймання службових приміщень та ділянок провадження після проведення робіт з їхня дезактивація;

- розробити пропозиції щодо експлуатації укриттів та службових приміщень на протязі 25 діб в умовах радіоактивного забруднення території об'єкта та вахтового методу роботи;
- розгорнути СОТ (станція знезараження транспорту) на заасфальтованому майданчику в районі Північних воріт;
- розгорнути СОП (санітарно-обмивний пункт) на базі душових кабін технічного відділу;
- головному механіку та головному енергетику надати допомогу в їх розгортанні, забезпечивши їхнє підключення до інженерних мереж;
- всім начальникам структурних підрозділів та служб особливу увагу звернути на дотримання заходів безпеки під час проведення робіт із дезактивації;
- підвезення робочих вахт організувати відповідно до вказівок керівника виконавчої влади району (міста) з урахуванням прийнятого вахтового методу роботи. [20]

3.2. Організація профілактичних заходів щодо захисту населення від іонізуючого випромінювань.

Профілактика впливу на організм людини іонізуючих випромінювань полягає у захисті персоналу, що працює у сфері джерел іонізуючих випромінювань, а також пацієнтів радіологічних та рентгенологічних кабінетів від шкідливої дії випромінювання, що перевищує допустимі рівні.

Особи, які працюють із джерелами іонізуючого випромінювання повинні:

- проходити медичне обстеження під час вступу працювати;
- перебувати на спеціальному медичному обліку, проходити регулярні медичні огляди та диспансеризації;
- мати пільги – скорочений робочий день, подовжену відпустку, пільгову пенсію;

- під час роботи використовувати спец. одяг - маску, халат, комбінезон, рукавички та ін;

- використовувати спеціальні маніпулятори, керовані дистанційно з приміщень, що захищаються від джерел іонізуючого випромінювання.

У разі відхилень у стані здоров'я осіб, які працюють у сфері дії іонізуючих випромінювань, негайно усувають від роботи при цьому;

- за незначних відхилень – тимчасово, до відновлення здоров'я;

- за значних відхилень – переводять на іншу роботу.

Радіаційна безпека населення – стан захищеності сьогодення та майбутнього поколінь від шкідливого для їхнього здоров'я впливу іонізуючих випромінювань

Федеральний закон «Про радіаційну безпеку населення» від 05.12. 1995р. визначає правові основи забезпечення, радіаційну безпеку населення з метою охорони його здоров'я, а також встановлює основні гігієнічні нормативи (допустимі межі доз) опромінення для населення, персоналу та громадян, які залучаються до ліквідації наслідків радіаційних аварій.

Статтю 9 закону введено в дію з 1 січня 2000 року. У цій статті встановлюються *основні гігієнічні нормативи (допустимі межі доз)* опромінення внаслідок використання джерел іонізуючого випромінювання:

- *для населення* середня річна ефективна доза дорівнює 0,001 зіверта (0,01Р) або ефективна доза за період життя (70 років) – 0,07 зіверта (7Р); в окремі роки допустимі великі значення ефективної дози за умови, що середня річна ефективна доза, обчислена за останні п'ять років, не перевищить 0,001 зіверта (0,01Р);

- *для працівників* середня річна ефективна доза дорівнює 0,02 зіверта (2Р) або ефективна доза за період трудової діяльності (50 років) – 1 зіверту (100Р); допустимо опромінення в річній ефективній дозі до 0,05 зіверта (5Р) за умови, що середня річна ефективна доза, обчислена за п'ять послідовних років, не перевищить 0,02 зіверта (2Р) (працівник – це фізична особа, яка постійно або тимчасово працює безпосередньо з джерелами іонізуючих випромінювань).

Опромінення громадян, які залучаються до ліквідації наслідків радіаційних аварій, має перевищувати більш ніж 10 раз середньорічне значення основних гігієнічних нормативів опромінення для працівників (персоналу). Підвищене опромінення громадян, що залучаються для ліквідації наслідків радіаційних аварій, допускається один раз за період життя за добровільною їх згодою та попереднє інформування про можливі дози опромінення та ризик для здоров'я. [16]

3.3. Заходи захисту населення від іонізуючих випромінювань.

