

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
ЖИТОМИРСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ  
ІМЕНІ ІВАНА ФРАНКА**

## **Радіаційна небезпека**

*Навчальний посібник*

ЖИТОМИР 2014

УДК 539.16:614.8(075.)

ББК 68.518:68.9я7

P15

Рекомендовано до друку Вченою радою Житомирського державного університету  
імені Івана Франка (протокол № від 2014 р.)

### Рецензенти:

**Л. Д. Романчук** - доктор сільськогосподарських наук, професор, завідувач кафедри екології лісу та меліорації ЖНАЕУ

**Н. М. Поліщук** - кандидат педагогічних наук, методист лабораторії біології Житомирського ОППО (обласного інституту післядипломної педагогічної освіти)

**Л. І. Малинівська** - кандидат педагогічних наук, доцент кафедри охорони праці та цивільної безпеки Житомирського державного університету імені Івана Франка

**О. М. Алпатова** - кандидат біологічних наук, старший викладач кафедри екології та природокористування Житомирського державного університету імені Івана Франка

**P15** Радіаційна небезпека: навч. посібник [ для студентів вищ. навч. закл.]  
/ Укладачі: **О. О. Аннамухаммедова., А. О. Аннамухаммедов** –  
Житомир: Вид-во ЖДУ ім. І. Франка, 2014.- 30 с.

Розроблений навчальний посібник частково розкриває та доповнює навчальний матеріал з нормативних дисциплін «Безпека життєдіяльності» та "Цивільний захист", який передбачений навчальними програмами. Враховуючи актуальність та глибину проблеми радіоактивного забруднення зрозуміло, що часу, який відведений на розгляд цих питань ( по 2 години лекцій та практичних робіт) недостатній.

В навчальному посібнику звернуто увагу на поняття радіоактивності, природні та штучні джерела радіації, біологічну дію радіоактивного випромінювання в залежності від його характеру, дози, терміну впливу, наслідки Чорнобильської катастрофи, нормативно-правову базу питань радіаційного захисту населення.

При підготовці матеріалів посібника були використані різноманітні інформаційні джерела у вигляді підручників, навчальних посібників, наукових праць.

УДК 539.16:614.8(075.)

ББК 68.518:68.9я7

## Зміст

1. Вступ.....	4
2. Поняття радіоактивності .....	5
3. Види випромінювання та одиниці вимірювання.....	7
4. Природні та штучні джерела радіації.....	11
5. Біологічна дія радіоактивного випромінювання в залежності від його характеру, дози, терміну впливу.....	14
6. Чорнобильська катастрофа: події, факти, цифри. Категорії зон радіоактивно забруднених територій внаслідок аварії на ЧАЕС.....	22
7. Режими захисту населення.....	26
8. Література.....	28

## Вступ

Навчальний посібник розроблений для студентів вищих навчальних закладів всіх спеціальностей за освітньо-кваліфікаційними рівнями "молодший спеціаліст", "бакалавр", "спеціаліст", "магістр".

Матеріали посібника розкривають та доповнюють тему "Техногенні небезпеки. Радіаційна безпека" з курсу "Безпека життєдіяльності" та тему "Прогнозування обстановки та планування заходів захисту в зонах радіоактивного, хімічного і біологічного зараження" з курсу "Цивільний захист".

Метою вивчення питань радіаційної небезпеки є набуття студентом знань про ризик виникнення техногенних аварій й природних небезпек радіаційного характеру, які можуть спричинити надзвичайні ситуації та привести до несприятливих наслідків для населення; вміння обґрунтувати нормативно-організаційні заходи забезпечення радіаційної безпеки; здатність аналізувати механізми впливу радіаційної небезпеки на людину з урахуванням специфіки механізму токсичної дії радіації.

Як правило, питання, які стосуються радіації та радіаційного впливу, викликають труднощі у розумінні та засвоєнні студентами, тому що є досить спеціалізованими. В посібнику детально висвітлюються певні елементи ядерної фізики (поняття "радіоактивність", "ізотопи", "радіоактивний розпад" і т. д.); подана характеристика різних видів випромінювання з вказанням їх джерел; дані визначення одиницям вимірювання радіоактивного випромінювання, їх співвідношенням, дозам.

При розкритті питання біологічної дії радіації на організм, детально прослідковані шляхи надходження радіонуклідів в організм, вплив радіації на клітинному, тканинному, органному рівні. Для цього був використаний багатий фактичний та цифровий матеріал.

Окремим питанням виділена Чорнобильська катастрофа та її наслідки.

## 2. Поняття радіоактивності

В кінці XIX століття були зроблені два великих відкриття. У 1895 р. Вільгельм Конрад Рентген відмітив появу променів, які виникали при пропусканні струму великої напруги через скляний балон із розрідженим повітрям. У 1896 р. Анрі Беккерель виявив, що солі урану самовільно випромінюють невидимі промені, які викликають почорніння фотопластинки. Процес самовільного випромінювання був названий *радіоактивністю*, а речовини, що їх випромінюють - радіоактивними.

Отже, радіоактивність як явище було відкрито Анрі Беккерелем. Але існувало воно задовго до цього відкриття і навіть до появи життя на Землі. Вчені вважають, що радіоактивність супроводжувала Великий вибух, з якого почалося існування нашої Галактики.

Поняття "*радіоактивність*" ввела в науку французький фізик, хімік Марія Складовська-Кюрі. У 1898 році Марія Кюрі та її чоловік П'єр Кюрі зробили важливе відкриття: уранова руда, відома під назвою уранової смоляної обманки, випускає сильніше випромінювання Беккереля, ніж сполуки урану і торію, і в чотири рази сильніше, ніж чистий уран. Марія Кюрі висловила припущення, що в урановій смоляній обманці міститься ще не відкритий і сильно радіоактивний елемент. Навесні 1898 року вона повідомила про свою гіпотезу і про результати експериментів Французькій академії наук. Потім подружжя Кюрі спробувало виділити новий елемент. У липні і грудні 1898 року Марія і П'єр Кюрі оголосили про відкриття двох нових елементів, які були названі ними полонієм (на честь Польщі — батьківщини Марії) і радієм.

### Елементи ядерної фізики

Атоми всіх існуючих хімічних елементів складаються з протонів, нейтронів та електронів. Хімічні елементи відрізняються один від одного лише кількістю та розміщенням цих складових. Відповідно до планетарної моделі будови атома, запропонованої у 1911 р. Е. Резерфордом (глибше розвинена Н. Бором у 1913 р.), в центрі атома розміщується ядро, яке має позитивний заряд (протони та нейтрони). Навколо ядра переміщуються по еліптичним орбітам електрони, які створюють електронну оболонку.

