**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ**
**ОДЕСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ ЕКОЛОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ**

# РАДІАЦІЙНА БЕЗПЕКА

Конспект лекцій

Одеса 2017

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ**

**ОДЕСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ ЕКОЛОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ**

# РАДІАЦІЙНА БЕЗПЕКА

Конспект лекцій

Укладач І. С. Андріанова

Рекомендовано методичною радою
Одеського державного екологічного університету
Міністерства освіти і науки України як конспект лекцій
(протокол №9 від 29.06.2017р.)

Одеса - 2017

Конспект лекцій з дисципліни “Радіаційна безпека ” для студентів 1-го курсу магістратури “Технології захисту навколишнього середовища ”

Укладач: Андріанова І.С., Одеса, ОДЕКУ, 2017р., 51с., укр. мова.

## ЗМІСТ


| | | стор. |
|---|---|---|
| Вступ ……... | | 4 |
| 1 | Норми та стандарти радіаційної безпеки …… | 5 |
| 1.1 | Норми та принципи радіаційної безпеки …… | 5 |
| 1.2 | Організаційне забезпечення радіаційної безпеки території, об’єкту, персоналу і населення …… | 14 |
| 1.3 | Управлінські рішення та організаційні заходи щодо забезпечення радіаційної безпеки при аваріях . …… | 17 |
| 2 | Поводження з радіоактивними відходами…… | 30 |
| 2.1 | Екологічні ризики ядерного паливного циклу …… | 30 |
| 2.2 | Регулювання у сфері використання ядерних технологій……. | 32 |
| 2.3 | Поводження з відпрацьованим ядерним паливом та радіоактивними відходами …… | 39 |
| Література…… | | 50 |

# ВСТУП

Однією з найважливіших умов життя та праці людини є безпека її життєдіяльності. Радіаційна безпека та протирадіаційні заходи - наука і практика збереження здоров'я людини в умовах роботи з різними джерелами іонізуючого випромінювання.

Джерела іонізуючого випромінювання (ДІВ) знайшли широке застосування в різних галузях промисловості, енергетиці, науці та медицині. За даними Державної санітарно-епідеміологічної служби в Україні налічується близько 10 тисяч підприємств, закладів та установ, де використовуються різноманітні джерела ІВ, у тому числі більше 30 тисяч радіонуклідних приладів. Робота з радіоактивними речовинами та джерелами іонізуючого випромінювання є потенційно небезпечною, тому що у випадку аварії вплив радіоактивних речовин та інших джерел іонізуючого випромінювання людина не може відчути за допомогою своїх органів чуттів, а виявляє тільки за допомогою спеціальних приладів. Отже, підвищення надійності та безпечності при роботі з ДІВ пов'язане з регламентацією та якісним виконанням відповідних інструкцій та правил.

Радіоактивне забруднення, яке може бути заподіяне радіаційною аварією, залишається на тривалий час, а дезактивація має обмежені можливості. Таким чином, важливим елементом стратегії сучасної радіаційної безпеки, який набув особливого значення після аварії на Чорнобильській АЕС, є встановлення перепон руху радіоактивних речовин по ланцюгу живлення.

Конспект лекцій з дисципліни "Радіаційна безпека" спрямований на полегшення засвоєння магістрами спеціальності «Технології захисту навколишнього середовища» матеріалів курсу. Вибрані питання та завдання повністю відповідають робочій програмі курсу. Наприкінці кожної теми наведені контрольні питання, а наприкінці всього курсу – тестові завдання для самоконтролю.

Посилання на використані при складані конспекту матеріали наведені біля назви відповідного розділу.

# ЛЕКЦІЇ 1 – 9

# 1. НОРМИ ТА СТАНДАРТИ РАДІАЦІЙНОЇ БЕЗПЕКИ [1, 2, 3]

## 1.1.Норми та принципи радіаційної безпеки

Основоположним у ядерному законодавстві України законом є закон України «Про використання ядерної енергії та радіаційну безпеку» від 08.02.1995 №39/95-ВР зі внесеними змінами. Цей закон встановлює пріоритет безпеки людини та навколишнього природного середовища, права і обов'язки громадян у сфері використання ядерної енергії, регулює діяльність, пов'язану з використанням ядерних установок та джерел іонізуючого випромінювання, встановлює також правові основи міжнародних зобов'язань України щодо використання ядерної енергії.

Відповідно до закону України "Про використання ядерної енергії та радіаційної безпеки" категорії радіаційна безпека та радіаційний захист характеризуються такими визначеннями:

•**радіаційна безпека** – дотримання допустимих меж радіаційного впливу на персонал, населення та навколишнє природне середовище, встановлених нормами, правилами та стандартами з безпеки;

•**радіаційний захист** – сукупність радіаційно-гігієнічних, проектно-конструкторських, технічних та організаційних заходів, спрямованих на забезпечення радіаційної безпеки.

Таким чином, радіаційна безпека - це мета, досягнення якої є обов'язковою при експлуатації АЕС, а радіаційний захист - засіб досягнення цієї мети.

Радіаційна безпека персоналу, населення і оточуючого середовища вважається забезпеченою, якщо дотримуються основні принципи радіаційної безпеки і вимоги радіаційного захисту, встановлені діючими нормами радіаційної безпеки та санітарними правилами.

**Принципи радіаційної безпеки:**

1. Принцип виправданості. Передбачає заборону всіх видів діяльності з використанням джерел радіоактивного випромінювання, за яких отримана для людини та суспільства користь не перевищує ризику можливості шкоди, яка може буди заподіяною випромінюванням.

Цей принцип повинен застосовуватися на стадії прийняття рішення уповноваженими органами при проектуванні нових джерел випромінювання та об’єктів підвищеної радіаційної безпеки, видачі

ліцензій, затвердження нормативно-технічної документації на використання джерел випромінювання та зміни умов їх експлуатації. В умовах радіаційної аварії принцип виправданості стосується не джерел випромінювання та умов опромінення, а захисних заходів, при цьому в якості величини користі слід оцінювати попереджену даними заходами дозу. Заходи ж, що направлені на відновлення контролю над джерелами випромінювання, мають проводитись в обов'язковому порядку.

2. Принцип оптимізації. Передбачає підтримання на максимально низькому рівні як індивідуальних, так і колективних доз опромінення. В умовах радіаційної аварії, коли замість лімітів доз діють більш високі рівні втручання, принцип оптимізації має застосовуватись до захисних заходів з урахуванням попередженої дози опромінення і збитків, пов’язаних з втручанням.

3.Принцип неперевершення вимагає запобігання перевищення встановлених діючими нормами радіаційної безпеки індивідуальних лімітів доз та інших нормативів радіаційної безпеки. Даного принципу повинні дотримуватись всі організації та особи, від яких залежить рівень опромінення людей.

З цих принципів витікає необхідність дотримання прийнятого дозового рівня; виключення будь-якого необґрунтованого випромінювання; зниження дози опромінення до можливо найнижчого рівня.

**Чинні норми радіаційної безпеки України**:

- Постанова Головного державного санітарного лікаря України від 1 грудня 1997 року N 62 «Про введення в дію Державних гігієнічних орматівів "Норми радіаційної безпеки України (НРБУ-97)" Допустимі рівні вмісту радіонуклідів стронцію і цезію у продуктах харчування (ДР-97)».
- Норми радіаційної безпеки України (НРБУ-97) охоплюють систему принципів, критеріїв, нормативів та правил, виконання яких є обов'язковим в політиці держави щодо забезпечення протирадіаційного захисту людини та радіаційної безпеки.

НРБУ-97 є основним державним документом, який встановлює систему радіаційно-гігієнічних регламентів для забезпечення прийнятих рівнів опромінення для окремої людини і для суспільства в цілому і є обов'язковими для виконання всіма юридичними та фізичними особами, які проводять практичну діяльність з джерелами іонізуючого випромінювання.

Норми радіаційної безпеки України (НРБУ-97) включають систему принципів, критеріїв, нормативів та правил, виконання яких є обов'язковою нормою політиці держави щодо забезпечення протирадіаційного захисту людини та радіаційної безпеки. НРБУ-97

розроблені у відповідності до основних положень Конституції та Законів України "Про забезпечення санітарного та епідемічного благополуччя населення", "Про використання ядерної енергії та радіаційну безпеку", "Про поводження з радіоактивними відходами".

**Система дозиметричних величин та основні радіаційно-гігієнічні регламентовані величини, ліміти доз та допустимі рівні.**

Міра дії іонізуючого випромінювання в будь-якому середовищі залежить від енергії випромінювання й оцінюється дозою іонізуючого опромінення.

***Опромінення*** – це вплив на людину чи будь-який об'єкт іонізуючого випромінювання.

***Зовнішнє опромінення*** – опромінення тіла людини чи будь-якого живого об'єкту джерелами іонізуючих випромінювань, які знаходяться поза ним.

***Внутрішнє опромінення*** – опромінення тіла людини чи будь-якого живого об'єкту, окремих органів та тканин від джерел іонізуючих випромінювань, що знаходяться в самому об'єкті.

В радіаційному захисті, радіоекології та радіобіології розрізняють п'ять основних видів доз іонізуючих випромінювань: експозиційну, поглинену, еквівалентну, ефективну і колективну .

1. ***Експозиційна доза фотонного випромінювання*** ($D_{exp}$) характеризує іонізуючу дію випромінювання в повітрі, є відношенням сумарного заряду усіх іонів одного знаку (dQ), утворених у повітрі, коли всі електрони й позитрони, вивільнені фотонами в елементарному об'ємі повітря масою *dm*, повністю зупинилися в повітрі, до маси повітря в зазначеному об'ємі,

$$D_{exp} = dQ / dm$$

У системі СІ за одиницю прийнято *кулон на кілограм* (Кл/кг; C/kg). Позасистемною одиницею експозиційної дози є рентген (Р; R):

$$1\ Р = 2.58 \cdot 10^{-4}\ Кл/кг, \text{ відповідно } 1\ Кл/кг = 3{,}88 \cdot 10^{3} Р.$$

***Рентген*** – це така кількість іонізуючого випромінювання, яка утворює в $1см^3$ сухого повітря за нормальних умов близько 2 млрд. пар іонів.

За експозиційною дозою можна визначити потенційні можливості іонізуючого випромінювання.

2. ***Поглинена доза*** визначається як відношення середньої енергії *(dE)*, що передана іонізуючим випромінюванням речовині в елементарному об'ємі, до маси *dm* речовини в цьому об'ємі, тобто поглинена доза випромінювання дорівнює енергії, поглинутій одиницею маси речовини.

$$D = dE / dm$$

Поглинену дозу непрямо (опосередковано) іонізуючого випромінювання оцінюють, використовуючи поняття ***керма.***

***Керма (К)*** - це відношення сумарної первинної кінетичної енергії всіх заряджених іонізуючих частинок, утворених під дією непрямо

іонізуючого випромінювання в елементарному об'ємі речовини, до маси речовини в цьому об'ємі: $K = dE_k / dm$ ,

де $dE_k$.- сума початкових кінетичних енергій всіх заряджених іонізуючих частинок, що звільняються в результаті дії непрямо іонізуючого випромінювання в речовині з масою *dm*.

Найчастіше керму використовують для вимірювання поглиненої дози в повітрі і називають її *повітряною кермою*.

У системі СІ за одиницю поглиненої дози прийнято *Грей* (Гр; Gy); 1Грей = 1 Дж/кг. Позасистемною одиницею поглиненої дози є рад.

1 Гр = 100рад; 1 рад = 0,01 Гр = 1 сГр (сантигрей).

3. ***Еквівалентна доза***

Доза, яку одержує людина, залежить від виду випромінювання, енергії, щільності потоку і тривалості впливу. Проте поглинута доза іонізуючого випромінювання не враховує того, що вплив на біологічний об'єкт однієї і тієї ж дози різних видів випромінювань неоднаковий. Для врахування цього ефекту введено поняття еквівалентної дози.

***Еквівалентна доза*** в органі або тканині ($H_T$) – це величина, яка визначається як добуток поглиненої дози ($D_T$) в окремому органі або тканині (Т) та радіаційного зважуючого фактору ($w_R$):

$$H_T = D_T \cdot w_R$$

Прийнято порівнювати біологічні ефекти від різних видів випромінювання з ефектами, викликаними рентгенівським або слабоенергетичним гамма-випромінюванням. ***Радіаційний зважуючий фактор (коефіцієнт якості)*** $w_R$ – коефіцієнт, що враховує відносну біологічну ефективність різних видів іонізуючого випромінювання.

Значення радіаційного зважуючого фактору (коефіцієнт якості) $w_R$ для різних видів випромінювання дорівнює одиниці для фотонів, електронів і мюонів будь-яких енергій, приймає значення від 5 до 20 у нейтронів (в залежності від енергії) та дорівнює 20 для α-випромінювання та ядер віддачі.

Одиниця еквівалентної дози у системі СІ – зіверт (Зв; Sv). Зіверт – це енергія будь-якого виду іонізуючого випромінювання, поглиненого 1 кг біологічної тканини, при якій біологічний ефект є тотожним поглиненій дозі 1Гр контрольного рентгенівського або гамма-випромінювання.

Позасистемною одиницею еквівалентної дози є бер (біологічний еквівалент рада). 1Зв = 100бер.

4. ***Ефективна доза*** в радіаційній безпеці визначає ступінь впливу іонізуючого випромінювання на тіло людини з врахуванням відмінностей дії різних видів іонізуючого випромінювання на тканини та органи.

***Ефективна еквівалентна доза*** **(Е)** – сума добутків еквівалентних доз $H_T$ в окремих органах і тканинах на відповідні тканинні зважуючі фактори $w_T$:

$$E = H_T w_T .$$

***Тканинний зважуючий фактор*** – коефіцієнт, який відображає відносну імовірність стохастичних ефектів в тканині (органі). Сума всіх зважуючих факторів по всіх органах дорівнює одиниці: $w_T=1$.

Ефективна доза, як і еквівалентна доза, вимірюється в зівертах.

Кожний орган і кожна тканина мають різне значення в життєзабезпеченні всього організму. ***Критичний орган*** – це орган або тканина, частина тіла або все тіло, опромінення яких завдає найбільшої шкоди організму. Аналогічно критичні (життєво важливі) елементи можуть бути виділені й у кожній окремій клітині. Існують три способи виділення критичних органів:

- за найбільшою радіочутливістю у певній системі організму;
- за найбільшою поглиненою дозою випромінювання;
- за вибірковим накопиченням підвищених концентрацій певного радіонукліда

Ефективна доза відображає загальний ефект опромінювання - шкоду для всього організму при опроміненні окремих органів і тканин.