Основні заходи радіаційного захисту, які забезпечують зниження дози опромінення населення забрудненої території та вводяться залежно від її величини, включають:

- Нормування опромінення;
- добровільне відселення мешканців із забруднених територій;
- обмеження проживання та функціонування населення на окремих ділянках забрудненої території;
- Регулювання повернення мешканців на забруднені території;
- дезактивацію окремих ділянок забрудненої території, будівель та споруд;
- систему заходів у циклі сільськогосподарських технологій та виробництв щодо зниження вмісту радіонуклідів у місцевій рослинній та тваринній харчовій продукції, включаючи рекомендації для мешканців щодо ведення особистих присадибних господарств;
- радіаційний контроль та бракераж сільськогосподарської, рибної, льонної продукції, а також постачання радіаційно чистих продуктів харчування та фуражу;
- радіаційний контроль та бракераж, що виробляються на забрудненій території, товарів;
- Забезпечення безпечних умов праці на забрудненій території;

- зменшення доз медичного опромінення на основі принципу оптимізації, а також зниження рівнів природного опромінення, зокрема, за рахунок обмеження надходження радону до житлових та виробничих приміщень.

Здійснення заходів радіаційного захисту населення після аварійної ситуації може призводити до небажаного втручання в його нормальне життя. Захист населення здійснюється за допомогою заходів (переселення, дезактивація, обмеження у харчуванні та провадженні господарської діяльності та ін.), які можуть супроводжуватися негативними психологічними ефектами, порушеннями здоров'я, екологічними збитками та значними матеріальними витратами. Тому при введенні цих заходів захисту та планування їх обсягу повинні враховуватися негативні наслідки втручання.

3.3.1 Евакуація населення при аварії на радіаційно небезпечному об'єкті та випаданні радіоактивних опадів.

Проживання на цій території буде небезпечним для здоров'я та життя людей. У цих випадках доводиться вдаватися до евакуації населення до «чистої», так званої, безпечної зони, як основного способу захисту та єдиного способу забезпечення нормальної життєдіяльності.

Необхідність евакуації визначається ймовірною дозою радіоактивного опромінення людини за перші 10 діб з моменту аварії на АЕС:

- за можливої дози 500 мЗв (50Р) і більше планується проведення загальної евакуації;

- за можливої дози від 50 мЗв до 500 мЗв (5-50Р) планується проведення часткової евакуації (дітей, жінок із дітьми, вагітних жінок).

Загальні оптимізовані рівні втручання по дозі опромінення, що накопичується (п.6.4 НРБ-99):

- початок тимчасового відселення - 30 мЗв (3 бер) на місяць, 4,1 мР/год;

- припинення тимчасового відселення – 10 мЗв (1 бер) на місяць, 1,37 мР/год;

- вище цих меж протягом місяця протягом року чи двох років – слід розглядати питання про відселення людей із забрудненої території на постійне проживання. [21]

Рішення для проведення місцевої та міської евакуації приймають керівники регіонів чи уряд України, регіональної – уряд України.

Евакуацію передбачається провести в екстреному порядку, крім 15 км зони навколо ЛАЕС, де можлива завчасна евакуація.

Екстрена евакуація виконується шляхом вивезення населення за кордон зони радіоактивного забруднення транспортом підвищеної герметичності, тобто пасажирським транспортом, бортовими автомобілями з тентами або спеціальним транспортом із закритим кузовом.

Посадка населення на автотransпорт здійснюється біля під'їздів будинків, підприємств, установ. Кватирки, будівлі здаються представникам житлово-експлуатаційної служби, опечатуються та передаються під охорону РУВС.

Облік населення, що вивозиться, проводиться при посадці в автотransпорт, збірні евакуаційні пункти не розгортаються.

За часткової евакуації квартири не здаються.