В атомі сумарна кількість електронів на орбітах завжди дорівнює сумі протонів, які знаходяться в ядрі. Отже, атом є електрично нейтральною системою.

На кожен електрон, що рухається, впливають дві протилежно направлені сили: кулоновська сила притягування до ядра і центробіжна сила інерції, яка намагається вирвати електрон від ядра (крім цього кожен електрон володіє власним моментом кількості руху, адже він обертається і навколо своєї осі - "спін").

Електрони розміщуються по певних орбітах в залежності від кількості енергії, яка їх утримує біля ядра. При наданні електронам зовні додаткової енергії вони можуть переходити на вищий енергетичний рівень. Такий електрон називається збудженим і атом теж переходить у збуджений стан. В такому нестабільному стані атом залишатися не буде, тому що в природі будь-яка система намагається бути "врівноваженою", зменшити *ентропію*, тобто мати найменшу енергію.

**Ентропія** (від грец. Entropia - поворот, перетворення) - *міра невпорядкованості великих систем*. Вперше поняття "ентропія" введено в XIX ст. в результаті аналізу роботи теплових машин, де ентропія характеризує ту частину енергії, яка розсіюється в просторі, не здійснюючи корисної роботи (звідси визначення: ентропія - міра знецінення енергії). Потім було встановлено, що ентропія характеризує імовірність певного стану будь-якої фізичної системи серед безлічі можливих її станів. У *закритих фізичних системах* усі самовільні процеси спрямовані до досягнення більш ймовірних станів, тобто до максимуму ентропії. У рівноважному стані, коли цей максимум досягається, ніякі спрямовані процеси неможливі. У XX ст. поняття "ентропія" почали застосовувати до біосистем, а також процесів передачі та обробки інформації. Еволюція в цілому і розвиток кожного організму відбувається завдяки тому, що *біосистеми, будучи відкритими*, живляться енергією з навколишнього світу. Але при цьому біопроцеси протікають таким чином, що пов'язані з ними "виробництво ентропії" мінімально.

Повернення у початковий стан супроводжується виділенням енергії. При переході електронів із зовнішніх орбіт на внутрішні супроводжується рентгенівським випромінюванням (рекомбінації у межах зовнішніх орбіт призводить до випромінювання ультрафіолетових, світлових, інфрачервоних променів).

У випадку, коли атом з певних причин втрачає електрони (вони вириваються з атома і залишають його межі), він перетворюється на *позитивний іон*; якщо атом приєднує один або декілька електронів - у *негативний іон*. Таким чином, утворюється пара іонів. Цей процес називається *іонізацією*. Кожен з цих атомів не може довго існувати в такому невірноваженому стані. Намагаючись стати нейтральною системою, атом приєднує електрон - явище деполаризації. Воно і супроводжується виділенням енергії у вигляді випромінювання.

Виходячи з цього, **радіоактивність** - це властивість ядер певних хімічних елементів самовільно перетворюватися на ядра інших елементів з випусканням особливого випромінювання, яке називається **радіоактивним випромінюванням**. Саме явище називається **радіоактивним розпадом**.

Певні хімічні елементи періодичної системи Д. І. Менделєєва мають різновиди - ізотопи, які мають різну атомну вагу. Різниця у вазі ізотопів пояснюється тим, що їх ядра мають різну кількість нейтронів. Отже, атоми, однакові за кількістю протонів та різні за кількістю нейтронів, називаються *ізотопами* (isos- однаковий, topos - місце).

Атоми, які мають нестабільні ядра і переходять в стійке положення шляхом радіоактивного розпаду (яке супроводжується випромінюванням), називаються *радіоактивними ізотопами*. У елементів із порядковим номером більше 82 всі ізотопи є радіоактивними. Це так звані природні радіоактивні ізотопи. Атоми, які утворюються при їх розпаді, теж можуть бути радіоактивними. Створюється ланцюг хімічних елементів, так звана радіоактивна родина. Відомі три природні радіоактивних родини: урану, торію та актиноурану. До родини *урану*, наприклад, належать *радій* та *радон*. Останній елемент, який закінчує ланцюг цих родин-стійкий ізоотоп свинцю з порядковим номером 82. Окремим природнім радіоізоотопом є калій-40. Він міститься у бідь-якому живому організмі.

Штучно отримані ізотопи таких елементів, як стронцій, іод, бром та інші являються продуктами розпаду урану.

### 3. Види випромінювання та одиниці вимірювання

Поняття "іонізуюче випромінювання" об'єднує різноманітні види, різні за своєю природою, випромінювання. Основні види радіації - це  $\alpha$ -,  $\beta$ -,  $\gamma$ -випромінювання, рентгенівські промені, нейтрони. Подібність їх полягає в тому, що усі вони відрізняються високою енергією, мають властивість іонізувати середовище і руйнувати біологічні об'єкти.

Особливості різних видів випромінювання радіоактивними речовинами вивчалися за відхиленням цих променів у електричному та магнітному полях. Ще до того, як була з'ясована природа цих випромінювань, промені, які відхилялися від негативно зарядженої частинки умовно назвали альфа-променями; ті, що відхилялися від позитивно зарядженої пластинки - бета-, а промені, які зовсім не відхилялися - гама-променями. Власне, стало зрозумілим, що тільки гама-промені, які не відхиляються в сильних електричному та магнітному полях, є істинними променями; альфа- та бета-промені є частинками. Таким чином, розрізняють корпускулярне і фотонне іонізуюче випромінювання.

Корпускулярне — потік елементарних частинок, що утворюються при радіоактивному розпаді.

Випромінювання ядром частинки, що складається із двох протонів і двох нейтронів (атом гелію) це -  $\alpha$  (альфа)- випромінювання. Потік частинок (електронів та позитронів) при такому розпаді - це  $\beta$  (бета)- випромінювання.

Часто нестабільний нуклід (ядро) виявляється настільки збудженим, що випромінювання частинок не призводить до повного зняття збудження. Тоді він викидає порцію (квант, фотон) чистої енергіїю.

Фотонне випромінювання - потік електромагнітних коливань, що поширюється у вакуумі з постійною швидкістю 300000 км/с (швидкість світла). Це - гама-випромінювання і рентгенівське випромінювання. До фотонного випромінювання належить й ультрафіолетове випромінювання - найбільш короткохвильова частина спектра сонячного світла (довжина хвилі  $400 \times 10^{-9}$  м).

