**Практична робота 3**

**Методика прогнозування і оцінки доз опромінення після аварії (катастрофи) на атомній електростанції**

**Мета:**навчитися оцінювати ступінь небезпеки при перебуванні на зараженій території і визначати найбільш доцільні дії в умовах радіоактивного зараження.

**Основні визначення і терміни для прогнозування і оцінки доз опромінення після аварії (катастрофи) на атомній електростанції**

Відомо, що радіаційна безпека - комплекс заходів (адміністративних, технічних, санітарно-гігієнічних та інших), які обмежують опромінення і радіоактивне забруднення осіб із персоналу і населення, навколишнього середовища до найбільш низьких позначок.

Радіаційна аварія на АЕС - порушення меж безпеки експлуатації, при яких радіоактивні продукти вийшли із зони реакції в навколишнє середовище.

Ядерна катастрофа - аварія, пов'язана з пошкодженням тепловиділяючих елементів (твелів) і перевищенням проектних меж ядерного реактора. Фактори, що  призводять до ядерної катастрофи:

* порушення контролю та керування ланцюговою ядерною реакцією в активній зоні реактора;
* створення критичної маси при перевантаженні, транспортуванні та зберіганні твелів із вмістом ядерного пального;
* порушення тепловідведення від твелів.

Територія, що зазнає радіоактивного забруднення внаслідок аварій (катастроф), поділяється на зони:

**зона відчуження** - це територія, з якої проведено евакуацію населення;

**зона безумовного (обов'язкового) відселення** – це територія, що зазнає інтенсивного забруднення ґрунту ізотопами:

* цезію - від 15 Кі/км2 та вище;
* стронцію – від 3  Кі/км2  та вище;
* плутонію – від 0,1 Кі/км2 та вище,

Кі - **Кюрі** - одиниця радіоактивності, що дорівнює радіоактивності речовини, у якій протягом 1 секунди відбувається 3,7×1010 радіоактивних розпадів. Одиниця визначена за розпадом 1 граму ізотопу радію-226.

а також з ґрунтами, які сприяють високій міграції радіонуклідів з рослини зі щільністю забруднення ізотопами:

* цезію – від 5 до 15 Кі/км2 ;
* стронцію – від 0,15 до 3  Кі/км2 ;
* плутонію – від 0,01 до 0,1 Кі/км2,

де ефективна доза опромінення людини може перевищувати 0,5 бер за рік понад дозу, яку вона одержувала у доаварійний період;

**зона гарантованого добровільного відселення** - це територія зі щільністю забруднення ґрунту ізотопами:

* цезію – від 5 до 15 Кі/км2 ;
* стронцію – від 0,15 до 3  Кі/км2 ;
* плутонію – від 0,01 до 0,1 Кі/км2 ,

де ефективна доза опромінення людини може перевищувати 0,1 бер за рік понад дозу, яку вона одержувала у доаварійний період;

**зона посиленого радіоекологічного контролю** – це територія зі щільністю забруднення ґрунту ізотопами:

* цезію – від 1 до 5 Кі/км2 ;
* стронцію – від 0,02 до 0,15  Кі/км2 ;
* плутонію – від 0,005 до 0,01 Кі/км2,

де ефективна доза опромінення людини може перевищувати 0,1 бер за рік понад дозу, яку вона одержувала у доаварійний період.

Межі цих зон встановлюються та переглядаються Кабінетом Міністрів України на основі експертних висновків спеціалізованих установ.

Карти (схеми) зазначених зон друкують у центральній та місцевій пресі.

**Методика прогнозування і оцінки доз опромінення після аварії (катастрофи) на атомній електростанції**

На основі даних карт (схем) зони, в якій розташований або працює об'єкт господарства керівник будь-якого підрозділу має змогу визначити дози опромінення робітників та службовців і вести особистий дозиметричний контроль.

Відомо, що доза опромінення людини розраховується за формулою:

https://elib.lntu.edu.ua/sites/default/files/elib_upload/www7/page14.files/image002.png рад

де Р - потужність експозиційної дози опромінення, рад/год;

     t – час перебування в забрудненому середовищі, год;

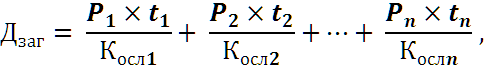
     Косл - коефіцієнт ослаблення середовища (табл. 1).

Людина протягом доби може бути на відкритій місцевості, в будинку, у транспорті тощо, тобто, коефіцієнти ослаблення доз радіації будуть різними. Загальну дозу опромінення розраховують за формулою:

**Дзаг =Д1+Д2+ДЗ+... +Дп** ,

де Д1 - доза, яку отримує людина, з Косл1;

    Д2 - доза, яку отримує людина, з Косл2   і так далі, тобто,



де Р1, Р2, Рп - потужності експозиційних доз в тих місцях, де знаходилась людина в час відповідно t1, t2, tn і т.д. з коефіцієнтами ослаблення Косл 1, Косл 2, Косл…. і т.д.