Використання поняття ефективної дози допускається при значеннях еквівалентних доз нижчих за поріг виникнення детерміністичних ефектів (0.1Зв при гострому опроміненні чи хронічному протягом року). Одиниця ефективної дози в системі СІ – зіверт. Позасистемна одиниця – бер.

5. При підрахунку наслідків аварії надзвичайно важливо визначити величину колективної дози опромінення, яку зібрала в себе популяція - всі ті, на кого безпосередньо чи посередньо вплинуло опромінення.

***Колективна ефективна (еквівалентна) доза*** – це сума індивідуальних ефективних (еквівалентних) доз опромінення певної групи населення за певний період часу, або сума добутків середньогрупових ефективних доз на число осіб у відповідних групах, що утворюють колектив, для якого вона розраховується:.

$$S = E_i \cdot N_i$$

де: $E_i$ – середня ефективна (еквівалентна) доза на підгрупу населення і;

$N_i$ – число осіб в підгрупі.

Одиниця вимірювання – людино-зіверт (люд.-Зв). Позасистемна одиниця – людино-бер. 1 люд.-Зв = 100 люд.-бер.

У випадку Чорнобильської катастрофи колективна доза сягнула мільйонів люд.-бер.

**Основні дозові межі опромінення.**

Для кожної категорії, що опромінюється встановлюються дозові межі і припустимі рівні, що відповідають основним дозовим межам. Додаткові обмеження існують для жінок репродуктивного віку.

Нормами радіаційної безпеки України (НРБУ-97), що є чинними на даний час, передбачено нормування опромінення людей в умовах практичної діяльності в таких випадках:

- при нормальній експлуатації індустріальних джерел іонізуючого випромінювання;
- при медичному опроміненні (опромінення пацієнтів);
- при радіаційних аваріях;
- при опроміненні техногенно-підсиленими джерелами природного походження.

Всі особи по відношенню до джерел ІВ (ДІВ), згідно НРБУ-97, поділяються на три категорії:

- *категорія А (персонал)* – особи, які безпосередньо постійно або тимчасово працюють із ДІВ;
- *категорія Б (персонал)* - особи, які безпосередньо не працюють із ДІВ, але можуть отримувати додаткове опромінення у зв'язку з розміщенням їх робочих місць у приміщеннях і на території підприємства з радіаційно-ядерними технологіями;
- *категорія В (населення)* – все населення країни.

Для всіх категорій осіб, що опромінюються, ліміти річних доз опромінення встановлені в чинниках індивідуальної річної ефективної дози і еквівалентної річної дози опромінення на окремі органи (табл.1.1). Додаткові обмеження існують для жінок репродуктивного віку.

Таблиця 1.1. Ліміти дози опромінення (мЗв·рік$^{-1}$)

| Найменування дози | Категорія осіб, що опромінюються | | |
|---|---|---|---|
| | А [а,б] | Б[а] | В[а] |
| Ліміт ефективної дози - $DL_E$ | 20[в] | 2 | 1 |
| Ліміт еквівалентної дози зовнішнього опромінення: | | | |
| - для кришталика ока | 150 | 15 | 15 |
| - для шкіри | 500 | 50 | 50 |
| - для кистей та стіп | 500 | 50 | 50 |

Примітки:

а – розподіл дози опромінення протягом календарного року не регламентується;

б – для жінок до 45 років та вагітних діють додаткові обмеження (доза опромінення нижньої частини живота за будь-які два місяці не повинна перевищувати 2мЗв);

в – в середньому за будь-які послідовні 5 років, але не більше 50мЗв за окремий рік.

Обмеження опромінення населення (категорія В) регламентується основними санітарними правилами (ОСП-72/87). Опромінення категорії В не повинно бути вищим, ніж опромінення категорії Б.

Внаслідок радіаційних аварій може виникнути необхідність у запланованому підвищеному порівняно з регламентованим рівнем опроміненні персоналу. Опромінення персоналу під час аварій вище дозових меж може бути виправдане лише врятуванням людей, необхідністю запобігти розвитку аварій та опроміненню більшої кількості людей, коли немає можливості вжити заходи, які виключають їх перевищення. Тобто при непередбачених ситуаціях у наступних випадках:

- коли вони не можуть бути усунені без застосування технологічних операцій, пов'язаних із неперевищенням лімітів доз;
- коли вони потребують термінового усунення;
- при загрозі розвитку радіаційної аварії.

При проведенні робіт з ліквідації РА дозволяється опромінення аварійного персоналу дозою не більше 100мЗв (двома річними максимально допустимими дозами опромінення персоналу, що працює з ДІВ). Проведення таких робіт повинно супроводжуватися радіаційно-дозиметричним контролем для оцінки рівня радіаційної дії на осіб, залучених до ліквідації аварії. Якщо доза опромінення перевищила 100мЗв, аварійний персонал виводиться із зони опромінення і направляється на позапланове медичне обстеження. В окремих випадках, коли аварійні роботи проводяться для врятування життя людей, дозволяється опромінення персоналу дозами до 500мЗв на будь-який окремий орган або на все тіло.

Для впровадження єдиних підходів до забезпечення радіаційної безпеки на міжнародному рівні за участю Міжнародних організацій (МАГАТЕ, МКРЗ, Євратому, ВООЗ) в дію введено міжнародні «Основні стандарти безпеки для захисту населення від іонізуючих випромінювань і безпеки джерел випромінювання» – ОСБ (BSS). Основна мета, яка закладена в документ, полягає в запобіганні детермінованих ефектів опромінення людей і обмеженні вірогідності появ стохастичних ефектів.

Оцінка сумарного ризику від стохастичних ефектів для професіоналів складає 0,0056% на 1мЗв; для всіх людей – 0,00076% на 1мЗв; доза від фонового випромінювання – 2,4мЗв/рік.

Санітарно-гігієнічні та радіаційно-гігієнічні положення і рекомендації, які містяться в документах Міжнародних організацій або інших держав, можуть застосовуватися на території України тільки у конкретних випадках, коли поєднання ДІВ, об'єктів і умов опромінення не регулюється національним законодавством. Таке застосування потребує обов'язкового узгодження з Міністерством охорони здоров'я України.

Межі доз професійного опромінення та граничні дози для всього населення, прийняті в Україні, відповідають рекомендованим ОСБ. Щодо

рівнів впливу у випадку радіаційних аварій (РА) для населення в Україні прийняті жорсткіші нормативи.

Рівні впливу у випадку РА за ОСБ:

- перебування у закритому приміщенні при дозі 10мЗв до двох днів;
- йодна профілактика при 100мГр накопиченої дози на щитоподібну залозу;
- евакуація при 50мЗв до 7днів;
- тимчасове переміщення при 10-30мЗв за місяць;
- постійне переселення при 1Зв за життя; довічна допустима доза для населення за 70років – 70мЗв;
- допустимий рівень впливу при радіаційній аварії -1Зв за життя.

Сучасна дозова градація, прийнята для радіаційно-забруднених територій в Украйні:

- безумовне відселення – більше 5мЗв/рік;
- гарантоване добровільне відселення – більше 1мЗв/рік;
- підвищений радіологічний контроль –більше 0,5мЗв/рік.

**Види зон радіоактивного забруднення території**

Зони радіоактивного забруднення (РЗ) при РА у відповідності з Законом України «Про правовий режим територій, що дістали радіоактивне забруднення внаслідок Чорнобильської катастрофи» у відповідності з дозовою градацією поділяються на зони: відчуження, безумовного відселення, гарантованого (добровільного) відселення і підвищеного радіоекологічного контролю.

Зона відчуження – це територія з якої проводиться евакуація населення негайно після РА і на ній не здійснюється господарська діяльність.

Зона безумовного відселення – це територія навколо АЕС, на якій щільність забруднення ґрунту довго живучими радіонуклідами цезію дорівнює 15,0Кі/км$^2$ і більше, або стронцію – 3,0Кі/км$^2$ і більше, або плутонію – 0,1Кі/км$^2$ і більше, де розрахована ефективна доза опромінювання із урахуванням коефіцієнту міграції радіонуклідів в рослини перебільшує 5мЗв (0,5 бер) на рік.

Зона гарантованого (добровільного) відселення - це територія, на якій щільність забруднення ґрунту радіонуклідами цезію від 5,0 до 15,0Кі/км$^2$, або стронцію від 0,15 до 3,0Кі/км$^2$ або плутонію від 0,01 до 0,1Кі/км$^2$, де ефективна доза опромінювання із урахуванням коефіцієнту міграції радіонуклідів в рослини та інших факторів може перебільшити 0,5мЗв (0,05 бер) на рік.

Зона підвищеного радіоекологічного контролю – це територія із щільністю забруднення ґрунту радіонуклідами цезію від 1,0 до 5,0Кі/км$^2$, або стронцію від 0,02 до 0,15Кі/км$^2$, або плутонію від 0,005 до 0,01Кі/км$^2$, де ефективна доза опромінювання із урахуванням коефіцієнту міграції

радіонуклідів в рослини та інших факторів може перебільшити 0,5мЗв (0,05 бер) на рік.

Аварія з повним руйнуванням реактору на атомній електричній станції і його ядерним вибухом – може мати місце внаслідок стихійного лиха, падіння літаючого апарату на атомну електричну станцію, помилки персоналу, дії вибуху боєприпасів у воєнний час або диверсії .

На території сліду радіоактивної хмари такого вибуху, як і при наземному ядерному вибуху, виділяють зони: надзвичайно небезпечного забруднення (зона Г), небезпечного забруднення (зона В), сильного забруднення (зона Б), помірного забруднення А, радіоактивної небезпеки М. Рівні радіації на межах зон за одну годину після початку аварії (викиду) представлені на рис.1.1.

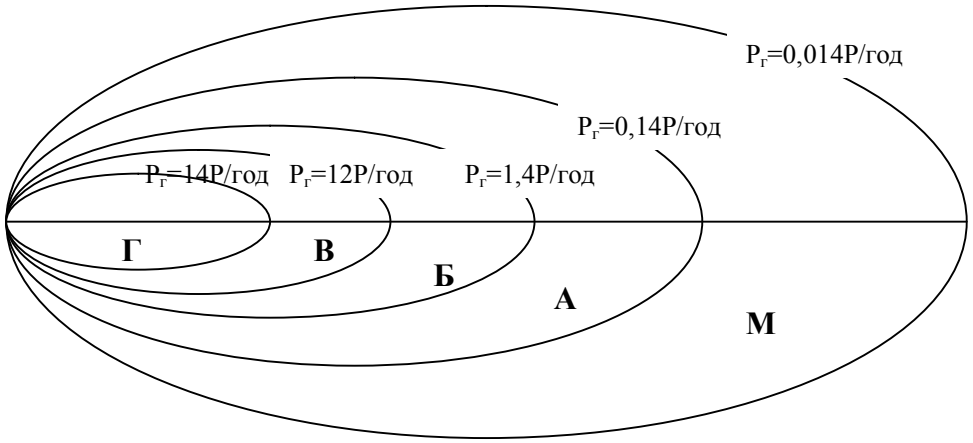


Рис.1.1. Зони РЗ після аварії на АЕС

Дози опромінювання за перший рік після аварії, що відповідають кожній з зон, наведені в таблиці 1.2.

Таблиця 1.2.

| Найменування зон | Індекс зони | Доза опромінювання за 1-й рік після аварії, рад | |
|---|---|---|---|
| | | На зовнішній межі зони | На внутрішній межі зони |
| Радіаційної небезпеки | М | 5 | 50 |
| Помірного забруднення | А | 50 | 500 |
| Сильного забруднення | Б | 500 | 1500 |
| Небезпечного забруднення | В | 1500 | 5000 |
| Надзвичайно небезпечного забруднення | Г | 5000 | |

Умовами проживання і трудової діяльності населення без обмеження по радіаційному фактору є одержання додаткової дози за рахунок забруднення довкілля радіоактивними ізотопами дози, що не перебільшує

межі опромінювання, які встановлені Державними гігієнічними нормативами "Норми радіаційної безпеки України (НРБУ- 97)".

## 1.2. Організаційне забезпечення радіаційної безпеки території, об’єкту, персоналу і населення.

**Радіаційно небезпечні об'єкти**

Радіаційно небезпечний об'єкт (РНО) – об'єкт, при аваріях та руйнуваннях на якому можуть відбутися масові радіаційні ураження людей, тварин та рослин. До радіаційних небезпечних об'єктів відносяться:

- атомні електростанції;
- підприємства з видобування та переробки уранових руд;
- підприємства з виготовлення ядерного палива;
- підприємства з переробки відпрацьованого ядерного палива і захоронення радіоактивних відходів (у загальному вигляді всі вони можуть бути названі підприємствами ядерного паливного циклу - ПЯПЦ).
- науково-дослідні та проектні організації, які мають дослідні реактори, критичні збірки та стенди;
- ядерні енергетичні установки на морських та космічних судах і апаратах;
- стаціонарні військові об'єкти для зберігання ядерних боєприпасів і ракетні старти, а також транспорт, що перевозить радіоактивні матеріали;
- джерела іонізуючого випромінювання у багатьох сферах господарства і наукової діяльності.

До радіаційно-небезпечних об'єктів відносяться також підприємства, які використовують у невеликих кількостях радіоактивні речовини та вироби на їх основі, в тому числі прилади, апарати і установки, що не становлять ядерної небезпеки.

В Україні існує близько 10 тисяч підприємств, установ та організацій, що використовують у своїй діяльності радіаційно-небезпечні технології та джерела іонізуючих випромінювань.

На сьогодні в Україні діє 4 атомні електростанції (Запорізька, Південноукраїнська, Рівненська, Хмельницька і Чорнобильська); функціонує 2 дослідницьких реактори, в 6-ти областях розташовані й функціонують регіональні спеціалізовані підприємства з поховання та переробки радіоактивних відходів, що входять до складу ДК «УкрДО «Радон». У Дніпропетровській та Кіровоградській областях ведеться видобуток уранових руд та їх переробка. Сховища радіоактивних відходів при уранових рудниках переповнені.

У лікувально-профілактичних закладах України експлуатується велика кількість) рентгенівського та радіологічного обладнання, більше 80 % якого вичерпало свій техніко-експлуатаційний ресурс.

Майже 75 % території України зазнало радіоактивного забруднення 137Cs, яке більш ніж удвічі перевищувало доаварійні рівні, за рахунок аварії на Чорнобильській АЕС. Утворилися величезні обсяги радіоактивних відходів (РАВ), які суттєво перевищують обсяги, які накопичено внаслідок здійснення інших видів діяльності, пов'язаних з використанням ядерної енергії, джерел іонізуючого випромінювання та радіаційних технологій. У зоні відчуження головними суб'єктами господарювання у сфері поводження з РАВ є державні спеціалізовані підприємства (ДСП) «Чорнобильський спецкомбінат» й «Чорнобильська АЕС». Отже, забезпечення радіаційної безпеки території, на яких існують РНО, самих об’єктів, персоналу та населення прилеглих територій є актуальною задачею, яка вирішується низкою запобіжних заходів.