Рентгенівські промені - кванти електромагнітного випромінювання з довжиною хвилі від 0,01 до 100 нм (1 нм - одна мільярдна частина метра). Володіє меншою за гама-випромінювання енергією. Нейтрони - нейтральні частинки, які викликають побічну іонізацію [31].

Таблиця 1.

#### Властивості радіоактивного природного випромінювання

Тип	Склад випромінювання	Іонізуюча здатність	Проникна здатність
альфа-	Іони $\text{He}^{++}$	Дуже висока	Низька. Захист: 0,1 мм води, лист паперу
бета-	Електрони	Значно висока	Висока. Захист: шар алюмінію до 0,5 мм.
гама-	ЕМВ	Значно низька	Дуже висока. Захист: шар свинцю до декількох см.

Випромінювання характеризується за своєю іонізуючою і проникною спроможностями. *Іонізуюча здатність* випромінювання визначається питомою іонізацією, тобто числом пар іонів, що утворюються частинкою в одиниці об'єму; розміром пробігу, тобто шляхом, пройденим частинкою в речовині до її повного зникнення.

Заряджені частинки різні за природою, але з однаковою енергією, утворюють практично однакову кількість пар іонів (повна іонізація). Але щільність іонізації, або *питома іонізація*, тобто кількість пар іонів на одиницю шляху частинки в речовині, буде різною. Частинки з більшим зарядом та меншою швидкістю, зрозуміло, сильніше взаємодіють з електронами. Так, питома іонізація  $\alpha$ -частинок найбільша і на 1 см шляху вони утворюють декілька десятків тисяч пар іонів;  $\beta$ -частинки- лише 50-100 пар іонів.

Різні види випромінювання супроводжуються вивільненням різної кількості енергії, що має різну *пропускну (проникаючу)* здатність, тому вони здійснюють неоднаковий вплив на тканини живого організму. — випромінювання, яке представляє собою потік важких частинок, затримується листком паперу. Тому воно є безпечним, але доки не потрапить в організм крізь відкриту рану.  $\beta$ - випромінювання володіє більшою проникаючою здатністю: воно проходить в тканини організму на глибину 1–2 сантиметри. Проникаюча здатність гама – випромінювання, яке поширюється зі швидкістю світла, дуже велика: його може затримати лише товста свинцева пластинка.

Таблиця 2.

**Характеристика різних видів випромінювання**  
(А.С.Енохович Справочник по физике и технике - с. 208, табл. 260.)

Властивості радіовипромінень	$\alpha$ -промені	$\beta$ -промені	$\gamma$ -промені
Швидкість частинок, які вилітають з ядра радіоактивних речовин.	14000–20000 км/с	160000 км/с	300000 км/с
Енергія частинки	4–9 Мев	від сотих долей до 1–2 Мев	0,2 – 3 Мев*
Маса однієї частинки, що вилітає	6,6 x 10 кг	9 x 10 кг	2,2 x 10 кг
Пробіг (шлях, який проходить частинка в речовині до зупинки): в повітрі, в алюмінії, в біологічній тканині.	3–9 см до 0, 06 мм до 0, 1 мм	до 40 м до 2 см до 6 см	до декількох сотень метрів, в свинці до 5 см; пронизує тіло людини

\*енергія частинок виражається у електрон-вольтах (еВ). Це та енергія, яку одержує електрон, що проходить в електричному полі з різницею потенціалів в 1 В. Величина енергії, що дорівнює 1 тис. еВ-кілоелектронвольт; та, що дорівнює 1 млн еВ - мегаелектронвольт (МеВ). ( *Радіобіологія* )



Серед різноманітних видів іонізуючих випромінювань, як уже зазначалося вище, надзвичайно важливими при вивченні питання небезпеки для здоров'я і життя людини є випромінювання, що виникають в результаті розпаду ядер радіоактивних елементів, тобто радіоактивне випромінювання.

Радіоактивне випромінювання є одним з видів іонізуючих випромінювань. Радіонукліди (ядра радіоактивних елементів) створюють випромінювання в момент перетворення одних атомних ядер в інші. З часом кількість радіоактивного елементу зменшується внаслідок цих перетворень (радіоактивного розпаду). Швидкість цього процесу суто індивідуальна для кожного радіоізоотопу, залежить від будови ядра, тому вплинути на неї будь-якими фізичними або хімічними засобами неможливо. Для характеристики швидкості радіорозпаду на практиці використовують так званий *період напіврозпаду- час, протягом якого розпадається половина вихідної кількості радіонуклідів* (від секунд до млн років).

Кількість радіоактивної речовини зазвичай визначають не за масою (г, мг), а *активністю* - кількістю радіоактивних перетворень за одиницю часу, що характеризує їх іонізуючу спроможність. Адаже, однакова маса різних радіонуклідів має різну швидкість радіорозпаду, отже і різну активність. Наприклад, однакова маса радіонуклідів  $^{238}\text{U}$ ,  $^{32}\text{P}$ ,  $^8\text{Li}$  має різні періоди напіврозпаду, відповідно - 4,5 млн років, 14,3 дні, 0,89 с. Найбільша активність буде у літію ( $^8\text{Li}$ ) та фосфору ( $^{32}\text{P}$ ) і найменша - у урану ( $^{238}\text{U}$ ), тому що кількість розпадів в 1 с більша у перших двох радіоізоотопів. [4].

Одиницею *активності* у міжнародній системі (СВ) слугує розпад в секунду (розп./с). Цій одиниці присвоєна назва Беккерель (Бк),  $1 \text{ Бк} = \text{с}^{-1}$  (розмірність сталої радіорозпаду виражають в зворотніх одиницях часу:  $\text{с}^{-1}$ ,  $\text{хв}^{-1}$ , для розуміння того, що кількість ядер не зростає, а зменшується). Позасистемною одиницею є кюрі (Кі).  $1 \text{ Кі} = 3,7 \times 10^{10} \text{ Бк}$ .

Міра дії іонізуючого випромінювання в будь-якому середовищі залежить від енергії випромінювання та оцінюється *дозою* іонізуючого випромінювання.

В результаті взаємодії випромінювання та певного середовища, останньому передається певна величина енергії випромінювання. Частина випромінювання, яка пронизує певний об'єкт проходить, не затримуючись (не поглинаючись), тому впливу не створює. Для виміру кількості поглиненої енергії вводиться поняття "доза випромінювання" - кількість енергії, яка поглинута одиницею маси речовини.