З собою слід взяти: документи, гроші, цінні папери, коштовності, речі до 50 кг на дорослу людину та запас чистих продуктів на дві-три доби.

Після посадки населення на автотransпорт, формується автоколона, що йде на проміжний пункт евакуації (ППЕ), який розгортається в «чистій» зоні силами Муніципального утворення району розміщення.

На проміжному пункті евакуації проводиться дозиметричний контроль евакуйованих та їх речей, за необхідності, санітарна обробка та заміна речей, надається медична допомога. Потім населення реєструється та тимчасово розміщується.

Транспорт, на якому прибули евакуйовані, на територію ППЕ не допускається, проходить часткову дезактивацію та використовується для перевезення евако-населення лише на забрудненій території.

Тимчасове розміщення еваконаселення проводиться у будинках громадського призначення (готелі, будинки відпочинку, кінотеатри, клуби спортивні та інші будинки та споруди), можливе розміщення в наметах, модулях та в житлових будинках місцевого населення.

У цьому закінчується перший етап евакуації. Після ліквідації наслідків аварії на радіаційно-небезпечному об'єкті та забрудненій території приймається рішення на реевакуацію чи тривале проживання – це другий етап. [22]

3.3.2. Індивідуальний захист населення від впливу радіоактивного забруднення під час аварії на радіаційно небезпечному об'єкті.

Захист населення та працівників організацій від впливу радіоактивного забруднення при аварії на радіаційно небезпечному об'єкті здійснюється засобами захисту, які поділяються на:

- Колективні засоби захисту;
- Індивідуальні засоби захисту.

Колективні засоби захисту – це захисні споруди, призначені для укриття груп людей з метою захисту їхнього життя та здоров'я від наслідків радіаційних аварій.

Захисні споруди поділяються за ступенем захисту на сховища, протирадіаційними укриттями, які забезпечують захист людей від радіоактивних забруднень не менше 2 діб.

За відсутності стаціонарних притулків та протирадіаційних укриттів для захисту від впливу радіоактивного забруднення населення може використовувати житлові та побутові приміщення – квартири, кімнати, підвали, комори, які мають бути загерметизовані.

Для здійснення герметизації приміщень необхідно виконати такі заходи:

- вимкнути вентиляцію (за наявності);
- Закрити двері, вікна, кватирки;

- перекрити димарі та вентиляційні канали або заклеїти липкою стрічкою (скотчем);

- закласти щілини та інші нещільності у дверних отворах та віконних рамах липкою стрічкою (скотчем).

Індивідуальні засоби захисту – це предмети, призначені захисту від радіоактивних речовин. Вони поділяються на засоби захисту органів дихання та засоби захисту шкіри.

До засобів індивідуального захисту органів дихання належать:

- фільтруючі протигази ДП-5, ДП-7 та їх модифікації;

- респіратори (полегшені засоби захисту органів дихання) – Р-2, РУ-60М, РПГ-67 та інші;

- найпростіші засоби захисту органів дихання - багатошарові марлеві пов'язки, які виготовляються для дорослих з 10-12 шарів марлі розміром 30×20см (20×15см для дітей), складених чаркою і загорнутих всередину марлевої косинки розміром 100×65см), краї якої надрізаються на довжину 30 см для утворення зав'язок. По периметру пов'язка прошивається. Вдягається пов'язка таким чином, щоб рот і ніс були закриті одночасно. Змочування пов'язки багаторазово підвищує її захисні властивості. [20]

Засоби індивідуального захисту шкіри призначені для захисту шкірних покривів, одягу та взуття від забруднення радіоактивними речовинами. До них відносяться:

- захисний костюм Л-1 (рис. 3.1), що складається з комбінезону (штани із захисними панчохами), куртки з капюшоном та рукавичками;



Рис. 3.1. Робота рятувальника у захисному костюмі Л-1

- загальновійськовий захисний костюм ОЗК, що складається із захисного плаща, панчох та рукавичок.