**Радіаційна безпека на об'єкті та прилеглій території забезпечується за рахунок:**

- якості проекту радіаційного об'єкта;
- обґрунтованого вибору району і майданчика для розміщення радіаційного об'єкта; фізичного захисту джерел випромінювання;
- зонування території навколо найбільш небезпечних об'єктів і всередині них; - умов експлуатації технологічних систем;
- санітарно-епідеміологічної оцінки і ліцензування діяльності з джерелами випромінювання;
- санітарно-епідеміологічної оцінки виробів і технологій; наявності системи радіаційного контролю;
- планування і проведення заходів щодо забезпечення радіаційної безпеки персоналу і населення при нормальній роботі об'єкта, його реконструкції та виведенні з експлуатації; підвищення радіаційно - гігієнічної грамотності персоналу та населення.

**Радіаційна безпека персоналу забезпечується:**

- обмеженнями допуску до роботи з джерелами випромінювання по віку, статі, станом здоров’я та іншими показниками;
- знанням і дотриманням правил роботи з джерелами випромінювання;
- достатністю захисних бар'єрів, екранів і відстані від джерел випромінювання, а також обмеженням часу роботи з джерелами випромінювання;
- створенням умов праці, що відповідають вимогам чинних норм і правил РБ;
- застосуванням індивідуальних засобів захисту;
- дотриманням встановлених контрольних рівнів;

- організацією радіаційного контролю;
- організацією системи інформації про радіаційну обстановку;
- проведенням ефективних заходів щодо захисту персоналу при плануванні підвищеного опромінення у разі загрози та виникненні аварії.

Згідно з діючими нормами радіаційної безпеки, організаційними заходами**,** що забезпечують радіаційну безпеку робіт, є:

- оформлені роботи нарядом чи розпорядженням;
- допуск до роботи;
- нагляд під час роботи;
- оформлення перерв в роботі;
- оформлення закінчення роботи.

**Радіаційна безпека населення забезпечується:**

- створенням умов життєдіяльності людей, які відповідають вимогам діючих норм і правил радіаційної безпеки;
- встановленням квот на опромінення від різних джерел випромінювання;
- організацією радіологічного контролю;
- ефективністю планування та проведення заходів з радіаційного захисту в нормальних умовах та у випадку радіаційної аварії;
- організацією системи інформації про радіаційний стан.

## Санкції за порушення вимог норм і правил з радіаційної безпеки в Україні

За порушення вимог норм і правил з радіаційної безпеки України, передбачається дисциплінарна, адміністративна та кримінальна відповідальність, у відповідності з чинним законодавством України.
Кодекс України про адміністративні правопорушення (КУпАП). Стаття 188(18). Невиконання законних вимог (приписів) посадових осіб органів державного регулювання ядерної та радіаційної безпеки.

Невиконання законних вимог (приписів) посадових осіб органів державного регулювання ядерної та радіаційної безпеки щодо усунення порушень законодавства про ядерну та радіаційну безпеку, ненадання їм необхідної інформації або надання неправдивої інформації, створення інших перешкод для виконання покладених на них обов'язків - тягнуть за собою накладення штрафу від десяти до ста неоподатковуваних мінімумів доходів громадян.

Ті самі дії, вчинені повторно протягом року після накладення адміністративного стягнення, - тягнуть за собою накладення штрафу від ста до двохсот неоподатковуваних мінімумів доходів громадян.

## 1.3. Управлінські рішення та організаційні заходи щодо забезпечення радіаційної безпеки при аваріях.

### Загальна характеристика та класифікація радіаційних аварій.

Середньорічна активність радіонуклідних ДІВ, що використовуються в Україні на виробництві та в медицині, становить біля 1 млн. кюрі, що не виключає, як і в будь-якому виробничому процесі, виникнення надзвичайних ситуацій (НС), пов'язаних з переопроміненням людей та радіаційним забрудненням навколишнього середовища.

НС – це порушення нормальних умов життя та діяльності людей на об'єкті або території, що спричинено аварією, катастрофою, стихійним лихом або іншою небезпечною подією, яка призвела або може призвести до неможливості проживання населення на території чи знаходження на об'єкті, здійснення там господарської діяльності, загибелі людей та/або значних матеріальних втрат.

Усі надзвичайні ситуації, які можуть виникати в процесі поводження з ДІВ, доцільно поділити на дві групи:

- *радіаційний інцидент,* який, на думку МАГАТЕ, являє собою будь-яку ненавмисну подію, в тому числі помилки під час експлуатації, відмови устаткування та інші несправності, або несанкціоновані дії, реальні або потенційні наслідки яких не можуть ігноруватись з точки зору захисту або безпеки. Іншими словами, це втрата регулюючого контролю за ДІВ.

- *радіаційна аварія* (РА) **-** це подія, внаслідок якої втрачено контроль за ДІВ або ядерною установкою, і яка призводить або може призвести до радіаційного впливу на людей та навколишнє природне середовище, що перевищує допустимі межі, встановлені нормами, санітарними правилами та стандартами безпеки. Розрізняють осередок радіаційної аварії і зону радіоактивного забруднення.

Масштаби і ступінь радіоактивного забруднення місцевості і повітря визначають радіаційну обстановку. Радіаційна обстановка являє собою сукупність умов, що виникають в результаті забруднення місцевості, повітря, джерел водопостачання, що негативно впливає на життєдіяльність населення та проведення аварійно-рятувальних робіт. На динаміку радіаційної обстановки впливає вид радіонуклідів та їх період напіврозпаду, саме ці показники визначають швидкість зниження радіоактивного забруднення навколишнього середовища.

Усі РА поділяються на дві великі групи:

- Перша група - аварії, що не супроводжуються радіоактивним забрудненням виробничих приміщень, проммайданчика об’єкту та навколишнього середовища;

- Друга група - аварії, внаслідок яких відбувається радіоактивне забруднення виробничих приміщень, проммайданчика об’єкту та навколишнього середовища.

Внаслідок аварій першої групи може відбуватися підвищене опромінення людини тільки зовнішнім рентгенівським, гамма-, бета- та нейтронним випромінюванням.

До аварій другої групи належать аварії на об’єктах, де здійснюються роботи з радіоактивними речовинами у відкритому вигляді, при розгерметизації закритих джерел гамма-, бета- альфа- та нейтронного випромінювання, а також на складах радіоактивних речовин та пунктах захоронення радіоактивних відходів, де можливі викиди в атмосферу та скиди у водоймище радіонуклідів у кількостях, що перевищують допустимі межі для навколишнього середовища.

Внаслідок аварії другої групи променеве навантаження можуть отримувати люди за рахунок зовнішнього, внутрішнього і контактного опромінення.

За масштабами, тобто розміром території та можливістю опромінення персоналу та населення, РА поділяються на два класи: промислові і комунальні.

При промислових РА радіоактивне забруднення не виходить за межі промислових приміщень і території проммайданчика. Аварійного опромінення може зазнавати тільки персонал підприємства.

До промислових РА з радіонуклідним джерелом належать випадки, при яких відбуваються:

- крадіжка або втрата джерела випромінювання або захисного блоку з джерелом, якщо джерело не потрапило за межі підприємства;

- випадіння джерела із захисного блоку або падіння блоку з джерелом із місця кріплення;

- розгерметизація джерела, якщо вчасно прийняті заходи по недопущенню розповсюдження радіоактивного забруднення за межі виробничого приміщення;

- руйнування або погіршення якості радіаційного захисту захисного блоку з джерелом;

- виявлення не облікованого раніше джерела;

- опромінення персоналу дозою, що перевищує діючі нормативи, внаслідок виникнення критичної події;

- радіоактивне забруднення устаткування та території підприємства.

- руйнування радіонуклідного джерела при його транспортуванні.

Будь-які аварії, наслідки яких розповсюдилися за межі підприємства і обумовили підвищене опромінення населення, вважаються комунальними аваріями.

Аварії з радіонуклідними джерелами зазвичай пов'язані з їх використанням у промисловості, газо- нафтовидобуванні, будівництві, науково-дослідних та медичних закладах, на транспорті при перевезенні радіонуклідних ДІВ.

РА можуть відбуватися як без розгерметизації закритих джерел, так і з розгерметизацією. Характер радіаційного впливу визначається видом радіоактивного джерела, його активністю, умовами, терміном опромінення, тощо.

При аварії із закритими радіоактивними джерелами (ЗРД) у вигляді ампул або патронів невеликих розмірів (кілька сантиметрів) без розгерметизації опромінення зазнає обмежена кількість людей, що мали безпосередній контакт із джерелом, при цьому клініка опромінення має місцевий (локальний) характер з ушкодженням окремих частин тіла та органів або всього тіла.

У випадку розгерметизації радіонуклідного джерела можливе радіоактивне забруднення значних територій, рослинності, забруднення тіла людей, що мешкають на цій території.

Характер впливу на навколишнє середовище визначається агрегатним станом РР, що розповсюджуються в зовнішньому середовищі, і, тим самим, механізмом надходження радіонуклідів до організму людини. Велике значення має також комбінація радіоактивного забруднення з пожежею, вибухом, метеорологічними факторами.

Особливість РА полягає в складності установлення факту аварії. Про неї дізнаються після реєстрації променевого ушкодження.

Причинами РА найчастіше можуть бути:

- несправність устаткування;
- недоліки конструкції устаткування;
- неправильні дії персоналу ;
- стихійні лиха, різка зміна інтенсивності метеорологічних факторів (зливи, повені, висока швидкість вітру);
- недостатній фізичний захист ДІВ;
- порушення правил руху в разі транспортування радіоактивних матеріалів.

МАГАТЕ розробило систему поділу закритих радіонуклідних джерел на категорії згідно їх потенційної радіаційної небезпеки при найгіршому сценарії аварії, включаючи можливість диспергування РР і розповсюдження радіоактивного пилу та аерозолів в навколишнє середовище. Система базується на потенційній можливості таких наслідків РА, які можуть бути причиною детермінованих ефектів у людини. Ця система заснована на концепції (понятті) "небезпечного джерела",

визначеного як джерело, що може призводити до опромінення людей, достатнього для виникнення детермінованих ефектів, якщо воно не знаходиться під належним контролем. Залежно від виду практичної діяльності, типу виробу або установки, що містить ЗРД, і активності радіонукліда встановлені межі п'яти категорій небезпеки ЗРД таким чином, що найбільш небезпечні джерела належать до категорії 1 - у термінології МАГАТЕ - "надзвичайно небезпечно для людини", а найменш небезпечні - до категорії 5 - "небезпека для людини малоймовірна".

Мінімальна активність РР для окремих радіонуклідів, яка може призводити до важких детермінованих ефектів, називається *D - величиною* (від англ. dangerous - небезпечне).

**Заходи щодо запобігання промислових радіаційних аварій**

Головними напрямками щодо попередження РА й зменшення збитків від її наслідків є заходи з доцільного розміщення радіаційно-небезпечних об’єктів, спеціальні заходи щодо обмеження розповсюдження викидів РР за межі санітарно-захисної зони, заходи щодо захисту персоналу та населення. Береться до уваги роза вітрів, сейсмічність зони, геологічні, гідрогеологічні та ландшафтні особливості.

Важливим є постійне підвищення кваліфікації працівників, знання технологічних процесів та правил додержання радіаційної безпеки є гарантією зниження вірогідності виникнення РА.

Розрізняють *проектні, запроектні* та *гіпотетичні* аварії. До *проектних* (ПА) відносяться аварії, для яких проектом визначені початкові і кінцеві стани, на такі аварії передбачаються засоби безпеки.

До *запроектних* (ЗА) відносяться аварії, які не враховують початкові стани, міри радіаційного захисту на них не розраховані, наслідки вкрай тяжкі. При запроектних аваріях дуже велика вірогідність значного опромінення багатої кількості людей, радіоактивне забруднення розповсюджується на великі території. Мають місце великі матеріальні збитки.

*Гіпотетична* РА – маловірогідна аварія, наслідки якої важко передбачити. Разом з тим, такі аварії теж можуть мати місце в разі збігу декількох маловірогідних факторів.

Заходи, що спрямовані на попередження промислових РА, є комплексом технічних та організаційних умов, яких необхідно дотримуватись при експлуатації ДІВ на підприємстві. Запобіганню РА сприяє правильне розміщення радіологічного об’єкту відносно населеного пункту, а також приміщень, де працюють з ДІВ відносно інших приміщень, безпосередньо не пов’язаних з використанням ДІВ.

На кожному радіологічному об'єкті повинна бути Інструкція щодо дій персоналу у випадку РА та ліквідації їх наслідків, яка повинна включати:

- загальні положення;
- перелік та характеристику основних приміщень, де працюють з ДІВ, а також характеристику суміжних приміщень, де можуть працювати з хімічними та вибухонебезпечними речовинами;
- прогноз можливих аварій на даному об'єкті;
- перелік аварійних ситуацій, що є підставою для початку виконання заходів щодо ліквідації аварії;
- перелік обов'язків керівника підприємства під час РА;
- дії персоналу в разі виникнення аварійної ситуації;
- призначення складу та обов'язки комісії при ліквідації аварії;
- надання першої допомоги постраждалим.

Інструкція розробляється для конкретного об'єкту з урахуванням його особливостей

Придбання джерел і передача їх з одного підприємства на інше дозволяється тільки за спеціально оформленими замовленнями-заявками, узгодженими з відповідними територіальними органами.

Всі джерела, що використовуються на підприємстві, повинні бути оприбутковані в прибутково-видатковому журналі. На підприємстві повинна бути схема розміщення джерел на устаткуванні та місце знаходження такого устаткування.

Важливим моментом є дотримання умов експлуатації джерел, передбачених технічними умовами – температури, вологості, запорошеності, механічного та хімічного впливу та ін. Необхідно дотримуватися встановлених термінів експлуатації ДІВ та термінів їх заміни згідно з паспортом на дане джерело.

Монтаж і демонтаж джерел на устаткуванні дозволяється тільки особам, що мають спеціальну підготовку, ліцензію та за наявності проекту, який виконано ліцензованою установою.

При розміщенні джерела в захисному блоці на технологічному устаткуванні необхідно регулярно перевіряти надійність кріплення блоку з реєстрацією в спеціальному журналі. Наявність джерела в захисному контейнері повинно регулярно контролюватися за допомогою дозиметричного приладу, який має необхідну вимірювану спроможність.