Значення потужності експозиційної дози Р1.,.Рn береться з повідомлення Держгідромету України (преса, радіо, телебачення) або карт (схем), надрукованих з відома Кабінету Міністрів України, маючи на увазі, що потужність експозиційної дози вимірюється позасистематичними одиницями виміру.

Нагадаємо, що основна одиниця виміру потужності експозиційної дози – Рентген.

Експозиційній дозі 1Р відповідає радіоактивна енергія, яка в 1 см3 сухого і чистого повітря при нормальних умовах / 0 оС, 760 мм.рт.ст тиску / створює 2,08 · 109 пар іонів. Існують менші одиниці виміру:

* Р = 1 000 мР (мілірентген);
* 1Р= 1000.000 (мікрорентген).

Крім одиниць виміру експозиційної дози Рентген, існують Зіверт і рад:

* 1 3в = 100 рад = 87,3 Рентген;
* 1 Зв = 10000 м3в  (міліЗіверт);
* 1 Зв = 1,000,000 мікЗв (мікроЗіверт);
* 1 рад = 1000 мр (мілірад);
* 1 рад = 1,000,000 мкр (мікрорад).

Щільність забруднення площ вимірюється в Кі/км2.

Кюрі - одиниця активності радіонуклідного джерела, в якому відбувається  З,7 · 1010  розпадів атомів за одну секунду.

В практиці набагато частіше використовують число розпадів за  хвилину, тобто, одиниці активності мають значення:

* 1 Кі = 2,22 · 1012 росп/хв;
* 1 мКі (міліКюрі) = 2.22 · 109 росп/хв;
* 1 мкКі (мікроКюрі) = 2.22 · 106 росп/хв.

Для вимірювання щільності забруднення поверхонь використовують активність Кі/км2, об'єму Кі/м3 та інші.

**1 Кі/км2 = 222 росп/хв см2 = 0.00888 мр/год**,

тобто при щільності забруднення поверхні в 1 Кі/км2 її потужність експозиційної дози складає 0,00888 мР/год.

Використовуючи цю залежність, можна розрахувати дози опромінення, перебуваючи в зонах радіоактивного зараження і використовуючи дані табл. 2 зробити висновки.

**Задача для індивідуального розрахунку можливих доз опромінення**

Визначити річну дозу опромінення працівника об'єкта, який мешкає в зоні  посиленого радіоекологічного контролю із щільністю забруднення ґрунту ізотопом цезію … Кі/км2 (згідно варіанта табл. 6 вибираємо щільність забруднення, умови проживання і праці).

Зробити висновки.

**Можливий варіант розкладу повсякденного життя:**

* сон - 8 годин;
* поїздка на роботу – 1 година: пішки - 30 хвилин (0,5 години)  і в тролейбусі - 30 хвилин (0,5 год.);
* робочий день - 8 годин;
* поїздка додому - 1 година;
* заняття вдома - 4 години:
* прогулянка - 1 година;
* інші заняття вдома - 1 година.

**Нормативно-довідкові таблиці**

**Таблиця 1**

**Кратність ослаблення опромінення (К осл.)**

|  |  |
| --- | --- |
| Найменування укриттів,  розташування людей | Коефіцієнт ослаблення |
| На відкритій місцевості | 1 |
| Щілина відкрита | 3 |
| Щілина накрита | 50 |
| Автомобілі, автобуси, тролейбуси | 2 |
| Трамваї, трактори, комбайни | 3 |
| Промислові одноповерхові споруди | 7 |
| Адміністративні одноповерхові будинки | 6 |
| Кам’яні будинки:     одноповерхові | 10 |
| двоповерхові | 15 |
| триповерхові | 20 |
| чотириповерхові | 25 |
| п’ятиповерхові | 30 |
| шестиповерхові і вище | 35 |
| Дерев’яні будинки:        одноповерхові | 2 |
| двоповерхові | 8 |
| Станції метро малозаглиблені | 500 |
| Сховища, станції метро заглиблені | 5000 |
| Підвалини кам’яних будинків:     одноповерхових | 40 |
| двоповерхових | 100 |
| триповерхових | 400 |

**Таблиця 2**

**Допустимі дози опромінення, які не призводять до променевої хвороби,  бер**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Найменування доз | Мирний час | Воєнний час |
| одноразова | 0,1 | 50 |
| багаторазова за місяць | - | 100 |
| за квартал | - | 200 |
| за рік | 0.1 | 300 |

**Таблиця 3**

**Дози опромінення, які призводять до захворювання променевою хворобою різного ступеня,  бер**

|  |  |
| --- | --- |
| Перелік ступенів променевої хвороби | Дози опромінення, які викликають захворювання |
| І ступінь | 150-250 |
| II ступінь | 250-400 |
| ІІІ ступінь | 400-600 |
| IV ступінь | Більше 600 |