Л-1 та ОЗК виготовляються з прогумованої тканини і можуть використовуватися багаторазово.

3.3.3. Рекомендації щодо застосування препаратів стабільного йоду населенням (йодна профілактика).

При аваріях ядерного реактора відбувається викид у довкілля значних кількостей радіоіотопів йоду. При попаданні в організм радіоіотопи йоду вибірково накопичуються в щитовидній залозі, викликаючи її ураження (порушення йодофіксуючої функції та ін.).

Особливу радіобіологічну небезпеку становлять ізотопи Йода 131-135.

Радіоактивні ізотопи йоду можуть надходити в організм через органи травлення, дихання, ранові та опікові поверхні шкіри. Всмоктування розчинних сполук йоду за вказаних шляхів надходження в організм досягає 100%.

У ранній період після аварії небезпека становить інгаляційне надходження радіоіотопів йоду.

Найбільше практичне значення має елементарне надходження радіоактивного йоду при вживанні молока та молочних продуктів від тварин, що випасаються на

забруднених радіоактивним йодом пасовищах, та поверхнево забруднених овочів, фруктів.

Для захисту організму від накопичення радіоактивних ізотопів йоду в критичному органі – щитовидній залозі та тілі, застосовуються препарати стабільного йоду.

Препарати стабільного йоду викликають блокаду щитовидної залози, знижують накопичення радіоізотопів йоду в щитовидній залозі та її опромінення.

У країні рекомендовано та застосовується йодистий калій. Своєчасний прийом йодистого калію забезпечує зниження дози опромінення щитовидної залози на 97-99% та в десятки разів – всього організму. [23]

Ефективність йодної профілактики залежить від часу прийому препаратів стабільного йоду:

- за 6 годин до інгаляції (випадання радіоактивних опадів) – майже 100%;
- під час початку інгаляції (випадання радіоактивних опадів) – 90%;
- через 2 години після надходження радіоактивних речовин до організму – 10%;
- через 6 годин після надходження радіоактивних речовин до організму – 2%.

Розроблено стабілізовані *таблетки йодистого калію*, дози його застосування:

- 0.125г для дорослих та дітей старше 2 років;
- 0.040г для дітей віком до 2 років.

Термін зберігання таблетки 4 роки.

Для розширення арсеналу засобів захисту щитовидної залози від радіоізотопів йоду на додачу до йодиту калію рекомендуються інші препарати йоду: *раствор Люголя* и *5% настояка йода*, що мають рівну з йодистим калієм захисну дію при надходженні всередину радіоіоду. Зазначені препарати доступні для населення, оскільки майже завжди є в домашніх аптечках.

Більш широкий набір препаратів йоду для захисту щитовидної залози від радіоізоотопів йоду дозволить у надзвичайних умовах оперативно вживати необхідних заходів щодо забезпечення радіаційної безпеки населення, яке перебуває в зоні радіоактивного викиду або вживає забруднене радіоактивним йодом молоко та інші продукти харчування. За відсутності йодиду калію розчин Люголю та настоянка йоду можуть його замінити.

Йодистий калій застосовують у наступних дозах (в одному із запропонованих варіантів):

- дорослим та дітям від 2 років і старше – по I таблетці по 0,125 г, дітям до 2 років – по I таблетці по 0,040 г на прийом внутрішньо щодня;
- вагітним жінкам - по I таблетці по 0,125 г з одночасним прийомом перхлорату калію 0,75 г (3 таблетки по 0,25 г).

5% настоянка йоду застосовується:

- дорослим та підліткам старше 14 років – по 44 краплі I раз на день або по 20-22 краплі 2 рази на день після їжі на 1/2 склянки молока чи води;
- дітям від 5 років та старше 5% настоянка йоду застосовується в 2 рази менше кількості, ніж для дорослих, тобто по 20-22 краплі I раз на день або по 10-11 крапель 2 рази на день на 1/2 склянки молока або води; [24]
- Дітям до 5 років настоянку йоду не призначають.