Доза визначається для повітря, речовини і біологічної тканини. Відповідно розрізняють *експозиційну, поглинену та еквівалентну* дози іонізуючого випромінювання.

**Експозиційна доза** характеризує іонізуючу спроможність **гама- та рентгенівського випромінювання в повітрі**, вимірюється в кулонах на 1 кг (Кл/кг); на практиці застосовується позасистемна одиниця — рентген (Р);  $1 \text{ Кл/кг} = 3,88 \times 10^3 \text{ Р}$ .

Гама- та рентгенівське випромінювання має високу проникаючу здатність і безпосередньо виміряти іонізацію (підрахувати кількість пар іонів), наприклад, в глибині тканин живого організму неможливо. Від експозиційної дози за допомогою відповідних коефіцієнтів можна встановити дозу, поглинену об'єктом.

**Поглинута доза** характеризує енергію іонізуючого випромінювання, що поглинається одиницею маси опроміненої речовини. Вона вимірюється в Грех Гр (1 Гр = 1 Дж/кг).

Для визначення поглинутої дози для будь-якого, а не тільки гама- та рентгенівського випромінювання, середовища застосовується позасистемна одиниця рад - поглинута доза будь-якого виду випромінювання, при якому в 1 г маси речовини поглинається енергія випромінювання, яка дорівнює  $100 \text{ ерг} = 10^{-2} \text{ Дж/кг}$ . (1 Гр = 1 Дж/кг = 100 рад).

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.

Щоб врахувати цей ефект введено поняття еквівалентної дози.

**Еквівалентна доза** є мірою біологічного впливу випромінювання на конкретну людину, тобто індивідуальним критерієм небезпеки, зумовленим іонізуючим випромінюванням. За одиницю вимірювання еквівалентної дози прийнятий зіверт (Зв). Зіверт дорівнює поглинутій дозі в 1 Дж/кг (для рентгенівського та  $\alpha$ - і  $\beta$ -випромінювань).

Позасистемною одиницею служить бер (біологічний еквівалент рада).  $1 \text{ бер} = 0,013 \text{ Зв}$ .

**Щільність забруднення (питома поверхнева активність)** - активність певного радіонукліду ( $A_i$ ) на досліджуваній поверхні площею  $S_p$ :  $\sigma_i = A_i/S_p$  (Бк/м<sup>2</sup>).

Таблиця 3.

**Зв'язок між одиницями у системі СІ та позасистемними одиницями**

Величина	Назва та позначення одиниці		Зв'язок між одиницями
	у системі СІ	позасистемна	
Активність	Беккерель (Бк)	Кюрі (Кі)	1 Бк = 1 розпад/секунду 1 кБк = $1 \times 10^3$ Бк 1 Бк $\sim 2,7 \times 10^{-11}$ Кі 1 Кі = $3,7 \times 10^{10}$ Бк
Еквівалентна доза	Зіверт (Зв)	Біологічний еквівалент раду (бер)	1 Зв = 1 Дж/кг 1 Зв = 100 бер 1 бер = 0,01 Зв
Ефективна доза	Зіверт (Зв)	Біологічний еквівалент раду (бер)	1 Зв = 1 Дж/кг 1 Зв = 100 бер 1 бер = 0,01 Зв
Експозиційна доза	Кулон на кг (Кл/кг)	Рентген (Р)	$1 \text{ Р} = 2,28 \times 10^{-4} \text{ Кл/кг}$ $1 \text{ Р} \sim 0,88 \text{ сГр}$ (у повітрі) $1 \text{ Р} \sim 0,93 \text{ сГр}$ (у біологічній тканині)
Питома активність	Беккерель на кг (Бк/кг)	Кюрі на кг (Кі/кг)	$1 \text{ Бк/кг} \sim 2,7 \times 10^{-11} \text{ Кі/кг}$ $1 \text{ Кі/кг} = 3,7 \times 10^{10} \text{ Бк/кг}$
Поглинута доза	Грей (Гр)	Рад (рад)	1 Гр = 1 Дж/кг 1 Гр = 100 рад 1 сГр = 0,01 Гр

			1 рад = 0,01 Гр
Потужність поглинутої дози	Грей за секунду (Гр/с)	Рад за секунду (рад/с)	1 Гр/с = 100 рад/с 1 рад/с = 0,01 Гр/с
Щільність забруднення	Беккерель на квадратний метр (Бк/м <sup>2</sup> )	Кюрі на квадратний метр (Ки/м <sup>2</sup> )	1 Бк/м <sup>2</sup> ~ = 2,7 x 10 <sup>-5</sup> Ки/км <sup>2</sup> 1 Ки/м <sup>2</sup> = 3,7 x 10 <sup>4</sup> Бк/м <sup>2</sup>

Таблиця 4.

**Множники і префікси для утворення десяткових кратних дольних одиниць, їх назви та позначення**

<i>Множник</i>	<i>Префікс</i>	<i>Позначення</i>
10 <sup>18</sup>	екса	Е
10 <sup>15</sup>	пета	П
10 <sup>12</sup>	тера	Т
10 <sup>9</sup>	гіга	Г
10 <sup>6</sup>	мега	М
10 <sup>3</sup>	кіло	к
10 <sup>2</sup>	гекто	г
10 <sup>1</sup>	дека	да
10 <sup>-1</sup>	деци	д
10 <sup>-2</sup>	санти	с
10 <sup>-3</sup>	мілі	м
10 <sup>-6</sup>	мікро	мк
10 <sup>-9</sup>	нано	н
10 <sup>-12</sup>	піко	п
10 <sup>-15</sup>	фемто	ф
10 <sup>-18</sup>	атто	а

**4. Природні та штучні джерела радіації**

3. Основну частину опромінення живі організми одержують від природних джерел випромінювань. Протягом всієї історії існування нашої планети різні види випромінювання попадають на поверхню Землі з Космосу і надходять від радіоактивних речовин, які знаходяться у земній корі.

Космічні промені (випромінювання радіоактивних ізотопів вуглецю-14 і тритію) як джерело радіації переважно приходять до нас з глибин Всесвіту, але деяка певна їх частина народжується на Сонці під час сонячних спалахів. Ці промені можуть також взаємодіяти з земною атмосферою, породжуючи нові радіонукліди, і, таким чином, створювати повторне випромінювання.

Опромінення від природних джерел радіації зазнають усі жителі Землі, проте одні з них одержують більші дози, інші — менші. Це залежить від того, де вони живуть. Якщо людина проживає в зоні вапняків, то вона може отримати 0,3 мЗв за рік, у зоні осадових порід – 0,5 мЗв за рік, а у зоні гранітів – 1,2 мЗв за рік.