**Таблиця 4**

**Характеристики зон зараження при аварії на АЕС**

**А. Тепловий вибух реактора**

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Найменування зони | Щільність забруднення радіонуклідами, Кі/км2 | | | Ефективна доза опромінення з урахуванням коефіцієнта міграції радіонуклідів та інших факторів може перевищити |
| цезію | стронцію | плутонію |
| Підвищеного радіоекологічного контролю | 1,0-5,0 | 0,02-0,15 | 0,005-0,01 | 0,5 мЗв (0,05 бер) на рік |
| Гарантованого (добровільного) відселення | 5,0-15 | 0,15-3,0 | 0,01-0,1 | І,0 мЗв (0.1 бер) на рік |
| Безумовного  (обов’язкового) відселення) | 15 і більше | 3,0 і і більше | 0,1 і більше | 5,0 мЗв (0,5 бер) на рік |

**Таблиця 5**

**Характеристики зон забруднення при аварії на АЕС**

**Б. Ядерний вибух реактора**

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Найменування зони | Ін­декс зони | Потужність дози опромінення через 1 годину після аварії | | Доза опромінення за 1 рік після аварії | |
| на зовніш-ній межі | на  внутрішній межі | на зовнішній межі | на  внутрішній межі |
| Радіаційної небезпеки | М | 0.014 | 0,14 | 5 | 50 |
| Помірного забруднення | А | 0.14 | 1,4 | 50 | 500 |
| Сильного забруднення | Б | 1,4 | 4.2 | 500 | 1500 |
| Небезпечного забруднення | В | 4,2 | 14 | 1500 | 5000 |
| Надзвичайно небезпечного забруднення | Г | 14 |  | 5000 |  |

**Примітка:** при ліквідації наслідків аварії в цих зонах повинні виконуватися основні заходи захисту: дозиметричний контроль, захист органів дихання, йодна профілактика, дезактивація техніки, одягу, санітарна обробка та ін.

**Таблиця 6**

**Варіанти до виконання практичних завдань**

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| *1* | **Номери варіанта** | **1** | **2** | **3** | **4** | **5** | **6** | **7** | **8** | **9** | **10** | **11** | **12** | **13** | **14** | **15** |
| *2* | Щільність  радіоактивного  забруднення, Кі/км | 0,5 | 1,5 | 4,5 | 3 | 2,5 | 1 | 1,3 | 1,2 | 2,3 | 5 | 3,2 | 2,1 | 2,4 | 0,6 | 3,3 |
| *3* | Умови проживання людей | к | д | к | д | к | д | к | д | к | д | к | д | к | д | к |
| *4* | Поверхи | 13 | 2 | 12 | 1 | 11 | 2 | 10 | 1 | 9 | 2 | 8 | 1 | 7 | 2 | 5 |
| *5* | Розташування робочого  кабінету (поверх) | 1 | 8 | 2 | 7 | 3 | 6 | 4 | 5 | 5 | 4 | 6 | 3 | 7 | 2 | 8 |
| *6* | Тип будівлі | к | к | к | к | к | к | к | к | к | к | к | к | к | к | к |

**Продовження таблиці 6**

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| *1* | **Номери варіанта** | **16** | **17** | **18** | **19** | **20** | **21** | **22** | **23** | **24** | **25** | **26** | **27** | **28** | **29** | **30** |
| *2* | Щільність  радіоактивного  забруднення, Кі/км | 5,5 | 1,4 | 0,7 | 4,4 | 2,8 | 0,8 | 1,9 | 4,1 | 3,4 | 4,9 | 2,7 | 0,9 | 4,3 | 3,7 | 2,9 |
| *3* | Умови проживання людей | д | к | д | к | д | к | д | к | д | к | д | к | д | к | д |
| *4* | Поверхи | 1 | 5 | 2 | 4 | 1 | 3 | 2 | 2 | 1 | 1 | 1 | 14 | 1 | 15 | 2 |
| *5* | Розташування робочого  кабінету (поверх) | 1 | 1 | 8 | 2 | 7 | 3 | 6 | 4 | 5 | 5 | 4 | 6 | 3 | 7 | 2 |
| *6* | Тип будівлі | к | к | к | к | к | к | к | к | к | к | к | к | к | к | к |

Умовні позначення: 1. Проживання людей у будинках: **К** – кам’яні, **д** – дерев’яні.

**Питання для контролю знань**

1.        Дайте визначення: радіаційна безпека.

2.        Дайте визначення: радіаційна аварія на АЕС.

3.        Дайте визначення: ядерна катастрофа.

4.        Які зони забруднення утворюються внаслідок катастроф на АЕС.

5.        Хто встановлює межі зон забруднення?

6.        Розрахунок дози опромінення за встановлений проміжок часу.

7.        Дайте визначення: кратність ослаблення опромінення (К осл.).

8.        Сутність поняття допустимої дози опромінення.

9.        Дія іонізуючого опромінення на організм людини.

10. Дози опромінення, які призводять до променевої хвороби.