При роботі з рухомим джерелом у разі тимчасового припинення робіт джерело переводиться в неробочий стан із пломбуванням механізму переміщення. Наявність пломби необхідно регулярно контролювати. Стаціонарні джерела, які не експлуатуються, необхідно демонтувати й тримати в спеціальному сховищі. Забороняється вилучення джерела із захисного блоку, якщо це не передбачено технологічною інструкцією.

При роботі з джерелом у польових умовах необхідно переконатися в його наявності в захисному блоці за допомогою дозиметричного приладу.

Необхідно регулярно контролювати рівні випромінювання і наявність радіоактивної забрудненості поверхні захисного блоку з джерелом.

По закінченню терміну експлуатації джерела блок із джерелом повинен бути демонтований і розміщений у спеціальному сховищі для подальшого поховання в могильнику державного об'єднання "Радон".

Зберігати джерела необхідно на спеціальних складах (сховищах), що обладнані підйомно-транспортними механізмами і охоронно-пожежною сигналізацією. Пакунки з РР повинні мати чіткі етикетки із зазначенням назви радіонукліду, його радіаційних та хімічних характеристик. Пакунки з порушеною цілісністю вважаються радіоактивними відходами.

Порушення санітарного стану приміщень, де працюють з ДІВ - протікання водопроводу або системи опалення, каналізації, що не призводять до порушення ходу виконання технологічного процесу і не обумовлюють надмірного опромінення персоналу, не вважаються РА.

Транспортування джерел здійснюється тільки на спеціально обладнаному транспорті, що має засоби для ліквідації РА, пожежі, а також дозиметричну апаратуру.

Всі роботи, пов'язані з виготовленням, застосуванням, транспортуванням і похованням РР, повинні проводитись при наявності ліцензії та у відповідності з інструкцією з радіаційної безпеки. При роботах з РР, там де це необхідно, повинні використовуватися засоби індивідуального захисту персоналу згідно вимог охорони праці.

**Порядок розслідування промислових радіаційних аварій**

Комплекс заходів радіаційної безпеки персоналу та населення при виникненні РА повинен забезпечити зведення до мінімуму негативних наслідків аварії, перед усім – запобігання виникнення детермінованих ефектів та мінімізацію ймовірності недетермінованих (стохастичних) ефектів. При виявленні РА треба здійснити термінові заходи, спрямовані на припинення розвитку аварії, відновлення контролю над джерелом випромінювання та зведення до мінімуму доз опромінення та кількості опромінених осіб із персоналу та населення, радіоактивного забруднення виробничих приміщень та навколишнього середовища, екологічних та соціальних збитків, які є наслідком аварії. Дії персоналу при виникненні РА на підприємстві повинні бути визначені «Інструкцією щодо дій персоналу у випадку радіаційної аварії» для даного об’єкту.

У разі виникнення промислової РА адміністрація підприємства повинна негайно повідомити територіальні органи Державної інспекції ядерного регулювання. У разі втрати, крадіжки джерела інформуються

також органи внутрішніх справ. До прибуття представників регулюючих органів на місце аварії адміністрація підприємства повинна провести всі невідкладні заходи для її локалізації й запобігання непередбачуваного переопромінення персоналу.

Для розслідування причин виникнення аварії і ліквідації її наслідків на підприємстві наказом створюється комісія під головуванням технічного директора або його заступника. До складу комісії залучаються представники регулюючих органів та спеціалізованих закладів, за участю і під контролем яких здійснюється ліквідація наслідків аварії.

Комісія встановлює причину аварії, визначає осіб, винних у виникненні аварії, а також розробляє заходи щодо ліквідації аварії та її наслідків. Комісія дає рекомендації адміністрації підприємства, спрямовані на запобігання подібних аварій у майбутньому.

При проведенні заходів, спрямованих на ліквідацію РА та її наслідків, основне завдання полягає в тому, щоб у найбільш короткий термін вирішити наступні питання:

- виявити й попередити розвиток аварії та ліквідувати її причину;
- запобігти можливості подальшого впливу іонізуючого випромінювання на персонал підприємства;
- виявити всі можливі осередки забруднення і уточнити можливі шляхи розповсюдження радіоактивного забруднення;
- попередити розповсюдження РР у навколишнє середовище;
- максимально можливо усунути наслідки РА;
- надати необхідну медичну допомогу постраждалим.

При розслідуванні та ліквідації наслідків аварії вирішують наступні питання:

- проведення попереднього радіаційного контролю;
- виявлення осіб, що могли зазнати аварійного опромінення і направлення їх у відповідні медичні заклади;
- контроль за забезпеченням радіаційної безпеки осіб, що приймають участь в розслідуванні та ліквідації аварії;
- контроль за рівнями радіоактивного забруднення виробничих приміщень та навколишнього середовища;
- гігієнічна оцінка радіаційної ситуації та індивідуальних доз опромінення персоналу, а також осіб, що приймають участь в аварійних роботах;
- оцінка ефективності дезактивації приміщень та санітарної обробки людей;
- розробка пропозицій з захисту персоналу та населення, а також проведенню необхідних санітарно-епідеміологічних заходів;
- контроль за вилученням, збиранням та захороненням радіоактивних відходів.

**Ліквідація наслідків і заходи щодо захисту персоналу та населення**

Юридичні особи, відповідальні за захист людей при РА, повинні мати:

- перелік можливих РА і прогнозів їх наслідків;
- плани захисту персоналу і населення, що погодже-ні з відповідними органами - місцевою владою та санітарно-епідеміологічною службою;
- засоби оповіщення;
- засоби забезпечення ліквідації наслідків РА;
- засоби індивідуального дозиметричного контролю;
- аварійно-рятувальне формування.

Всі роботи в зоні РА виконуються аварійним персоналом (аварійно-рятувальним формуванням), до складу якого входять персонал аварійного об’єкта та члени аварійних бригад, підготовлених заздалегідь. Можуть залучатися представники регіонального спецкомбінату, а також працівники спеціальних пусконалагоджувальних організацій, які мають відповідні ліцензії і досвід роботи з радіоактивними джерелами. Всі роботи виконуються на добровільних засадах з письмової згоди ліквідатора аварії. Чоловіки до 30 років, а також жінки до проведення подібних робіт не залучаються.

Заплановане підвищене опромінення «ліквідаторів», передбачене в розділі 7.19 НРБУ-97, допускається лише у виняткових випадках при необхідності порятунку людей або запобігання їх опроміненню, якщо відповідні захисні заходи не можуть бути забезпечені без проведення заходів, пов'язаних з перевищенням лімітів доз для персоналу категорії А.

При виникненні РА особа, відповідальна за радіаційну безпеку в установі, а при її відсутності на місці події - старший за посадою із числа персоналу, зобов'язаний прийняти термінові заходи щодо локалізації аварійної ситуації, запобігання її подальшого розвитку, зведення до мінімуму опромінення людей і радіоактивного забруднення виробничого й навколишнього середовища, що передбачені "Інструкцією щодо дій персоналу у випадку радіаційної аварії".

При встановленні факту РА відповідальні особи повинні негайно припинити проведення усіх видів робіт в її зоні, сповістити про це персонал та інших людей, що знаходяться поблизу від джерела, адміністрацію установи, а у разі потреби - диспетчерів швидкої медичної допомоги, пожежної охорони за допомогою системи оповіщення, існуючої на об'єкті. Відповідальний за радіаційну безпеку зобов'язаний негайно

доповісти адміністрації установи не лише про виникнення РА, але й про будь-яке порушення правил поводження з джерелами, оскільки таке порушення може призвести до розвитку аварії або бути сигналом прихованої аварії.

На підставі початкової інформації про аварію відповідальний за радіаційну безпеку або старший на ділянці здійснює наступні дії:

- припиняє роботи в зоні аварії;
- проводить попередній контроль радіаційної обстановки (радіаційний моніторинг);
- встановлює і позначає можливі (не остаточні) межі зони аварії;
- організовує виведення людей із зони РА і проводить заходи щодо обмеження доступу сторонніх осіб в небезпечну зону;
- виявляє людей, які потребують негайної медичної допомоги;
- організовує надання медичної допомоги потерпілим;
- дає попередню оцінку типу і масштабу аварії;
- визначає першочергові захисні заходи і призначає їх виконавців;
- організовує доставку захисних засобів, дозиметричної апаратури, іншого устаткування і матеріалів, необхідних для проведення першочергових захисних заходів;
- організовує індивідуальний дозиметричний контроль (ІДК) за допомогою дозиметрів, у разі їх відсутності забезпечує проведення ІДК за допомогою термолюмінесцентної дозиметрії (ТЛД) і забезпечує зведення до мінімуму опромінення людей при проведенні захисних заходів.

На аварійно-небезпечних ділянках, у санітарному пропускнику та в медпункті повинні бути аптечки з набором засобів для першої медичної (долікарської) допомоги, а також запас засобів для дезактивації та санітарної обробки людей. У разі великої кількості постраждалих медична допомога у першу чергу надається дітям і жінкам.

Обмеження зони РА слід здійснювати негайно після припущення про можливу радіаційну небезпеку на підставі первинної інформації про обставини і можливі масштаби аварії, результатів дозиметричних і радіометричних вимірів. Обмеження зони РА позначається так, щоб потужність дози гамма-випромінювання за її межами для осіб, що не беруть участі у виконанні конкретних аварійних робіт, не перевищувала 10мкЗв·год.$^{-1}$ для персоналу у виробничих приміщеннях і на території радіаційного об'єкту і 1мкЗв·год.$^{-1}$ - для населення у місцях знаходження людей поза виробничими приміщеннями і територією радіаційного об'єкту. На існуючих фізичних і дисциплінуючих бар'єрах (стіни, двері, огорожі, натягнуті стрічки, що добре розпізнаються з відстані 3м, тощо) і спеціальних загорожах вивішують попереджувальні написи, що сповіщають про радіаційну небезпеку і про заборону входу в зону РА. При великих розмірах зони, у разі необхідності, її межі охороняються силами допоміжного персоналу, органів внутрішніх справ, військовослужбовців

тощо. У процесі уточнення радіаційної обстановки межі зони РА можуть корегуватися.

Контроль доступу в зону РА і виходу з неї вводиться відразу після обмеження зони. Контроль доступу запобігає опроміненню непричетних до аварії людей і зводить до мінімуму кількість людей, які можуть бути опромінені або стати розповсюджувачами радіоактивного забруднення, скорочує трудомісткі і дорого вартісні роботи з радіаційного контролю і дезактивації людей, їх одягу і особистих речей. У зоні аварії можуть знаходитися тільки члени аварійної бригади, що виконують конкретні, передбачені планом протиаварійні роботи. Особи, що не виконують у даний момент роботи з ліквідації аварії, повинні покинути небезпечну зону або перейти в укриття.

Скорочення тривалості контакту з джерелом за допомогою ретельного планування і кваліфікованої організації протиаварійних робіт дозволяє істотно знизити індивідуальні і колективну дози опромінення. Слід виключити усі роботи, окрім обґрунтовано необхідних.

При виконанні робіт з ліквідації РА та її наслідків забороняється:

- за наявності радіоактивного забруднення виконувати роботи без засобів індивідуального захисту - респіраторів, комбінезонів, спец. взуття, гумових рукавичок, головних уборів;
- знаходитися в зоні РА без засобів індивідуального дозиметричного контролю;
- виносити із зони РА будь-які предмети без попереднього дозиметричного контролю;
- курити й приймати їжу в зоні РА.

Для захисту людей від зовнішнього гамма-випромінювання екранування включає використання існуючих (стіни, устаткування, тощо) або спеціально створених захисних бар'єрів, що знижують рівні опромінювання.

Усі працюючі в зоні мають бути оснащені індивідуальними (бажано термолюмінесцентними) дозиметрами і дозиметрами інтегруючого типу, що дозволяє під час роботи стежити за динамікою накопичення дози і запобігати опроміненню вище запланованого (дозволеного) рівня.

Захист від внутрішнього опромінення при високих рівнях радіоактивності повітря в зоні аварії має бути забезпечений застосуванням засобів індивідуального захисту органів дихання - респіраторів, протигазів або ватно-марлевих масок. Захист шкіри забезпечується використанням комбінезонів, робочого одягу, гумового взуття, рукавичок, головних уборів, окулярів-консервів.

Санітарна обробка людей, зміна одягу і дезактивація робочих поверхонь проводяться при перевищенні допустимих рівнів радіоактивного забруднення, зазначених в НРБУ-97.

Дезактиваційні роботи на території і в приміщеннях починають після радіаційного контролю і оцінки радіаційної обстановки. При забрудненні короткоживучими радіонуклідами іноді доцільніше почекати деякий час, протягом якого суттєво знизиться потужність дози, при цьому забезпечивши охорону зони, ніж негайно проводити дезактивацію. Цей захід вирішується в кожному випадку індивідуально.

Перед початком робіт по ліквідації наслідків аварії проводиться інструктаж персоналу з питань радіаційної безпеки з роз'ясненням характеру і послідовності робіт. При необхідності і можливості слід проводити попереднє відпрацювання майбутніх операцій на нерадіоактивних макетах або муляжах.

Роботи з ліквідації наслідків аварії і здійснення інших заходів у зоні, де потужність дози гамма-випромінювання вища 100мкЗв год$^{-1}$, проводяться за спеціальним допуском, в якому передбачаються тривалість роботи, необхідні засоби захисту і дозиметричного контролю.

При виявленні радіоактивного забруднення житлових приміщень забороняється проживання в них людей до проведення відповідних заходів щодо нормалізації радіаційної обстановки. У приміщеннях слід провести радіаційний контроль забрудненості підлоги, стін, меблів, устаткування, побутової техніки, одягу. Забруднені поверхні підлягають дезактивації, а предмети домашнього вжитку - дезактивації або похованню. Після завершення дезактиваційних робіт за результатами радіаційного контролю складаються акт і протоколи радіаційного контролю. Проводиться оцінка отриманих доз опромінення мешканцями, які у разі необхідності направляються на позапланове медичне обстеження.

У разі втрати або можливої крадіжки джерела слід негайно повідомити органи внутрішніх справ для проведення спеціального розслідування з метою виявлення причетних осіб і розшуку джерела випромінювання, а також інформувати населення про втрату джерела, охарактеризувавши його зовнішні прикмети, а також вказати дані для зворотного зв'язку (номери телефонів, адресу електронної пошти) на випадок виявлення джерела громадянами або підозрі на джерело.

Для пошуку джерела створюється пошукова бригада з персоналу категорії А та співробітників служби радіаційної безпеки радіологічного об'єкту. До складу бригади при необхідності залучаються співробітники об’єднання «Радон» і органів МВС. Перед виїздом бригади аналізуються найбільш вірогідні місця знаходження джерела і визначається маршрут руху.