Настоянка йоду може застосовуватися її нанесення на шкіру.

Захисний ефект нанесення настоянки йоду на шкіру можна порівняти з її прийомом внутрішньо в тих же дозах. Настоянка йоду наноситься тампоном як смуг на передпліччя, гомілки. Цей спосіб захисту є особливо прийнятним у дітей молодшого віку (молодше 5 років), оскільки перорально настоянка йоду у них не застосовується. Для унеможливлення опіків шкіри доцільно використовувати не 5%, а 2,5% настоянку йоду. Дітям від 2-х до 5 років настоянку йоду наносять із

розрахунку 20-22 краплі на день, дітям до 2х років - у половинній дозі, тобто 10-11 крапель на день.

Розтвор Люголя застосовується

- дорослим та підліткам старше 14 років по 22 краплі I раз на день або по 10-11 крапель 2 рази на день після їди на 1/2 склянки молока чи води;

- Дітям від 5 років і старше розчин Люголя застосовується в 2 рази меншій кількості, ніж для дорослих, тобто по 10-11 крапель I раз на день або по 5-6 крапель 2 рази на день на 1/2 склянки молока або води;

- Дітям до 5 років розчин Люголю не призначається.

Препарати йоду застосовують до зникнення загрози надходження до організму радіоактивних ізотопів йоду.

Для здійснення своєчасного захисту населення від радіоактивних ізотопів йоду лікувально-профілактичні установи створюють запас йодиду калію на все населення, що обслуговується. *із розрахунку прийому його протягом 7 днів.* Передбачається, що за цей час буде прийнято рішення або про евакуацію населення, або виключено надходження радіойоду до організм людей.

Забезпечення населення йодистим калієм, розчином Люголя та 2,5-5% настоянкою йоду виробляється через аптечну мережу, навіщо в аптеках створюється необхідний запас препаратів йоду.

Частину запасів йодистого калію медустанова передає до дитячих дошкільних закладів, інтернатів, лікарень, пологових. удома і т. д., де вони оперативно можуть бути застосовані. [24]

Прийом препаратів йоду здійснюється населенням самостійно згідно з рекомендаціями щодо їх застосування, для чого мають бути випущені та розмножені у необхідній кількості пам'ятки, які можна отримати в будь-якій аптеці, а вищезазначені установи забезпечуються ними заздалегідь.

Пропоновані препарати стабільного йоду не становлять небезпеки для організму в рекомендованих дозах для захисту організму від радіоактивних ізотопів йоду, не мають побічної дії. Однак слід уникати передозування.

Тому органами охорони здоров'я проводиться роз'яснювальна робота через друк, радіо, телебачення про показання до застосування препаратів, порядок їх застосування, зберігання та поведінку населення.

Йодна профілактика починається негайно при загрозі забруднення повітря та території внаслідок аварії ядерних реакторів, витоку чи викидів підприємствами в атмосферу продуктів, що містять радіоізотопи йоду.

Після вивчення радіаційної обстановки спеціально створеною комісією приймається рішення про продовження або скасування йодної профілактики.

Йодна профілактика має бути продовжена у таких випадках:

- при перевищенні об'єктивної активності радіонуклідів йоду у атмосферному повітрі $1,5 \times 10^{-13}$ Кі/л ($5,5 \times 10^{-3}$ Бк/л);

- при забрудненні пасовищ радіонуклідами йоду понад $0,7$ Кі/км² ($2,6 \times 10^{10}$ Вк/км²);

- при перевищенні об'ємної активності радіонуклідів йоду в молоці 1×10^{-8} Кі/л ($3,7 \times 10^2$ Бк/л).

Важливо пам'ятати!

- під час аварії на АЕС обов'язково проводити йодну профілактику населенню, розташованому в межах 10 км від АЕС;

- 20 – 24 крапель розчину йоду розміщується у звичайній медичній піпетці (кількість крапель залежить від діаметра носика піпетки);

- не приймати особам із підвищеною чутливістю до йоду;

- разова доза має перевищувати 20 крапель;

- не приймати на щітку. [22]

3.4. Заходи щодо захисту працівників організацій у разі загрози виникнення аварії на радіаційно небезпечному об'єкті.