Гранично допустима доза загального опромінення (рентгенівського або гама-) людського організму, що не спричиняє помітної шкоди для здоров'я випромінювання) є доза в 0,05 Гр в рік (5 рад в рік).

Для спрощеної оцінки інформації про однотипове іонізуюче випромінювання можна використовувати такі співвідношення:

1 Гр = 100 бер = 100 Р = 100 рад = 1 Зв (з точністю до 10-15%); радіоактивне забруднення щільністю 1 Кі/м<sup>2</sup> еквівалентно потужності експозиційної дози 10 Р/г, або потужність експозиційної дози іонізуючого випромінювання 1 Р/рік відповідає забрудненню в 10 мкКі/см<sup>2</sup>.

Згідно досліджень, проведених у Франції, Німеччини, Італії, Японії і США, приблизно 95 % населення цих країн живе в місцях, де потужність дози іонізуючого випромінювання в середньому становить 0,3-0,6 мЗв/рік, а отже за 70 років еквівалентна доза становитиме тут 21-42 мЗв або 2,1-4,2 бер. Деякі групи населення отримують значно вищі річні дози опромінення від природного радіоактивного фону. Так встановлено, що приблизно 3 % населення отримують в середньому 1 мЗв/рік, що за життя становитиме 70 мЗв або 7 бер за 70 років. Близько 1,5 % населення цих країн отримують 1,4 мЗв/рік, або 91 мЗв протягом життя, або 9,1 бер за життя.

Існують області на земній кулі, де рівень природної радіоактивності ще вищий і досягає 250 мЗв/рік - це місто Гуарапари (Бразилія). На південному заході Індії 70 тис. чоловік проживають на узбережжі, де піски особливо багаті торієм, що забезпечує середню еквівалентну дозу 3,8 мЗв/рік. Відомі місця з підвищеним радіоактивним фоном у Франції, Росії та інших країнах.

В середньому радіоактивність води та повітря на 2-4 порядки нижча, ніж гірських порід та ґрунтів.

Радіоактивність живих організмів обумовлена, в основному, <sup>40</sup>К. Середні рівні природної радіоактивності в продуктах харчування та навколишньому середовищі приблизно є такими:

- |   |                  |
|---|------------------|
| • молоко (за рахунок <sup>40</sup> К)       | 50 Бк/л;         |
| • картопля(за рахунок <sup>40</sup> К)      | 100 - 150 Бк/кг; |
| • риба (за рахунок <sup>40</sup> К)         | 50 Бк/л;         |
| • рослинна олія                             | 180 Бк/л;        |
| • морська вода (за рахунок <sup>40</sup> К) | 12000 Бк/м ;     |
| • споживання людиною з їжею <sup>14</sup> С | 100 Бк/день;     |
| • споживання людиною з їжею <sup>40</sup> К | 100 Бк/день.     |

Тільки при одноразовому рентгенівському опроміненні за рік, яке проводиться з метою профілактики захворювань населення, доза опромінення людини в декілька разів менша графічно допустимої дози.

Приблизно 2/3 ефективної еквівалентної дози внутрішнього опромінення, що людина отримує від природних радіоактивних джерел, обумовлюється радіоактивними речовинами, що надходять в організм з їжею, водою та повітрям. Незначна частина цієї дози припадає на космогенні радіонукліди - вуглець <sup>14</sup>С та тритій <sup>3</sup>Н. Основна ж доля цієї дози - до 180 мкЗв/рік припадає на калій <sup>40</sup>К, що засвоюється організмом разом з іншими стабільними ізотопами калію, що є необхідним для життя. Значною мірою дозу внутрішнього опромінення формують радіоактивні ізотопи ряду урану <sup>238</sup>U і меншою мірою - торію <sup>232</sup>Th.

Відносний рівень радіоактивності будівельних матеріалів (середня концентрація природних радіонуклідів у силікатній цеглі прийнята за 1) приблизно

такий: вапно - 0,6; цегла силікатна - 1,0; пісок будівельний -1,2; цемент - 1,9; глина, бетон - 2,3; граніт - 3,8; цегла червона - 3,9.

З інших джерел природного радіоактивного фону слід виділити *кам'яне вугілля*. Вміст радіонуклідів у вугіллі, з однієї сторони, коливається в значних межах, з іншої сторони, він є нижчим, ніж в земній корі. Але в результаті спалювання більша частина його мінеральних компонентів спікається в шлак або золу, де переважно й зосереджені радіонукліди. Хоча основна частина цієї золи та шлак і залишається на дні топки, легкий зольний пил все ж надходить в атмосферу в обсягах, які залежать від ефективності роботи очисних споруд. В середньому кожний ГВт/рік електроенергії забезпечує людству 2 люд-Зв очікуваної колективної ефективної еквівалентної дози. На приготування їжі та опалення будинків витрачається менше палива, але разом з тим в даному випадку більше зольного пилу летить в повітря в перерахунку на одиницю палива [23].

Найбільш вагомим із усіх природних джерел радіації є важкий газ *радон* (у 7,5 разів важче повітря). У природі радон зустрічається в двох формах: у вигляді радону-222, члена радіоактивного ряду, утвореного продуктами розпаду урану-238, і у вигляді радону- 220 , члена радіоактивного ряду торію -232. Основну частину дози опромінення від радону людина одержує, знаходячись у закритому, не провітрюваному приміщенні. Концентрація радону в закритих приміщеннях у середньому у вісім разів вище, ніж у зовнішньому атмосферному повітрі.

Радон концентрується в повітрі всередині приміщень лише тоді, коли вони в достатній мірі ізольовані від зовнішнього середовища. Надходячи у приміщення тим чи іншим шляхом (просочуючись через фундамент і підлогу, чи ґрунт, вивільняючись з будівельних матеріалів), радон накопичується в ньому. У результаті в приміщенні можуть виникати досить високі рівні радіації. Тому необхідно провітрювати як оселю, так і підвальні приміщення [31].

За останні декілька десятиріч людина створила декілька сотень штучних радіонуклідів і навчилася використовувати енергію атома в самих різних напрямках: в медицині і для створення атомної зброї, для виробництва енергії і пошуку корисних копалин. Все це призводить до збільшення дози опромінення населення в цілому.