Для членів бригади проводять інструктаж з питань тактики пошуку і заходів радіаційної безпеки у разі знаходження джерела. Бригада забезпечується індивідуальними дозиметрами, дистанційним інструментом, контейнером для джерела, комплектами захисного одягу на випадок радіоактивного забруднення, засобами огородження зони аварії та

дозиметричними і радіометричними пошуковими приладами. Серед них мають бути як прилади з чутливістю, достатньою для виміру природного фону гамма-випромінювання, так і прилади для виміру великої потужності дози, або прилади з широким діапазоном дозиметричних величин. Найбільш зручними є прилади для дистанційних вимірів, в яких детектор випромінювання розташований на кінці телескопічної штанги. Це дозволяє знизити дозу опромінення оператора шляхом збільшення відстані від дозиметриста до джерела випромінювання.

Для радіаційної розвідки великих територій застосовують аеро- або/і автомобільну гамма-зйомку. Швидкість руху автомобіля не повинна перевищувати 10 км/год. При виявленні підвищеного рівня гамма-випромінювання проводиться наземний пішохідний пошук за допомогою переносних дозиметричних приладів (СТОРА-ТУ, ТЕРРА та інших).

При виявленні загубленого джерела необхідно зняти картограму потужності дози гамма-випромінювання поблизу нього, визначити зону РА, видалити з неї людей, не причетних до аварійних робіт. Потім визначають найбільш безпечні в радіаційному відношенні підходи до джерела, готують дистанційний інструмент і контейнери і планують операцію так, щоб опромінення учасників операції було мінімальним. Джерело переноситься в захисний контейнер за допомогою дистанційного інструментарію і при можливості, використовуються додаткові засоби індивідуального захисту.

Після того, як джерело розміщене в контейнері, проводиться ретельне дозиметричне обстеження місця біля контейнера з джерелом, а також радіометричне обстеження місця, де джерело було виявлене, для визначення наявності радіоактивного забруднення або підтвердження його відсутності. Виявляються особи, які могли отримати додаткове променеве навантаження, визначаються шляхом розрахунків приблизні дози опромінення. За наявності радіоактивного забруднення внаслідок ушкодження оболонки закритого джерела необхідно провести контроль поверхневого забруднення одягу та відкритих ділянок тіла осіб, що мали контакт із джерелом. Розгерметизовано радіонуклідне джерело не ремонтується, завжди вважається радіоактивними відходами і підлягає захороненню.

При перевезенні контейнера з джерелом слід дотримуватися вимог «Правил ядерної та радіаційної безпеки при перевезенні радіоактивних матеріалів» (ПБПРМ-2006**).**

Якщо перевезення контейнера з джерелом може спричинити опромінення персоналу і населення вище основних лімітів доз, встановлених НРБУ-97 для умов нормальної експлуатації джерел випромінювання, слід залишити контейнер на зберігання в надійних умовах, забезпечивши охорону і використавши застережливі знаки, після

цього розробити і забезпечити найбільш безпечний варіант транспортування.

В якості застережливого міжнародною організацією по стандартизації спільно з МАГАТЕ в 2007 р. введено новий знак радіаційної небезпеки, на якому в трикутнику на червоному тлі зображені у вигляді хвилястих стрілок промені, що випромінюються джерелом - трилисником, а також череп і людина, яка втікає від них. За думкою МАГАТЕ, цей знак буде краще сповіщати про небезпеку від радіоактивного джерела.

Якщо джерело не знайдене, то рішення про призупинення або повне припинення пошуку приймається комісією за узгодженням з регулюючими органами і відповідними органами Міністерства внутрішніх справ.

Особи, які при ліквідації аварії отримали дози опромінення 100мЗв і вище, а також ті, що мають клінічні прояви променевої патології, направляються на обстеження та лікування в спеціалізовані медичні заклади – Київський республіканський диспансер радіаційного захисту, Науковий центр радіаційної медицини НАМН України та Харківський НДІ медичної радіології. Акт розслідування причин РА представляється у вищі органи, а також в Державну інспекцію ядерного регулювання України. Зазначені регулюючі органи повинні зробити відповідні висновки щодо попередження подібних РА.

## Контрольні питання

1. Мета та задачі забезпечення радіаційної безпеки.
2. Основні принципи радіаційної безпеки.
3. Чинні норми радіаційної безпеки України: Норми радіаційної безпеки України НРБУ-97; Основні санітарні правила України ОСПУ- 97.
4. Міжнародні та українські законодавчі акти по забезпеченню радіаційної безпеки.
4. Система дозиметричних величин.
5. Основні радіаційно-гігієнічні регламентовані величини, ліміти доз та допустимі рівні. Види зон радіоактивного зпбруднення.
6. Інструментальні методи радіаційної безпеки. Методи радіо- та дозиметрії.
7. Радіоаційно небезпечні обєкти.
8. Організація радіаційної безпеки.
9. Заходи з радіаційної безпеки на об'єкті та прилеглій території; персоналу, населення.
10. Загальна характеристика та класифікація промислових радіаційних аварій.
11. Заходи щодо запобігання промислових радіаційних аварій.
12. Порядок розслідування промислових радіаційних аварій.

13. Ліквідація наслідків і заходи щодо захисту персоналу та населення.

## ЛЕКЦІЇ 10 – 15

## 2. ПОВОДЖЕННЯ З РАДІОАКТИВНИМИ ВІДХОДАМИ [1,3,4,5,6]

### 2.1. Екологічні ризики ядерного паливного циклу.

**Атомна енергетика: негативні та позитивні наслідки для екології.**
Атомна енергетика — стала технологія

Згідно з цим принципом при оцінці сталості енерговиробництва необхідно враховувати такі фактори:
1. доступність і ефективність палива;
2. землекористування;
3. екологічні наслідки розміщення відходів;
4. можливості повторного енергетичного циклу;
5. доступність і конкурентоспроможність, включаючи сюди зовнішні та соціальні витрати;
6. кліматичні зміни.

Порівняно з іншими способами виробництва енергії атомна енергетика має низку переваг:
1. Основа ядерного палива — уран, який, крім атомної енергетики, не має іншого конструктивного застосування. Україна має власні поклади урану. Також уранові родовища є в багатьох політично стабільних країнах. Величезна кількість урану міститься у морській воді. За оцінками фахівців, його світових запасів вистачить на декілька тисячоліть
2. АЕС вимагають найменшої площі у порівнянні з іншими електростанціями.
3, 6. Відходи ядерної енергетики є досить малими за об’ємами порівняно з відходами теплової енергетики, велика частина відходів якої розпорошується в атмосфері, і визнана сьогодні головною складовою парникових газів. На сьогодні лише ядерна та гідроенергетика є серйозними джерелами безвуглецевого та економічного виробництва енергії, які не впливають на процеси глобального потепління.
4. У процесі роботи в паливі утворюються довгоживучі радіонукліди: америцій (Am), кюрій (Cm), нептуній (Np), технецій-99 та йод-129. (На сьогодні розроблені і випробувані технології, завдяки яким довгоживучі радіонукліди (з періодом піврозпаду в десятки й сотні тисяч років) вилучаються з відпрацьованого ядерного палива і піддаються трансмутації у швидких реакторах. У такому випадку замкнений ядерно-паливний цикл

є екологічно прийнятним, бо вимагає контролю за збереженням вилучених високоактивних відходів (у тому числі стронція-90 і цезія-137) протягом лише 100—200 років. Після падіння активності ці відходи заховуються з дотриманням принципу радіаційно-міграційної еквівалентності (згідно з цим принципом, разом з відходами у земних глибинах ховається така ж кількість радіонуклідів, як і в добутому природному урані).

5. При економічній оцінці будь-якої технології енерговиробництва необхідно враховувати повні зовнішні та соціальні витрати, зокрема екологічні ефекти для паливного циклу, вплив на суспільство (в т. ч. на зайнятість, здоров'я тощо) у локальному, регіональному та глобальному вимірах. Зовнішні витрати в ядерній енергетиці покривають потенційні витрати у випадку великих аварій, імовірність яких є малою. Якщо враховувати лише експлуатаційні та фінансові витрати, то найдешевшими є ядерна енергія та природний газ. Якщо брати до уваги й зовнішні витрати, то найвигіднішою стає ядерна енергія.

Негативні сторони ядерної енергетики.

Головні чинники техногенного впливу експлуатації АЕС на об'єкти навколишнього середовища:

- негативний вплив на людей у технологічних системах;
- стік поверхневих і грунтових вод, що містять хімічні та радіоактивні компоненти;
- зміна характеру землекористування й обмінних процесів у безпосередній близькості від АЕС;
- зміна мікрокліматичних характеристик прилеглих районів внаслідок виникнення джерел тепла (гридарень, водойм, охолоджувачів) при експлуатації АЕС.
- викиди радіоактивних та токсичних речовин – постійні (які перебувають під контролем персоналу АЕС) та залпові (аварійні) (див.

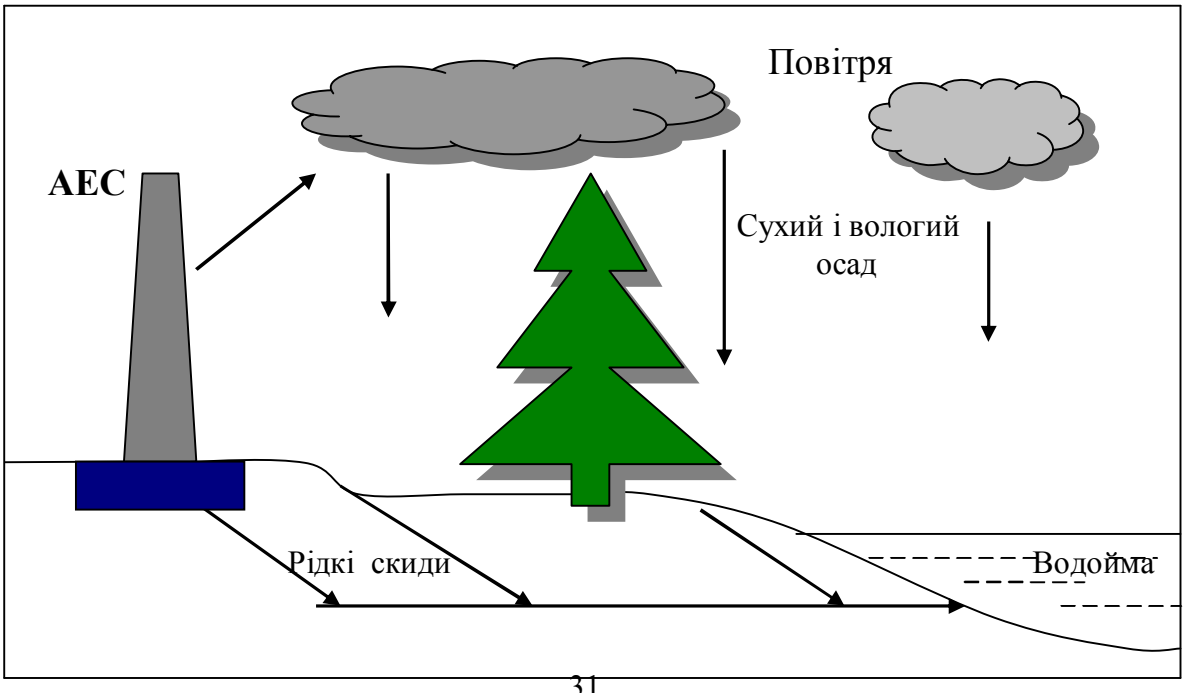




Рис.2.1. Повітряні, поверхневі та підземні міграції радіонуклідів у навколишньому середовищі

рис.2.1).

Ядерна енергетика дає значно менше відходів, ніж інші енергогенеруючі технології, але відходи існують. Безпека поховання великої кількості радіоактивних відходів (РАВ) на десятки і сотні тисяч років викликає сумнів через надійність таких довготривалих фізично-геологічних прогнозів.

На більшості АЕС у світі використовують реактори на теплових нейтронах, які працюють за одно контурною або двоконтурною схемою, кожна з яких має свої переваги та недоліки. За своєю конструкцією реактори поділяються на водо-водяні енергетичні реактори ВВЕР (LWR і PWR – у іноземній літературі) та уран-графітові канальні реактори – реактор великої потужності канальний РВПК (BWR). Вводяться в експлуатацію реактори на швидких нейтронах – БН (LMFBR) із трьох контурною системою тепловідводу.

Шляхи міграції шкідливих речовин показані на рис. 1.

Усі нині діючі українські енергоблоки використовують теплові легководні реактори ВВЕР (LWR). LWR вимагають збагаченого урану, що зумовлює залежність неядерних країн від постачальників ядерного палива. Тому деякі держави (зокрема Румунія) будують важководні реактори (HWR), де використовується паливо з природного незбагаченого урану. Глибина вигоряння палива у HWR у 4–6 разів менша, ніж у LWR, а це збільшує об’єми відпрацьованого ядерного палива (ОЯП) та зумовлює потребу в більш містких сховищах.

Окрім того, існуючі на сьогодні технології переробки ОЯП передбачають вилучення з нього плутонію, а створення власних збагачувальних комбінатів і потужностей для переробки ОЯП у неядерних країнах дає їм можливість напрацьовувати збройовий уран і плутоній на основі цілком легальних каналів атомної енергетики. Ще одним недоліком LWR є те, що в якості палива в них використовується $^{235}U$, запасів якого у розвіданих на сьогодні родовищах вистачить лише на 50 –100 років.

Головним негативним моментом експлуатації АЕС є небезпека аварій і пожеж на них, які, як свідчить досвід, приводять до серйозних негативних наслідків. Отже, одною з актуальних проблем експлуатації АЕС є забезпечення ядерної, радіаційної й пожежної безпеки роботи станції в усіх режимах, включаючи аварійний, яке досягається як технічними заходами, так і врахуванням людських чинників.

## 2.2. Регулювання у сфері використання ядерних технологій.

У Нормах радіаційної безпеки України визначено ряд термінів, пов'язаних з аваріями на АЕС.

*Аварія радіаційна* – будь-яка незапланована подія на будь-якому об'єкті з радіаційною чи радіаційно-ядерною технологією, якщо при вини кненні

цієї події виконуються дві необхідні і достатні умови: втрата контролю над джерелом; реальне (або потенційне) опромінення людей, пов'язане з втратою контролю над джерелом.

*Аварія радіаційно-ядерна* – будь-яка незапланована подія на об’єкті з радіаційно-ядерною технологією, яка відбувається з одночасною втратою контролю над ланцюговою ядерною реакцією і виникненням реальної чи потенційної загрози самочинної ланцюгової реакції.