Основною метою захисту населення при аварії на радіаційно небезпечному об'єкті є запобігання чи максимально можливе зниження ступеня радіаційного впливу на людину. Це досягається проведенням комплексу підготовчих заходів, що проводяться в організації завчасно та заходів, що забезпечують захист населення при аваріях на радіаційно небезпечному об'єкті, можна розділити на 3 групи:

- заходи щодо підготовки організації до захисту працівників;
- заходи, що проводяться на організації у разі загрози виникнення аварії;
- заходи, що проводяться на організації у разі виникнення аварії.

Заходи щодо підготовки організації до захисту працівників:

- розробка «Плану дій щодо запобігання та ліквідації НС»;
- розробка та впровадження системи оповіщення на всій території організації;
- організація радіаційного спостереження та дозиметричного контролю за рахунок чергових змін;
- забезпечення працівників організації пам'ятками за правилами поведінки біля забрудненої РВ;
- створення в організації запасів ЗІЗ органів дихання та шкіри, медичних засобів захисту, наближення їх до робочих місць;
- уточнення евакошпиків та порядку проведення екстреної евакуації працівників організації із зон можливого радіаційного забруднення;
- постійне навчання працівників правилам дій та способам захисту в умовах радіаційного забруднення;
- підготовка позаштатних аварійно-рятувальних формувань до проведення аварійно-рятувальних та інших невідкладних робіт;
- створення організації запасів герметизуючих матеріалів, дезактивуючих средств;
- Інші заходи. [22]

Заходи, які проводяться в організації при загрозі виникнення аварії (режим підвищеної готовності – після отримання сигналу про аварію на радіаційно небезпечному об'єкті до моменту радіаційного забруднення території):

- негайно довести сигнал про аварію на АЕС до всіх працюючих;
- розгорнути Пункт управління організації та встановити цілодобове чергування керівного складу у ньому;
- підготувати захисні споруди до прийому тих, що вкриваються. Отримати засоби індивідуального захисту органів дихання на пунктах видачі у запланований час;
- Провести у взаємодії з медичною службою організації йодну профілактику працюючих;
- з отриманням сигналу «Радіаційна небезпека» забезпечити безаварійну зупинку виробництва та укриття людей у закріплених захисних спорудах;
- забезпечити стійку роботу дільниць організації з безперервним циклом виробництва (ливарний цех, електроцех, котельня, насосна, компресорна станція, газорозподільні пункти, трансформаторна підстанція тощо);
- розгорнути пости радіаційного, хімічного та біологічного контролю (організувати ведення розвідки території організації силами розвідників-дозиметристів), організувати груповий дозиметричний контроль у структурних підрозділах;
- Провести герметизацію виробничих приміщень, будівель, споруд, обладнання, машин, механізмів, джерел водопостачання, продуктів харчування;
- Створити максимальні запаси чистої води у всіх структурних підрозділах;
- привести в готовність необхідні позаштатні аварійно-рятувальні формування організації (розвідки, радіаційного та хімічного захисту, медичні, притулків та укриттів, охорони громадського порядку, протипожежні та ін.);
- провести оповіщення та збирання позаштатних аварійно-рятувальних формувань організації;
- керівний склад перевести на цілодобове чергування;

- Організувати прийом радіаційної та метео-інформації з територіального відділу Головного управління МНС України по району суб'єкта (по можливості).