Індивідуальні дози, що отримуються різними людьми від штучних джерел радіації, сильно різняться. В більшості випадків ці дози невеликі, але іноді опромінення за рахунок техногенних джерел виявляється в багато тисяч разів інтенсивнішим, ніж за рахунок природних.

Радіація використовується в медицині як в діагностичних цілях, так і для лікування. Одним із самих розповсюджених медичних приборів є рентгенівський апарат. Отримують все більш широкого розповсюдження і нові складні діагностичні методи, які ґрунтуються на використанні радіоізотопів. Відомо, що одним із основних способів боротьби з раком є променева терапія. Джерелом опромінення, навколо якого ідуть суперечки, є атомні електростанції. При нормальній роботі ядерних установок викиди радіоактивних матеріалів в навколишнє середовище дуже невеликі. Джерелом опромінення являються і деякі предмети загального вжитку, які містять радіоактивні речовини. До таких предметів відносяться розповсюджені годинники з циферблатом, який світиться; антистатичні щітки для видалення пилу з платівок і фотопредметів, дія яких заснована на випроміненні  $\alpha$  – частинок; при

виготовлені особо тонких оптичних лінз використовують торій, який може призвести до суттєвого опромінення кристалика ока; для надання блиску штучним зубам використовують уран. Використання радіоактивних речовин в таких випадках є суто естетичною метою, тому опромінення абсолютно невиправдане.

При середній річній дозі 200 мбер або 2 мЗв (у повітрі, воді та м'язовій тканині 1 бер або біологічний еквівалент рентгена приблизно дорівнює 1 Р, або 1 рад поглиненої дози) вклад окремих штучних джерел випромінювання в дозове навантаження приблизно такий:

- медичні прилади (флюорографія 370 мбер; рентгенографія зуба 3 бер; рентгеноскопія легенів 2-8 бер) - 100-150 бер;
- перегляд телепередач (4 години в день) - 1,0 бер;
- польоти в літаку (висота 2 000 км, віддаль 1 200 км, 5 разів в рік) - 2,5-5,0 бер;
- АЕС - 0,1 бер;
- ТЕЦ (на вугіллі, на відстані 20 км від станції) - 0,6-6,0 бер;
- глобальне випадання опадів після випробування ядерної зброї - 2,5 бер.

### **5. Біологічна дія радіоактивного випромінювання в залежності від його характеру, дози, терміну впливу**

Живий організм зазнає опромінення двома способами — зовнішнім та внутрішнім. Якщо джерело випромінювання знаходяться поза організмом і опромінює його ззовні, то у цьому випадку говорять про *зовнішнє опромінення*. У випадку потрапляння радіонуклідів всередину організму, яке відбувається через повітря або у складі продуктів харчування, питної води, тобто, через органи дихання та кишково-шлунковий тракт, то таке опромінення називають *внутрішнім*.

Перед тим, як потрапити до людини, радіоактивні речовини проходять складний маршрут у навколишньому середовищі, а саме, ланцюг ґрунт – рослина - тварина - людина.

Після припинення основних викидів з аварійного блоку і розпаду короткоживучих радіонуклідів ( $^{131}\text{I}$ ) основними забруднювачами сільськогосподарських угідь стали цезій-137 ( $^{137}\text{Cs}$ ) та стронцій-90 ( $^{90}\text{Sr}$ ).

Міграція радіонуклідів по харчовим ланцюгам від ґрунту до організму людини є, поряд із зовнішнім опроміненням, основним шляхом внутрішнього опромінення.

Визначальною ланкою надходження радіоактивних цезію і стронцію в організм людини є система ґрунт – рослина. Радіоактивний цезій концентрується в ґрунті і залишається основним джерелом надходження в рослини, м'ясо, молоко, організм людини. З часом радіонукліди стають більш доступними для рослин.

Після потрапляння радіоактивного цезію в ґрунт він мігрує як у горизонтальному, так і у вертикальному напрямках, при цьому важливим стає його розчинність. У ґрунті цезій переходить у важкодоступну, зв'язану форму (утворюються майже нерозчинні солі) і його надходження у кореневу систему рослин невелике, але, наприклад, кислотні дощі підвищують розчинність цих форм. За ступінню збільшення поглинаючої здатності цезію ґрунти можна розмістити наступним чином: чорнозем - каштанові ґрунти - дерново-підзолисті.

Для оцінки надходження радіонуклідів з ґрунту до рослини найбільш часто використовують показники коефіцієнтів переходу (Кп) та накопичення (Кн). Кп - це відношення вмісту радіонукліда в рослинній масі до поверхневої активності ґрунту. Кн - Кп - це відношення вмісту радіонукліда в рослинній масі до вмісту (концентрації) радіонукліда у ґрунті. Цей коефіцієнт для різних культур віріює для Sr-90 від 0,02 до 12; для Cs-137 — от 0,02 до 1,1.

Величина накопичення радіонуклідів залежить від: 1) властивостей радіонуклідів та їх форм фізико-хімічних форм знаходження в ґрунті; 2) фізико-хімічних властивостей самого ґрунту; 3) біологічних особливостей рослин; 4) агротехніки вирощування; 5) погодно-кліматичних умов.

Найбільший вплив має мінеральний склад ґрунту та ступінь подрібненості (дисперсоності) частинок г ґрунту. Чим більше в ньому глинистих часточок, тим міцніше зв'язуються радіонукліди і, тим менше менше коефіцієнт накопичення їх рослинами. Відповідно, на важких ґрунтах радіонуклідів накопичується менше, ніж на легких. Наприклад, коефіцієнт переходу Cs-137 для картоплі на дерново-підзолистому пісчаному ґрунті складає 0,08, а на дерново-підзолистому суглинному - 0,03. Для Sr-90, відповідно, 0,33 і 0,17.

На Поліссі переважають супішані легкі дерново-підзолисті і торфяно-болотні ґрунти. Коефіцієнти переходу Cs-137 в рослини тут у 4-5 разів вище, ніж на інших ґрунтах, зокрема, на чорноземах, які мають багатий Cs-137 ґрунтово-поглинаючий комплекс з фізичною глиною, мулом та гумусом.

Встановлена зворотня залежність між коефіцієнтом переходу в рослини Cs-137 та вмістом у ґрунті обмінного калію, який має конкурентний вплив на надходження цього радіонукліду (радіоактивний цезій, який має період напіврозпаду  $30 \pm 0,2$  роки, має подібні властивості із калієм).

Це також стосується і Sr-90, але залежність менш виражена. Більш чітка зворотня залежність спостерігається між вмістом кальцію як конкурента для радіоактивного стронцію. Чим більше у ґрунті кальцію і, відповідно, менша його кислотність, тим менше коефіцієнт переходу стронцію-90 у рослини.