*Аварія комунальна* – радіаційна аварія, наслідки якої не обмежуються приміщеннями об'єкта і його промисловим майданчиком, а й поширюються на оточуючі території, де проживає населення, яке може реально або потенційно зазнавати опромінення.

*Аварія глобальна* – комунальна радіаційна аварія, під вплив якої потрапляє значна частина (чи уся) території країни і її населення.

*Аварія локальна* – комунальна радіаційна аварія, під час якої в зоні аварії проживає населення загальною чисельністю до 10 тис. чоловік.

*Аварійне опромінення* – непередбачуване підвищене опромінення персоналу та/або населення внаслідок радіаційної аварії.

*Аварійний план* – план дій у випадку аварії на будь-якому об'єкті, де здійснюється практична діяльність, пов'язана з радіаційними або радіаційно-ядерними технологіями.

*Аварія промислова* – радіаційна аварія, наслідки якої не поширюються за межі території виробничих приміщень і проммайданчика об'єкта, а аварійного опромінення зазнає лише персонал.

*Межі безпечної експлуатації АЕС* - встановлені проектом значення параметрів технологічного процесу, відхилення від яких можуть призвести до аварії.

Міжнародна шкала ядерних подій (INES) визначає термін аварія як подія, пов'язане з порушенням меж безпечної експлуатації, яка має три основні види для АЕС:

*радіаційна* – подія, що характеризує порушення меж безпечної експлуатації, за якого стався вихід радіоактивних продуктів і/або іонізуючих випромінювань за передбачені межі в кількостях, що перевищують встановлені для нормальної експлуатації значення, що потребує припинення експлуатації АЕС;

*ядерна* – подія, що характеризує пошкодження твелів понад встановлених меж безпечної експлуатації, та/або опромінення персоналу понад допустимого для нормальної експлуатації, викликане порушенням контролю і управління ланцюговою ядерною реакцією поділу в активній зоні реактора або утворенням критичної маси під час перевантаження, транспортування і зберігання твелів; порушення тепловідведення від твелів;

*технічна* – подія, що характеризує втрату міцності обладнання і трубопроводів, відмови яких можуть призвести до порушення відведення тепла від активної зони реактора і здатності утримувати в герметичній зоні виділилися РВ.

Розподіл аварій на радіаційні, ядерні та технічні для АЕС є дуже умовним, оскільки виникнення ядерної або технічної аварії може привести до радіаційної аварії.

За розповсюдження радіонуклідів у навколишньому просторі аварії поділяються на три типи: локальна, місцеву та загальну.

*Локальна аварія* – радіаційні наслідки обмежуються однією будівлею або спорудою на проммайданчику реактора (потрібне проведення певних заходів щодо захисту персоналу).

*Місцева аварія* – радіаційні наслідки обмежуються територією проммайданчика (потужність дози в деяких приміщеннях і на території майданчика вище проектного значення для нормальної експлуатації реактора, потрібне проведення заходів щодо захисту персоналу).

*Загальна аварія* – радіаційні наслідки поширюються за межі території проммайданчика та санітарної захисної зони (СЗЗ) реактора (потужність дози і рівень забруднення навколишнього середовища радіонуклідами у районі розташування реактора не вище встановлених меж для нормальної експлуатації, необхідно проведення тих чи інших заходів щодо захисту населення).

За INES важка аварія визначена як подія на АЕС, при якому відбулося порушення бар'єрів безпеки з пошкодженням активної зони і викидом у навколишнє середовище великої кількості радіоактивних продуктів, що нагромадилися в активній зоні.

Згідно сучасним міжнародним тенденціям формулювання експлуатаційних і аварійних станів АЕС характеризуються умовами нормальної експлуатації і відхиленнями від умов нормальної експлуатації (не перейшли в аварію/аварійну ситуацію); аварійний стан визначається як проектна або запроектна аварія.

Під *проектною аварією* (ПА) розуміється аварія, для якої проектом визначені вихідні події (ВП) і кінцеві стани та передбачені системи безпеки (СБ), що забезпечують (з урахуванням принципу одиничної відмови системи (каналу системи) безпеки або однієї незалежної від ВП помилки персоналу) обмеження її наслідків установленими для таких аварій межами.

*Запроектна аварія* (ЗА) - це аварія, викликана неурахованими для ПА вихідними подіями або супроводжується додатковими в порівнянні з ПА відмовами СБ понад одиничної відмови або реалізацією помилкових дій персоналу (незалежних від ВП).

Сучасні загальні положення безпеки України (ЗПБУ) визначають також важку аварію як ЗА, при якій відбувається важке пошкодження

активної зони (перевищення максимальної проектної межі пошкодження твелів). При цьому, відповідно до ЗПБУ, слід розрізняти поняття аварій і аварійних ситуацій. Аварія - це порушення експлуатації АЕС, при якому стався вихід радіоактивної речовини (РР) та/або ІІ за межі безпечної експлуатації, а аварійна ситуація - стан АЕС, що характеризується порушенням меж і/або умов безпечної експлуатації, але не перейшов в аварію.

При цьому на відміну від попередніх положень норм безпеки передбачається, що:

1) у ПА входять також аварійні стани, які не враховувалися в проектах, але охоплені проектним аналізом і обґрунтуванням;

2) ЗА входять як аварії з пошкодженням активної зони, так і без ушкодження активної зони;

3) термін управління аварією застосовується тільки до ЗА.

Допустимі значення скидання і викиду РР в навколишнє середовище є детерміністськими критеріями безпеки при аваріях на АЕС.

Згідно НРБУ:

*допустимий викид* – регламентований максимальний сукупний рівень газоаерозольних викидів. Допустимий викид - викид, при якому сумарна річна ефективна доза представника критичної групи населення (за межами СЗЗ) за рахунок усіх радіонуклідів, присутніх у викиді, не перевищує квоту межі дози;

*допустимий скид* – регламентований максимальний сукупний рівень водного скидання. Допустимий скид - скид, при якому сумарна річна ефективна доза представника критичної групи населення за рахунок усіх присутніх у скиді радіонуклідів, не перевищує квоту межі дози;

квота межі дози - частка межі ефективної дози (DLE) для категорії В, що виділена для режиму нормальної експлуатації окремого індустріального джерела.

## Основні нормативні вимоги і положення по управлінню аваріями на АЕС.

Відповідно до норм і правил безпеки ядерної енергетики України, а також міжнародного досвіду та рекомендацій МАГАТЕ на АЕС повинні бути впроваджені спеціальні керівництва або процедури для управління запроектними і важкими аваріями.

Концепція в принципі відображена в ОПБ України, а в нормативних документах вона доповнюється деякими більш конкретними вимогами. У основному ці вимоги співпадають з рекомендаціями МАГАТЕ. Концепція будується на вимозі обмежувати радіаційний вплив при ЗА шляхом застосування заходів з управління аваріями і здійснення на майданчику АЕС і навколишньої місцевості планів заходів щодо захисту персоналу та

населення. Ці заходи становлять частину глибоко ешелонованої захисту і передбачені ЗПБО.

Основні вимоги до експлуатаційної документації з управління аваріями наступні.

1. Адміністрація АЕС на основі звітів з аналізу безпеки, технологічного регламенту безпечної експлуатації та інших експлуатаційних документів організовує розроблення і затвердження інструкцій та настанов, які визначають дії персоналу у випадку порушень нормальної експлуатації, аварійних ситуацій, проектних і запроектних аварій, у тому числі й важких.

2. Інструкції та настанови ґрунтуються на симптомах і/або подіях, режимах і станах енергоблоку, очікуваних у процесі розвитку перехідних процесів, аварійних ситуацій і аварій. Протиаварійні інструкції і настанови приводяться у відповідність до інших експлуатаційних інструкцій і регламентів.

3. Вимоги протиаварійних інструкцій та настанов обґрунтовуються розрахунковим шляхом, проходять верифікацію і валідацію з метою відображення фактичного стану АЕС і умов її експлуатації. Валідація протиаварійних інструкцій і посібників проводиться за допомогою повномасштабних тренажерів.

4. Аналіз наслідків ЗА є основою для складання планів заходів щодо захисту персоналу, населення, а також для складання спеціальних інструкцій персоналу з управління такими аваріями. Правила безпеки ядерних реакторних установок атомних станцій (ПБЯ РУ АС) також встановлюють вимоги щодо розробки спеціальних інструкцій, що визначають дії персоналу по забезпеченню безпеки, а також заходи з підготовки персоналу до таких дій.

Дії персоналу направляються на відновлення визначальних функцій безпеки (ФБ) і на обмеження радіаційних наслідків аварії. Інструкції з управління ЗА повинні входити в комплект документів, що обґрунтовують безпеку енергоблоків АЕС при ліцензування всіх етапів життєвого циклу АЕС: ввід після спорудження енергоблоку, експлуатація діючого енергоблоку і зняття з експлуатації.

З метою локалізації на АЕС повинні передбачатися технічні засоби для запобігання пошкодження герметичного огородження і його залізобетонних конструкцій при підйомі тиску і температури вище проектних значень, утримання розплавленого палива всередині зони локалізації аварій із забезпеченням підкритичності розплавленого палива, запобігання вибуху водню, обмеження викидів радіоактивних продуктів в навколишнє середовище. Системи безпеки, призначені для локалізації аварії, і їх елементи (у тому числі захисна оболонка) повинні виконувати такі основні ФБ:

1) запобігати або обмежувати поширення радіоактивних речовин, які виділяються при аваріях, за межі зони локалізації аварії (ЗЛА);
2) захищати від зовнішніх впливів навколишнього середовища системи та/або елементи, відмова яких може призвести до викиду РВ, яке перевищує проектне значення витоку;
3) обмежувати вихід іонізуючого випромінювання за межі ЗЛА;
4) знижувати тиск середовища в ЗЛА;
5) відводити тепло з ЗЛА;
6) знижувати концентрацію РВ в ЗЛА;
7) контролювати концентрацію вибухонебезпечних газів у ЗЛА;
8) підтримувати концентрацію вибухонебезпечних газів у ЗЛА менше нижньої концентраційної межі поширення полум'я. В проекті АЕС також повинен міститися аналіз функціонування ЛСБ при впливах, пов'язаних з важкими ушкодженнями активної зони і виходом розплаву за межі реактора.

Згідно загальноєвропейським вимогам безпеки необхідний такий підхід до проектування системи захисної оболонки, який пом'якшує наслідки руйнування активної зони за рахунок:
1) утримання та охолодження фрагментів активної зони;
2) ефектів взаємодії активної зони і бетону;
3) обмеження витоків з урахуванням навантажень, пов'язаних з окисленням оболонок твелів і горінням водню (з поправкою на заходи, що забезпечують видалення водню) та інших навантажень в найбільш ймовірнісних технічних аваріях (ТА);
4) збільшення інтервалу часу для управління аварією, протягом якого потрібне втручання оператора.

У відповідності з сучасними загальними положеннями забезпечення безпеки АЕС під управлінням аварією розуміються дії, спрямовані на запобігання розвитку аварій в запроектні та на ослаблення наслідків. Для цих цілей дій повинні бути використані будь-які засоби, призначені для нормальної експлуатації, для забезпечення безпеки при проектній аварії або спеціально призначені для зменшення наслідків.

НРБУ встановлює квоти меж доз, які використовуються для визначення допустимих викидів і скидів на АЕС:

1) квота межі ефективної дози DLE за рахунок всіх шляхів формування дози - 40 мкЗв (4 %);
2) квота межі ефективної дози DLE за рахунок критичного виду водовикористання - 10 мкЗв (1 %);
3) сумарна квота ліміт ефективної дози за рахунок повітряного і водного шляхів формування дози - 80 мкЗв (8 %).
4) На підставі квоти межі дози для кожного окремого об'єкту встановлюються допустимі скиди та допустимі викиди. При встановленні величин допустимого скидання та допустимого викиду

повинні враховуватися міграція радіонуклідів у навколишньому середовищі і по харчових ланцюгах, структура землекористування і фактичне використання водойм.

Обмеження опромінення основного персоналу, зайнятого на аварійних роботах, здійснюється так, щоб не були перевищені встановлені НРБУ значення регламентів першої групи для категорії А. На час робіт в умовах комунальної радіаційної аварії залучений персонал прирівнюється до категорії А. При цьому повинні бути вжиті всі заходи для того, щоб величина сумарного опромінення не перевищила 100 мЗв.

У випадку ТА на АЕС загальноєвропейські вимоги визначають наступні детерміністські критерії безпеки:

1) уламки активної зони знаходяться в твердій фазі, а їх температура є стабільною або зменшується;

2) тепловиділення уламків активної зони відводиться і переноситься до кінцевого стоку тепла;

3) конфігурація уламків така, що $К_{еф}$ значно нижче 1;

4) тиск в обсязі ЗО настільки низький, що у разі розгерметизації ЗО задовольняється критерій обмеження радіаційних наслідків для населення;

5) припинився вихід продуктів поділу в обсяг ЗО.

Також вимогами нормативних і проектно-конструкторських документів встановлюються такі детерміністські критерії безпеки:

1) допустимі значення тиску, температури, вологості середовища і концентрацій водню в системі ГО;

2) допустимі характеристики конструкцій металу обладнання і трубопроводів;

3) допустимі нещільності фізичних бар'єрів безпеки;

4) допустимі сейсмічні навантаження;

5) правила пожежної безпеки та ін.

ЗПБУ встановлюють також імовірнісні критерії безпеки для діючих і проектованих енергоблоків АЕС, а також цільові показники, до яких необхідно прагнути (табл. 2.1).

Таблгща 2.1. Імовірнісні критерії безпеки АЕС

| Критерій безпеки | Діючі АЕС 1/(реактор·рік) | Проектні АЕС 1/(реактор·рік) | Цільові показники 1/(реактор·рік) |
|---|---|---|---|
| Частота тяжкого пошкодження активної зони реактора | $10^{-4}$ | $10^{-5}$ | $10^{-5} \div 5 \cdot 10^{-6}$ |
| Частота граничного аварійного викиду РР у навколишкє середовище | $10^{-5}$ | $10^{-6}$ | $10^{-6} \cdot 10^{-7}$ |

Нормовані імовірнісні критерії безпеки мають важливе значення не тільки для регулювання безпеки АЕС (можливість кількісної оцінки загального рівня безпеки; оцінки впливу модернізації на сумарні показники безпеки; вплив процесів деградації/старіння на загальний рівень безпеки; обґрунтування продовження експлуатації та ін.), але і для формування експлуатаційної документації щодо управління запроектними і важкими аваріями. Встановлені імовірнісні критерії безпеки визначають необхідність і фактично «узаконюють» застосування імовірнісних методів і ризик-орієнтованих підходів аналізу безпеки. цільові показники.