Заходи, що проводяться в організації у разі виникнення аварії (Режим надзвичайної ситуації при радіоактивному зараженні місцевості):

- негайно довести сигнал оповіщення "Радіаційна небезпека" до всіх працюючих;

- провести заходи щодо безаварійної зупинки виробництва та укриття людей у закріплених захисних спорудах, загерметизованих приміщеннях;

- перебування людей на відкритій місцевості обмежити, за необхідності роботи виконувати лише у засобах індивідуального захисту органів дихання та шкіри;

- тимчасово заборонити всім вживання води, продуктів із незахищених джерел;

- провести розвідку на території та у спорудах організації, контроль за потужністю дози здійснювати через кожні 6 годин;

- запровадити режим радіаційного захисту працівників;

- провести (при досягненні критеріїв для ухвалення рішення) евакуацію працівників із зони радіоактивного забруднення;

- Провести дезактивацію території, споруд, техніки, одягу;

- Провести санітарну обробку людей;

- організувати боротьбу з пилоутворенням (вода, латекси та ін);

- забезпечити можливість поновлення діяльності організації у найкоротші терміни;

- Доступ на забруднену територію обмежити;

- Періодично доповідати в територіальний відділ Головного управління МНС України по району суб'єкта про ситуацію, що склалася і виконані заходи. [24]

Заходи радіаційного захисту персоналу, населення необхідно проводити у комплексі із заходами соціально-господарського характеру, спрямованими на життєзабезпечення та відновлення нормальної життєдіяльності населення.

ВИСНОВОК

У даній дипломній роботі було проведено детальне дослідження радіаційного захисту населення в надзвичайних ситуаціях, зокрема під час аварій на атомних електростанціях. У Розділі I було висвітлено особливості та методи вимірювання рівня загрози від таких аварій, а також досліджено вплив радіації на організм людини. Окрема увага приділена організації дозиметричного контролю та використуванним одиницям виміру.

У Розділі II була проведена класифікація радіаційно-небезпечних аварій та надана характеристика зон можливого радіоактивного забруднення під час аварії на атомній електростанції. Також було розглянуто оцінку безпеки життєдіяльності працівників організації при радіоактивному забрудненні місцевості.

У Розділі III було розроблено інженерно-технічні заходи у разі радіоактивного забруднення місцевості, а також розглянуто організацію профілактичних заходів щодо захисту населення від іонізуючого випромінювання. Було представлено комплекс заходів для захисту населення від іонізуючих випромінювань, включаючи евакуацію населення, індивідуальний захист та рекомендації щодо застосування препаратів стабільного йоду (йодна профілактика). Крім того, було розглянуто заходи щодо захисту працівників організацій у разі загрози виникнення аварії на радіаційно-небезпечному об'єкті.

Тож радіаційний захист населення в надзвичайних ситуаціях, зокрема аваріях на атомних електростанціях, є важливою складовою безпеки та здоров'я громадян. Розроблені і розглянуті заходи та стратегії захисту є необхідними для забезпечення ефективного врегулювання ситуацій та мінімізації негативних наслідків в разі радіоактивного забруднення місцевості. Дослідження, проведені у цій дипломній роботі, можуть бути використані в роботі з розробки та вдосконалення систем радіаційного захисту та надзвичайних ситуацій з метою підвищення рівня безпеки населення.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Безпека у надзвичайних ситуаціях: Терміни та визначення // ОБЖ. Основи безпеки життєдіяльності. – 2020. – № 10. – С.13-14.
2. Безпека у НС техногенного характеру. НС, пов'язані з викидом АХІВ: Конспект лекцій для пед. вузів / А. Старостенко [та ін] // ОБЖ. Основи безпеки життєдіяльності. – 2015. – № 6. – С.31-37.
3. Безпека життєдіяльності. Безпека технологічних процесів та виробництв (Охорона праці): навч. посібник для вузів/П.П. Кукін, В.Л. Лапін, Є.А. Підгірних та ін - К.: Вища школа, 2017. - 318 с.
4. Безпека життєдіяльності. Ч.3: Надзвичайні ситуації [текст]: навчальний посібник/за ред. А.В. Непам'ятного, Г.П. Шилякіна. – Таганрог, ТРТУ, 2017. – С.51-56.
5. Безпека життєдіяльності у надзвичайних ситуаціях мирного часу: навч. допомога. - Житомир.: Вид-во РДПУ ім.А.І. Герцена, 2017. – 107 с.
6. Булдаков, Л.А. Радіоактивні речовини та людина / Л.А. Булдаков. - К.: Вища школа, 2015. - 160 с.
7. Взаємодія електромагнітного випромінювання з діелектриками/С. Костюков, І.Є. Єрьомін, В.В. Єрьоміна, С.К. Соколова; відп. ред. д. т. н.С. Костюків. – Одеса: Видавничий центр ОДАУ, 2017. – 275 с.
8. Військові навчання із застосуванням ядерної зброї у СРСР // Радіаційна екологія / В.Ю. Сафонова, В.А. Сафонова. – Одеса: Видавничий центр ОДАУ, 2015. – С.115-131.
9. Маргулова, Т.Х. Атомна енергетика сьогодні та завтра [текст] / Т.Х. Маргулова. – К.: Вища школа, 2016. – С.21-23. – С.26-32.
10. Мастрюков, Б.С. Безпека у надзвичайних ситуаціях: підручник/Б.С. Мастрюків. - 4-те вид. – К.: Академія, 2007. – 334 с. – (Вища проф. освіта). - Гриф: Дод. М-вом освіти України.
11. Отруйні речовини та бактеріальні засоби, заходи захисту від них // Цивільний захист. – 2018. – № 4. – С.34-35.