Кількісним показником, який характеризує перехід радіонуклідів з раціону в 1 кг сільськогосподарської продукції тваринного походження, є також коефіцієнт переходу:

$$K_{\Pi} = \frac{A_{\text{прод.}} \times 100}{A_{\text{рац}}}$$

де,  $A_{\text{прод.}}$  - вміст радіонукліда в продуктах тваринництваживотноводства, Бк/кг;  
 $A_{\text{рац.}}$  - сумарний вміст радионукліда в добовому раціоні тварин, Бк.  
(<http://neznaniya.net/agrojekologija/radiacionnaja-bezopasnost/918-postuplenie-radiionuklidov-v-rasteniya.html>)

Таким чином, природні умови регіону – кисла реакція ґрунтів, бідність їх глинистими та слюдистими мінералами, висока зволоженість території, наявність великої кількості лісів, боліт і торфовищ сприяють посиленій міграції радіонуклідів. Як наслідок навіть через 28 років з моменту аварії тут спостерігаються підвищенні рівні забруднення радіонуклідами ґрунтів і продуктів харчування.

В організмі сільськогосподарських тварин та дичини  $^{137}\text{Cs}$  надходить з кормом, виводиться через нирки. До 80% радіоцезію, який надійшов в організм накопичується у м'язах, до 10% - в скелеті. Велика кількість цезію потрапляє у

молоко. При довготривалому надходженні цезію з кормом у молоці корів накопичується до 0,8-1,2% інкорпорованого (який включився в структури та обмінні процеси організму) радіоцезію з розрахунку на 1 л; у молоці кіз - до 10-20%. Це пов'язано із фізіологічними особливостями тварин, умовами утримання.

Джерелом надходження радіоцезію в організм людини також є курячі яйця, причому в білку його міститься у 2-3 рази більше, ніж у жовтку; у скорлупі - 1-2% від накопиченого в яйці.

Дослідженнями підтверджено, що радіонукліди, зокрема цезій-137, у великих кількостях накопичується у водних організмах. Слабка мінералізація води призводить до великого їх накопичення. Так, у прісноводних риб цезію накопичується у десятки, а то і сотні разів більше, ніж у морській. В тей же час, у океанічній рибі - у 10-20 разів менше, ніж у риб внутрішніх морів (наприклад, Каспійського). радіоактивний цезій, як і калій активно бере участь у обмінних процесах. Накопичуючись в тканинах, призводить до відносно рівномірного опромінювання. Виводиться в основному із сечею; період напіввиведення з організму - 65-100 діб. Цей процес залежить від фізіологічного стану організму, віку, статі, характеру їжі. Велика частка радіоцезію потрапляє з організму матері до плоду через плаценту, а потім - з молоком. Є повідомлення про рекомендації обмеженого вживання в їжу, наприклад, риби вагітним жінкам у скандинавських країнах.

Радіоізотоп стронцію-90 має період напіврозпаду 28,9 років. Якщо цезій-137 випромінює гама-, то радіостронцій - бета-промені. При радіоактивному розпаді  $^{90}\text{Sr}$  перетворюється на радіоактивний іттрій з періодом напіврозпаду 64 год. Повний розпад  $^{90}\text{Sr}$  відбудеться лише через декілька сотен років!

$^{90}\text{Sr}$  дуже рухомий у ґрунті і більша його частина розміщується у верхніх горизонтах. Його накопичення, як і інших радіонуклідів, залежить від метеоумов, географічного положення, типу ґрунту, тощо.

Стронцій є аналогом кальцію, тому він здатен відкладатися у кістковій тканині.

Виведення з організму відбувається як з калом, так і з сечею. Встановлено декілька періодів напіввиведення радіостронцію: короткий період становить 2,5- 8,5 діб. Це в основному виведення його з м'яких тканин. Довгий період - 90-154 діб (виведення з кісткової тканини).

Основним постачальником стронцію-90 для жителів Українського Полісся після аварії на ЧАЕС також є молоко та молочні продукти. Наприклад, в 1987 році в Народницькому районі з молоком в організм поступало 63% стронцію-90, в Поліському — 82,5%.

Середні рівні активності Sr-90 в м'ясопродуктах після аварії на ЧАЕС в 1987 році збільшилось в 8,2 разів порівняно з доаваріаційним рівнем. В 1990 році вона залишалася в 2,8 раза вище доаваріаційного рівня.

Таким чином, продукти тваринництва відносяться до основних джерел радіонуклідів для людини, у зв'язку з цим необхідно розглянути основні заходи зниження надходження радіонуклідів в організм сільськогосподарських тварин [18].

Особливості біологічної д радіації на організм. Енергія іонізуючого випромінювання завжди перевищує енергію внутрішніх та зовнішніх молекулярних зв'язків, тому в природі не існує об'єкту, який би не підлягав впливу радіації.



Особливістю дії іонізуючих випромінювань на живий організм є різка невідповідність між дуже малою кількістю енергії, яку він поглинає, і високим ступенем біологічного ефекту, навіть до смерті (термін "радіобіологічний парадокс" ввів видатний біолог М. В. Тимофєєв-Ресовський).

Наприклад, опромінення будь-яким видом іонізуючого випромінювання дозою 10 Гр є абсолютно смертельним для всіх ссавців. Якщо умовно перевести цю енергію у теплову, це буде відповідати нагріванню організму лише на  $0,001^{\circ}\text{C}$ , тобто, менше, ніж від стакану гарячого чаю [19].

Летальні дози ( дози, що призводять до загибелі) коливаються в досить широких межах. Кожному біологічному виду властива своя міра чутливості до дії іонізуючого випромінювання, яка характеризує його радіочутливість. На сьогоднішній день не існує пояснення цього феномену. Єдине, що зрозуміло, що ссавці і людина, в тому числі, мають меншу чутливість до радіації, ніж риби, птахи та земноводні.

Для вираження радіочутливості існують величини ЛД (летальна доза) $_{50/30}$  і ЛД $_{100/30}$  - це мінімальні дози опромінення, які викликають смерть відповідно 50% і 100% опромінених тварин протягом 30 днів.

Дози фонового випромінювання, яка викликає загибель 50% організмів в опроміненій популяції - ЛД (D) $_{50}$ , Гр. Наприклад, вівці-1,5; птахи - 8,0; риби - 10; собака-2,5; людина - 2,5; комахи - 10; дріжджі - 300; рослини - 10; найпростіші - від 1000 до 3000.