Разом з тим слід відзначити, що до теперішнього часу відсутнє однозначне ставлення фахівців до доцільності широкого застосування імовірнісних критеріїв безпеки. Позиції опонентів імовірнісних критеріїв безпеки в основному побудовані на тому, що малі ймовірності виникнення аварії фактично не виключають можливість таких неприпустимих для людства подій як Чорнобильська катастрофа.

## 2.3. Поводження з відпрацьованим ядерним паливом та радіоактивними відходами

### Законодавчі та нормативно-правові бази у сфері поводження з радіоактивними відходами.

Діяльність при поводженні з радіоактивними відходами (РАВ), включаючи розміщення радіоактивних відходів в об'єкті, призначеному для поводження з РАВ без наміру їх використання (захоронення РАВ); розміщення РАВ у об'єктах, в яких забезпечується ізоляція від навколишнього природного середовища, фізичний захист і радіаційний моніторинг, з можливістю наступного вилучення, переробки та перевезення (зберігання РАВ); іммобілізацію РАВ (переведення РАВ у різні фазові стани); дезактивацію, збір, сортування РАВ; систематизацію відомостей станом об'єктів захоронення/зберігання РАВ; операції з підготовки РАВ для перевезення, зберігання та захоронення; переробку і забезпечення безпеки, регулюється законами України «Про використання ядерної енергії та радіаційну безпеку», «Про поводження з радіоактивними відходами», «Про дозвільну діяльність у сфері використання ядерної енергії», «Про відходи», «По охороні навколишнього середовища» та іншими нормативно-правовими актами як галузевого, так і міжгалузевого рівня.

Згідно з чинним законодавством під РАВ розуміються матеріальні об'єкти та субстанції, активність радіонуклідів або радіоактивне забруднення яких перевищує межі, встановлені діючими нормами, за умови, що використання цих об'єктів та субстанції не передбачається, а під

об'єктом, призначеним для поводження з РАВ – споруда, приміщення або обладнання, призначене для збирання, перевезення, переробки, зберігання або захоронення радіоактивних відходів. Радіаційна безпека при поводженні з РАВ – неперевищення допустимих меж радіаційного впливу на персонал, населення і навколишнє природне середовище, встановлених нормами, правилами, стандартами з безпеки, а також обмеження міграції РАВ у навколишнє середовище.

**Мета, принципи, критерії та основні вимоги забезпечення безпеки при захороненні радіоактивних відходів**

Метою забезпечення безпеки при захороненні радіоактивних відходів (РАВ) є їх надійна ізоляція, що забезпечує радіаційну безпеку людини та навколишнього середовища на весь період потенційної небезпеки РАВ.

При захороненні РАВ повинні дотримуватися наступні принципи:

Радіаційний вплив, пов'язаний із захороненням РАВ, має підтримуватися на можливо низькому і досяжному рівні з урахуванням економічних та соціальних факторів (принцип оптимізації).

Довготривала безпеку захоронення РАВ у період після закриття ПЗРВ (ПГЗ РРВ) повинна забезпечуватися застосуванням системи бар'єрів на шляху поширення іонізуючого випромінювання і радіоактивних речовин у навколишнє середовище. Порушення цілісності одного з бар'єрів або ймовірне зовнішнє подія природного або техногенного походження не повинні призводити до зниження рівня довготривалої безпеки захоронення РАВ (принцип багатобар'єрності).

Прогнозовані рівні опромінення майбутніх поколінь, обумовлені захороненням РАВ, не повинні перевищувати допустимі рівні опромінення населення, встановлені чинними нормативними документами. Будь-який індивідуум майбутніх поколінь повинен бути захищений від шкідливого впливу захоронених РАВ в не меншій мірі, ніж будь-який індивідуум нинішнього покоління (принцип захисту майбутніх поколінь).

Захоронення РАВ має здійснюватися таким чином, аби не покладати на наступні покоління необґрунтований тягар, пов'язаний з необхідністю забезпечення безпеки при поводженні з РАВ (принцип не навантаження майбутніх поколінь).

Правила захоронення радіоактивних відходів (ПЗРВ, ПГЗ РРВ) задовольняють вимогам безпеки при нормальній експлуатації, порушеннях нормальної експлуатації, включаючи аварії, якщо радіаційний вплив на працівників (персонал, населення і навколишнє середовище не призводить до перевищення встановлених нормативними документами дозових меж опромінення працівників (персоналу) і населення і нормативів викидів і скидів радіоактивних речовин у навколишнє середовище.

ПЗРВ (ПГЗ РРВ) задовольняє вимогам безпеки в період після його закриття, якщо:

при нормальному (еволюційному) протікання природних процесів на майданчику розміщення ПЗРВ (ПГЗ РРВ) (найбільш ймовірних сценаріях еволюції системи захоронення РАВ) його радіаційний вплив не призведе до перевищення встановленої на поховання квоти границі річної ефективної дози;

при малоймовірних (катастрофічних) зовнішніх впливах природного і техногенного характеру на майданчику розміщення ПЗРВ (ПГЗ РРВ) (вірогідних сценаріях поширення радіонуклідів із системи захоронення РАВ) не буде перевищено межу індивідуального сумарного ризику, рівного для критичної групи населення $1{,}0 \cdot 10^{-5}$ рік$^{-1}$.

Вибір способу захоронення РАВ (приповерхневе поховання або захоронення у глибокі геологічні формації, конструкції сховища і властивостей бар'єрів повинен визначатися і обґрунтовуватися в проекті ПЗРВ в залежності від характеристик РАВ (радіонуклідний склад, питома активність, період потенційної небезпеки, фізико-хімічні властивості), з урахуванням природних умов розміщення ПЗРВ.

Допустимий вміст радіонуклідів в РАВ, які хоронять в приповерхневих ПЗРВ, зазначені у таблиці 2.2. РАВ, що містять радіонукліди в кількості, яка перевищує наведені межі, повинні захоронюватися в ПЗРВ глибокого закладення.

Таблиця 2.2. Допустимий вміст радіонуклідів у РАВ при приповерхневому захороненні

| Радіонукліди | Активність, Бк/м$^3$ (Бк/г) |
|---|---|
| Радіонукліди з періодом напіврозпаду менше 5 років | Не обмежена |
| $H_3$ | Не обмежена |
| C-14 | $3{,}0\times10^{11}$ Бк/м$^3$ |
| C-14 в активованому металі | $3{,}0\times10^{12}$ Бк/м$^3$ |
| Ni-59 в активованому металі | $8{,}1\times10^{12}$ Бк/м$^3$ |
| Co-60 | Не обмежена |
| Ni-63 | $2{,}6\times10^{13}$ Бк/м$^3$ |
| Ni-63 в активованому металі | $2{,}6\times10^{14}$ Бк/м$^3$ |
| Sr-90 | $2{,}6\times10^{14}$ Бк/м$^3$ |
| Nb-94 в активованому металі | $7{,}4\times10^{9}$ Бк/м$^3$ |
| Cs-137 | $1{,}7\times10^{14}$ Бк/м$^3$ |
| Tc-99 | $1{,}1\times10^{11}$ Бк/м$^3$ |
| I-129 | $3{,}0\times10^{9}$ Бк/м$^3$ |
| Pu-241 | $1{,}3\times10^{5}$ Бк/г |
| Cm-242 | $7{,}4\times10^{5}$ Бк/г |
| Уран и трансуранові альфа-випромінюючі радіонукліди з періодом напіврозпаду більше 5 років | $3{,}7\times10^{3}$ Бк/г |

Для відходів, що містять суміш радіонуклідів, загальна концентрація визначається як "сума часток" шляхом ділення концентрації кожного нукліда на відповідну допустиму концентрацію. Сума часток не повинна перевищувати 1,0.

Якщо РАВ не містять радіонуклідів, наведених в таблиці, ці відходи відносяться до категорії, для якої немає обмеження на приповерхневе поховання.

Глибинне поховання РРВ здійснюється шляхом нагнітання попередньо підготовлених РРВ через бурові свердловини, геологічні горизонти (пласти-колектори), що забезпечують локалізацію РРВ в межах гірничого відводу.

Безпека ПЗРВ (ПГЗ РРВ) повинна забезпечуватися за рахунок послідовної реалізації концепції глибоко ешелонованого захисту, заснованої на застосуванні системи фізичних бар'єрів на шляху поширення іонізуючого випромінювання і радіоактивних речовин у навколишнє середовище, а також системи технічних і організаційних заходів щодо захисту фізичних бар'єрів і збереження їх ефективності, і щодо захисту працівників (персоналу), населення і навколишнього середовища.

ПЗРВ (ПГЗ РРВ) повинен мати систему бар'єрів (інженерних і природних), що перешкоджають поширення іонізуючого випромінювання і радіоактивних речовин у навколишнє середовище. Кількість і призначення бар'єрів ПЗРВ (ПГЗ РРВ) визначаються і обґрунтовуються в проекті з урахуванням результатів досліджень властивостей матеріалів бар'єрів і прогнозного розрахунку для оцінки безпеки системи захоронення РАВ.

При нормальній експлуатації бар'єри повинні бути працездатними, а заходи щодо їх захисту повинні знаходитися в стані готовності. При виявленні непрацездатності будь-якого з бар'єрів або неготовності заходів щодо його захисту ПЗРВ (ПГЗ РРВ) повинен бути приведений у стан, що задовольняє вимогам цього документа та інших діючих нормативних документів.

Безпека системи захоронення РАВ (довготривала безпека) повинна забезпечуватися на основі реалізації принципу багатобар’єрності, заснованого на застосуванні системи бар'єрів на шляху поширення іонізуючого випромінювання і радіоактивних речовин у навколишнє середовище, порушення цілісності одного з бар'єрів або ймовірні зовнішні події природного або техногенного походження не призвели до неприпустимого зниження рівня безпеки системи захоронення РАВ.

Система бар'єрів ПЗРВ (ПГЗ РРВ) повинна:

- забезпечувати безпеку захоронення РАВ у період їх потенційної небезпеки з урахуванням можливих зовнішніх впливів природного та техногенного походження в районі розміщення ПЗРВ (ПГЗ РРВ), а також

з урахуванням фізичних і хімічних процесів, які протікають в ПЗРВ (ПГЗ РРВ);
- зберігати ізолюючі властивості при впливах гірських порід, що вміщують РАВ;
зберігати ізолюючі властивості при тепловому впливі тепловиділяючих РАВ;
- перешкоджати ненавмисному вторгненню людей і тварин.
Інженерні бар'єри ПЗРВ повинні запобігати:
- контакту упаковок РАВ з природними водами;
- руйнуванню упаковок РАВ від впливу тектонічних процесів;
- руйнуванню упаковок РАВ від впливу вміщуючих порід;
- поширеннюрадіонуклідів у вміщуючі породи.

Інженерні бар'єри ПЗРВ (ПГЗ РРВ) повинні виконувати свої функції після його закриття протягом встановленого і обґрунтованого в проекті періоду без технічного обслуговування і ремонту.

Для ПЗРВ глибокого закладення природні бар'єри (гірські породи) служать основним бар'єром. Ізолюючі (фільтраційні та сорбційні) властивості природних бар'єрів повинні обмежувати контакт підземних вод з інженерними бар'єрами і міграцію радіонуклідів при порушенні цілісності інженерних бар'єрів. Гірські породи повинні бути стійкими до теплового впливу тепловиділяючих РАВ, зберігати свої ізолюючі властивості і забезпечувати ПЗРВ глибокого закладення тепловий режим, не призводить до порушення цілісності інженерних бар'єрів.

Природні бар'єри ПГЗ РРВ повинні володіти низькими фільтраційними властивостями і обмежувати поширення радіонуклідів вище - і нижче розташовані горизонти.

Ємнісні властивості поглинаючого пласта-колектора ПГЗ РРВ повинні забезпечувати розміщення РРВ в межах обмежених обсягів надр, для яких можливе визначення меж гірничого відводу.

В межах гірничого відводу ПГЗ РРВ і області прогнозованого поширення радіонуклідів не повинно бути каналів гідравлічної зв'язку поглинаючого горизонту, пласта-колектора) з даною поверхнею і вище та нижче водоносними горизонтами.

Швидкості природного руху підземних вод в поглинаючому горизонті повинні бути достатньо малі для забезпечення локалізації РРВ на обмеженій ділянці геологічного середовища. Найбільш переважно використання для поховання РРВ горизонтів, що володіють колекторськими властивостями, що залягають у гідродинамічних зонах утрудненого водообміну, містять води, не придатні для використання в господарських цілях.

Система технічних і організаційних заходів по забезпеченню безпеки захоронення радіоактивних відходів, накопичених у поверхневих водоймах-сховищах РРВ, склад системи бар'єрів і допустимий вміст

радіонуклідів у радіоактивних відходах, встановлюється і обґрунтовується проектом ПЗРВ з урахуванням властивостей бар'єрів і на основі прогнозного розрахунку для оцінки безпеки системи захоронення РАВ.

Система технічних і організаційних заходів щодо забезпечення безпеки при захороненні РАВ повинна бути представлена в проекті ПЗРВ (ПГЗ РРВ). Достатність прийнятих проектом ПЗРВ (ПГЗ РРВ) технічних рішень щодо забезпечення безпеки повинна бути обґрунтована для всього періоду потенційної небезпеки захоронених РАВ з урахуванням можливих зовнішніх впливів природного та техногенного походження в районі розміщення ПЗРВ (ПГЗ РРВ), а також з урахуванням фізичних та хімічних процесів, які протікають в ПЗРВ (ПГЗ РРВ).

В ООБ ПЗРВ (ПГЗ РРВ) повинні бути вказані методики та програми, які використовуються для обгрунтування безпеки ПЗРВ (ПГЗ РРВ) і прогнозного розрахунку при оцінці безпеки системи захоронення РАВ, та наведено області їх застосування. Використовувані програми повинні бути атестовані в установленому порядку.

**Вимоги до забезпечення безпеки при експлуатації ПЗРВ**

До введення в експлуатацію ПЗРВ повинен бути укомплектований працівниками (персоналом), що мають необхідну кваліфікацію і допущені в установленому порядку до самостійної роботи. Перед введенням в експлуатацію ПЗРВ повинні бути проведені пусконалагоджувальні роботи, які повинні підтвердити, що системи (елементи) і обладнання ПЗРВ виконані та функціонують згідно з проектом, виявлені недоліки усунені.

До початку експлуатації ПЗРВ повинні бути розроблені і готові до виконання плани заходів щодо захисту працівників (персоналу) і населення у разі аварії на ПЗРВ. До початку експлуатації ПЗРВ повинні бути задіяні основні та дублюючі зв'язку з організаціями, спеціально уповноваженими у сфері захисту населення і територій від надзвичайних ситуацій.