12. Пронін, К. Бойтесь! Хімія і життя [текст]/К. Пронін. - М: МДУ, 1992. - С.21-24.
13. Пряхін, В.К. Захисти населення та територій у надзвичайних ситуаціях / В.К. Пряхін. – К., 2015. – С.17-19.
14. Збірник тимчасових типових інструкцій з охорони праці та безпечного ведення пошуково-рятувальних робіт за умов надзвичайних ситуацій. - К.: МНС України, 2010 (Додаток до наказу МНС України від 5.06.98г. №354). – С.102-161.
15. Збірник основних нормативних та правових актів з питань ГО та РСНС [текст]. – К., 2018. – С.17-21. – С.30-34. – С.31-32. – С.44-45.
16. Смірнов, А. Небезпечні ситуації техногенного характеру/А. Смирнов// ОБЖ. Основи безпеки життєдіяльності. – 2016. – № 6. – С.17-21;
17. Способи та засоби захисту населення від НС природного та техногенного характеру // Цивільний захист. – 2017. – № 1. – С.50-54.
18. Тарасова, В.В. Основи захисту населення та території у надзвичайних ситуаціях [текст] / В.В. Тарасова. - Рівне: РДУ, 2018. - С.18-23.
19. Теплов, Е.П. Комплексна безпека об'єктів: питання теорії, тактики та практики: [зб. лекцій та матеріалів]. Ч.1/Е.П. Теплів; Житомир ДАФК ім. П.Ф. Лісгафт. - Житомир.: [Б. в.], 2015. – 160 с.
20. Шершнев, Л.І. Види безпеки/Л.І. Шершнев // ОБЖ. Основи безпеки життя. – 2017. – № 12. – С. 20-30.
21. Шойгу, С.К. Охорона праці рятувальника/С.К. Шойгу, С.К. Кудінов, А.Ф. Неживий, А.В. Герокаріс; за заг. ред. Ю.Л. Воробйова.: МНС України. – 2017. – С.51-76. – С.152-165.
22. Шойгу, С.К. Підручник рятувальника/С.К. Шойгу, С.К. Кудінов, А.Ф. Неживий, С.А. Ножовий; за заг. ред. Ю.Л. Воробйова. - К: МНС України. – 2017. – С.485-500.
23. Шпаковський, Ю. Про систему забезпечення безпеки при надзвичайних ситуаціях / Ю. Шпаковський, Ю. Мустафаєв, К. Шиянов // Цивільний захист. – 2005. – № 6. – С.40-42.

24. Ярмоненко, С.К. Радіобіологія людини та тварин: навчальний посібник для студентів університетів та мед. вишів. – К.: Вища школа, 1977. – 368 с.