При експлуатації ПЗРВ повинні бути забезпечені приймання і вхідний контроль упаковок РАВ. При приймання упаковок РАВ необхідно контролювати:

- наявність та комплектність документації;
- цілісність упаковки РАВ;
- маркування упаковки РАВ;
- потужність дози випромінювання на поверхні (на відстані 10 см від поверхні) і на відстані 1 м від зовнішньої поверхні;
- величину нефіксованого забруднення зовнішньої поверхні упаковки.

При приймання упаковок РАВ повинен здійснюватися візуальний і радіаційний контроль відповідності фактичних характеристик упаковок

РАВ їх паспортними даними, у тому числі відповідності:
- маркування упаковки - паспортними даними упаковки РАВ;
- паспортних даних упаковки РАВ - реальною характеристикою упаковки РАВ;
- реальної характеристики упаковки РАВ – встановленим проектом ПЗРВ критеріям прийнятності РАВ для їх захоронення на ПЗРВ.
У разі невідповідності упаковки встановленим вимогам і неможливість приведення її характеристик критеріям прийнятності упаковка РАВ не повинна повертатися її відправнику.

Повинна бути організована система обліку і зберігання документації з питань поводження з РАВ на ПЗРВ, включаючи облік номенклатури упаковок РАВ, їх кількості, характеристик упаковок РАВ, адрес їх розміщення в ПЗРВ. Облік ведеться на підставі паспортів упаковок РАВ, даних вхідного контролю при прийманні та ідентифікованих конкретних місць розміщення упаковок РАВ у ПЗРВ. Паспорта упаковок РАВ та облікові документи з адресами поховання упаковок РАВ у ПЗРВ повинні зберігатися в експлуатуючій організації до моменту передачі ПЗРВ з обліковою документацією на баланс федеральних (регіональних або місцевих) органів виконавчої влади.
По території майданчика ПЗРВ транспортування РАВ повинно проводитися:
- на спеціально підготовлених транспортних засобах;
- за встановленим проектом маршрутами відповідно до технологічної схеми транспортування по майданчику ПЗРВ;
- у спеціальних транспортних контейнерах з урахуванням габаритів і маси транспортуються РАВ, їх фізичного стану, активності, виду випромінювання і потужності дози на зовнішній поверхні контейнерів.

На підставі проектних значень допустимого газоаерозольних викидів і допустимого скидання повинні бути встановлені контрольні рівні викидів і скидів радіоактивних речовин у навколишнє середовище. Встановлені рівні викидів і скидів включаються в перелік експлуатаційних меж ПЗРВ і періодично з урахуванням накопиченого досвіду та вдосконалення технологій повинні переглядатися. Величини контрольних рівнів викидів і скидів повинні бути нижче встановлених проектом допустимих викидів і скидів радіоактивних речовин з урахуванням досягнутого при експлуатації рівня безпеки ПЗРВ.

По мірі заповнення відсіків (секцій, камер, осередків тощо) ПЗРВ упаковками РАВ повинна здійснюватися їх консервація.

## Контрольні питання

1. Атомна енергетика, її негативні та позитивні наслідки для екології.
2. Радіаційна та ядерна безпека об'єктів атомної енергетики.
3. Класифікація аварій на АЕС. Імовірнісні критерії безпеки для енергоблоків АЕС
4. Основні нормативні вимоги і положення по управлінню аваріями на АЕС
5. Радіаційна безпека об'єктів схову джерел іонізуючого випромінювання.
6. Законодавчі та нормативно-правові бази у сфері поводження з радіоактивними відходами.
7. Мета, принципи безпеки при захороненні радіоактивних відходів.
8. Критерії та основні вимоги забезпечення безпеки при приповерхневому та глибинному захороненні радіоактивних відходів.
9. Вимоги до забезпечення безпеки при проектуванні та експлуатації ПЗРВ.

## Тестові завдання для самоконтролю

Оберіть правильну відповідь:

1. Відношення середньої енергії *(dE)*, що передана іонізуючим випромінюванням речовині в елементарному об'ємі, до маси *dm* речовини в цьому об'ємі надає
   A. поглинену дозу випромінювання;
   B.експозиційну дозу фотонного випромінювання;
   C. еквівалентну дозу;
   D. ефективну дозу.

2. Для урахування залежності біологічних ефектів від виду випромінювання прийнято біологічні ефекти від різних видів випромінювання порівнювати з ефектами, викликаними
   A. електронами;
   B. нейтронами
   C. рентгенівським або слабоенергетичним гамма-випромінюванням.
   D. протонами

3. Коефіцієнт, що враховує відносну біологічну ефективність різних видів іонізуючого випромінювання, це
   A. тканинний зважуючий фактор;
   B.коефіцієнт накопичення;
   C. радіаційний зважуючий фактор (коефіцієнт якості);
   D. коефіцієнт переходу.

4. Ураховує різну чутливість різних тканин та органів людини до опромінення
   A. поглинена доза випромінювання;
   B. експозиційна доза фотонного випромінювання;
   C. еквівалентна доза;
   D. ефективна еквівалентна доза

.5. Формування дози іонізаційного опромінення відбувається за рахунок

A. внутрішнього опромінення від інгаляційного надходження радіонуклідів з повітрям, що вдихається;

B. зовнішнього опромінення від радіонуклідів, які знаходяться в повітрі, ґрунті, будівельних матеріалах, воді і т.п.;

C. внутрішнього опромінення завдяки пероральному надходженню радіонуклідів з їжею і водою;

D.усього, переліченого вище.

6. З наведених різних видів випромінювання найбільше значення радіаційного зважуючого фактору (коефіцієнт якості) $w_R$ відповідає

A. фотонам, B. електронам; C. α-частинкам; D. протонам

7. Сума добутків середньогрупових ефективних доз на число осіб у відповідних групах, що утворюють колектив, є

A. поглиненою дозою; B. еквівалентною дозою;

C. колективною дозою; D. ефективною дозою

8. Згідно НРБУ-97 ліміт ефективної річної дози опромінення для осіб категорії В становить

1. 0,1мЗв/рік; B.1мЗв/рік; C. 5мЗв/рік; D. 10мЗв/рік;

9. Очікувана, або напіввікова, еквівалентна доза внутрішнього опромінення – це сума еквівалентних доз, які доросла людина одержує за період

A. 10 років; B.25 років; C. 30 років; D. 50 років.

10. Осовними радіоактивними речовинами, що забруднюють Україну в сучасний момент є:

A. цезій-137 и стронцій-90; B.цезій -134 и стронцій--89;

C. плутоній-239 и телур-132; D. цезій -137, стронцій--90 і плутоній -239.

11. У нормах радіаційної безпеки НРБУ-97 додатково до ліміту річної ефективної дози встановлюються ліміти річної еквівалентної дози зовнішнього опромінення :

A. кришталика ока; B. кришталика ока і шкіри;

C. кистей та стіп; D. кришталика ока, шкіри, кистей та стіп.

12. **Установіть відповідність** між категорією осіб та лімітом ефективної річної дози опромінення згідно НРБУ-97 осіб категорії Б

1. категорія А A. 1мЗв/рік
2. категорія Б B. 2мЗв/рік
3. категорія В C. 10мЗв/рік

**Оберіть правильну відповідь:**

13. Радіоекологічна зона безумовного (обов'язкового) відселення (внаслідок Чорнобильської катастрофи) – це територія, де ефективна еквівалентна доза опромінення людини з урахуванням коефіцієнтів міграції радіонуклідів у рослини та інших чинників може перевищити дозу, яку вона одержувала у доаварійний період, понад

A. 2,0мЗв за рік; B.5,0мЗв за рік; C. 10,0мЗв за рік; D. 12,0мЗв за рік

14. Основні принципи радіаційної безпеки:

A. виправданості, оптимізації, неперевершення
B. системності, цілісності, оптимізації
C. виправданості, цілісності, системності

15. Дотримання допустимого меж радіаційного впливу на персонал, населення та навколишнє середовище, встановлених нормами, правилами та стандартами з безпеки та персоналу –це

A. радіаційний захист
B. радіаційна безпека
C. радіаційні інструкції

16. Принцип радіаційної безпеки, який передбачає підтримання на максимально низькому рівні, як індивідуальних, так і колективних доз опромінення – це

A. принцип виправданості
B. принцип нормування
C. принцип оптимізації
D. принцип неперевершення

17. Радіаційний захист – це

A. сукупність радіаційно-гігієнічних, проектно-конструктивних, технічних та організаційних заходів, спрямованих на забезпечення РБ
B. дотримання допустимих меж на персонал, населення та навколишнє природне середовище

18. Усі надзвичайні ситуації, які можуть виникати в процесі поводження з ДІВ, поділяють на:

A. надзвичайну ситуацію та аварію
B. радіаційний інцидент та радіаційну аварію
C. радіаційний вплив та радіаційну аварію

19. Маловірогідна аварія, наслідки якої важко передбачити – це

A. проектна аварія
B. позапроектна аварія
C. гіпотетична аварія

20. Внаслідок аварії, що супроводжується радіоактивним забрудненням виробничих приміщень, проммайданчика об’єкту та навколишнього середовища може відбуватися:

A. тільки зовнішнє опромінення
B. зовнішнє і внутрішнє опромінення
C. контактне опромінення
D. тільки внутрішнє опромінення

21. Причинами РА найчастіше можуть бути:

A. несправність устаткування
B. недоліки конструкції устаткування
C. помилки в діях персоналу
D. недостатньо фізичний захист ДІВ
E. усе вище перелічене

22. Розрізняють радіаційні аварії:
A. об’єктні, позапроектні, проектні
B. позапроектні, об’єктні, планові
C. гіпотетичні, не заплановані, об’єктні
D. проектні, позапроектні, гіпотетичні

23. За розміром території та можливістю опромінення персоналу та населення РА поділяються на:
A. глобальні, комунальні
B. промислові, комунальні
C. локальні, промислові
D. глобальні, промислові

24. Мінімальна активність радіоактивної речовини для окремих радіонуклідів, яка може призвести до важких і термінованих ефектів, має назву:
A. B-величини B. D-величини C. G-величини

25. Зберігання радіоактивних відходів – це
A. перевезення радіоактивних відходів в об’єкт, в якому забезпечено їх ізоляцію від НПС, фізичний захист і радіаційний моніторинг
B. розміщення радіоактивних відходів в об’єкті, в якому забезпечено їх ізоляцію від навколишнього середовища і радіаційний моніторинг
C. розміщення радіаційних відходів в об’єкті, призначеному для поводження з радіаційними відходами у наміру їх використання
D. операції, щодо підготовки радіоактивних відходів для перевезення, зберігання та захоронення

26. Захоронення рідких радіаційних відходів відбувається в колекторах на глибині:
A. тисяча метрів
B. декількох метрів
C. сотень метрів
D. десятки метрів

27. Безпечне розміщення РАВ без наміру їх подальшого видалення має назву:
A. захоронення РАВ
B. скидання РАВ
C. збереження РАВ

28. Припона на шляху розповсюдження ІВ та РН навколишнього середовища має назву:
A. захисного щиту
B. капсули
C. фізичного бар’єру

29. Захоронення РАВ у сховищі на поверхні землі, або на глибині десятків метрів має назву:
A. приземного захоронення
B. глибинного захоронення
C. при поверхневого захоронення

## Рекомендована література


1. Мурашко В. О. Костенецький М. І., Рущак Л. В. Промислові радіаційні аварії з джерелами іонізуючого випромінювання, запобігання та порядок їх розслідування: – К: 2013. – 82 с.
2. Герасимов О.І., Худинцев М.М. Методичні вказівки до виконання практичних робіт з дисципліни "Радіаційна безпека" для студентів 1 курсу денної форми навчання: – Одеса, ОДЕКУ, 2015. – 35 с.
3. Батлук В.А. Радіаційна екологія: Навч.посіб. –К.: Знання, 2009. – 309с.
4. Герасимов О.І. Основи радіаційної безпеки: Консп. лекцій – Одеса, ОДЕКУ, 2016. – 62с.
5. Скалозубов В.И., Ключников А.А., Колыханов В.Н. Основы управления запроектнымн авариями с потерей теплоносителя на АЭС с ВВЭР : монография – К.: Ин-т проблем безопасности АЭС, 2010. - 400 с.
6. Скалозубов В.И. Захоронение, переработка и утилизация источников ионизирующих излучений: Консп. лекцій – Одеса, ОДЕКУ, 2005. – 101с.
**7.** Закон України «Про використання ядерної енергії та радіаційну безпеку». №39/95 – ВР (зі змінами).
8. Закон України «Про захист людини від впливу іонізуючого випромінювання» № 15/98-ВР (зі змінами).
9.Постанова КМУ від 02.06.2003 р. № 813 (зі змінами ) «Про затвердження Порядку взаємодії органів виконавчої влади та юридичних осіб, які провадять діяльність у сфері використання ядерної енергії, в разі виявлення радіоактивних матеріалів у незаконному обігу»
10. Постанова КМУ від 05.12.2007 № 1382 (зі змінами) «Про затвердження технічного регламенту закритих джерел іонізуючого випромінювання».
11. «Радиационная защита и безопасность источников излучения: Международные основные нормы безопасности . МАГАТЕ, Вена. 2011. 329 с.
12. Норми радіаційної безпеки України (НРБУ) ДГН 6.6.1 – 6.5.001-98. Київ: МОЗ України, 1998.-135с.
13. Основні санітарні правила забезпечення радіаційної безпеки України. ДСП 6.177-2005-09-02. Київ, 2005.
14. Санитарно-гигиенические требования к мероприятиям по ликвидации последствий радиационных аварий. МР 2.6.1.0050-11. М.2011.
15. Костенецкий М.И., Кочин И.В. Техногенные радиационные аварии – организация защиты и медицинской помощи. Учебное пособие. Запорожье. 2003. 33 с.
16. Принципы захоронения РАО и проблемы. – Реферат, 1990, Atom. Energy Soc. Jap.,т.32, № 11, с.2-29.
17. Материалы МАГАТЭ. Проект. Принцепы безопасности и технические критерии подземного захоронения ВАО. Вена: МАГАТЭ,1988.

18. Проект. Принцепы безопасности и технические критерии подземного захоронения ВАО. Вена: МАГАТЭ, 1988.
19. Корчагин П.А., Змостьян П.В., Шестопалов В.М.Обращение с радиоактивными отходами в Украине: проблемы, опыт, перспективы. Киев, 2000.
20. Под редакцией Авдеева О.К. Долговременное хранение и захоронение отработаных источников ионизирующего излучения в Украине. Киев: АТЗТ ” ДрУк”, 2001