Альтернативним поняттям радіочутливості є радіорезистентність (радіостійкість). Прикладом наднизької радіочутливості можуть бути бактерії *Micrococcus radiodurens*, які були знайдені в каналі ядерного реактора, де поглинута доза за добу складала приблизно  $10^6$  Гр.

Ступінь радіочутливості має великий розмах у межах одного виду і залежить від віку, статі, фізіологічного стану, тому існує поняття *індивідуальної радіочутливості*.

Біологічний ефект різних видів випромінювання неоднаковий. Це пов'язано з відмінностями їхньої проникної здатності, а також від характеру передачі енергії тканинам та органам живого організму. Для оцінки біологічного впливу використовують біологічний еквівалент рентгена - **бер** (від англ. - rem, Roentgen Equivalent of Man). Отже для кожного виду випромінювання повинен існувати свій так званий коефіцієнт якості, інакше, коефіцієнт відносної біологічної активності конкретного виду випромінювання  $\eta$ .

Для рентгенівського, гама-, бета-випромінювань  $\eta=1$ ; для альфа-випромінювання  $\eta=20$ ; для нейтронів  $\eta=3-10$ .

Доза в берах еквівалентна дозі в радах, помноженої на коефіцієнт відносної біологічної активності. В міжнародній системі одиниць використовується **Зіверт**.

$$\begin{aligned} 1 \text{ бер} &= 1 \text{ рад} / \eta = 1 \cdot 10^{-2} \text{ Дж/кг} / \eta = \\ &= 1 \cdot 10^{-2} \text{ Гр} \eta = 1 \cdot 10^{-2} \text{ Зв}; \end{aligned}$$

$$1 \text{ Зв} = 1 \text{ Гр} \eta = 1 \text{ Дж/кг} / \eta = 100 \text{ рад} \eta = 100 \text{ бер.}$$

Внутрішнє опромінення в багато разів більш небезпечним, ніж зовнішнє, при тих самих кількостях радіонуклідів.

По-перше, різко збільшується час опромінення тканин організму, тому що при внутрішньому опроміненні тривалість його у часі збігається з часом перебування радіоактивної речовини в організмі. Для найбільш небезпечних речовин, таких, як  $Ra^{226}$  чи  $Pu^{239}$ , виведення з організму практично відсутнє, і опромінення триває все життя.

По-друге, доза внутрішнього опромінення різко зростає через надмалу відстань тканини до джерела іонізації (інкорпорованих радіонуклідів).

По-третє, як відомо, проникна здатність альфа-частинок мала, вони затримуються роговим шаром шкіри при зовнішньому опроміненні, але, при попаданні всередину тканин організму, маючи високу іонізуючу здатність, переводить їх в розряд найбільш небезпечних.

По-четверте, за дуже невеликим виключенням, радіоактивні речовини розподіляються по тканинах організму нерівномірно, а вибірково концентруються в окремих органах, ще більш підсилюючи їхнє локальне опромінення.

По-п'яте, у випадку внутрішнього опромінення ми позбавлені можливості використовувати ті методи захисту, що розроблені для зовнішнього опромінення.

Патологічна дія опромінення на організм значною мірою залежить від місця локалізації радіоактивної речовини. Наприклад, головна небезпека радіо полягає в тому, що він відкладається в кістах і випромінює  $\alpha$ -частки. Викликаючи дуже сильну іонізацію,  $\alpha$ -частки ушкоджують як кістки, так і особливо чутливі до випромінювання клітини кровотворних тканин, викликаючи важкі захворювання крові й утворення злоякісних пухлин. Пил, що містить радіоактивні частки, призводить до утворення радіоактивних відкладень у легенях і сприяє розвитку раку.

Ступінь радіаційної небезпеки радіонуклідів при внутрішньому опроміненні людини залежить від шляху надходження радіоактивної речовини в організм (через органи дихання, шлунково-кишковий тракт чи безпосередньо в кров через ушкодження шкіри), розподілу радіоактивної речовини в організмі, тривалістю надходження, терміном перебування та локалізацією в організмі радіоактивної речовини в тілі людини, від проникної здатності опромінювання.

З трьох шляхів надходження радіонуклідів в організм найбільш небезпечним є вдихання забрудненого повітря.

При вдиханні повітря разом із пилинками, на яких адсорбуються радіонукліди, вони проходять через верхні дихальні шляхи і частково осідають у порожнині рота і носоглотки. Звідси вони надходять у травний тракт. Інші частки разом з повітрям попадають у легені, де затримуються легневими тканинами. Великі частки ( $>1$  мкм;  $1$  мкм =  $10^{-6}$  м) ефективно затримуються верхніми дихальними шляхами. У цьому випадку в легенях осідає 20% вдихуваних аерозолей, однак при розмірах часток, менше 1 мкм ця частка зростає до 90%.

На піддослідних тваринах встановлено, що вже через кілька хвилин після попадання радіонуклідів в організм вони виявляються в крові. При цьому концентрація їх наростає до максимуму (якщо введення було однократним), і вже протягом 15—20 діб знижується до визначеного рівня, що у випадку довго-живучих ізотопів може утримуватися постійним протягом довгих місяців за рахунок процесу

вимивання речовин, що відклалися. Тоді концентрація радіонукліда в крові менше, ніж в окремих тканинах.[4].

Важливим моментом є *тривалість надходження* радіонукліда в організм. Це пов'язано з тим, що в ряді випадків коефіцієнт засвоєння дуже низький, навіть надходження великих кількостей радіоактивних речовин може закінчитися благополучно. У той же час при хронічному надходженні радіонуклідів в організм у ньому може нагромадитися небезпечна (або навіть смертельна) кількість випромінювача.

*Термін перебування* випромінювача в організмі визначає тривалість опромінення тканин, що прилягають до місця локалізації радіонукліда. При розрахунках припустимих величин внутрішнього опромінення використовують ефективну постійну розпаду, або ефективний період, що враховує зникнення радіоактивної речовини з організму двома шляхами: за рахунок розпаду самого радіонукліда і в результаті звичайних процесів виділення. Для кількісного опису останнього на піддослідних тваринах вимірюють період напіввиведення, обумовлений як час, за який з організму виводиться половина атомів розглянутого елемента, що знаходиться в ньому. Біологічні періоди напіввиведення різноманітні — від декількох годин (криптон, ксенон, радон, торій) практично до нескінченності (стронцій, радій, плутоній).

*Радіаційний вплив на молекулярному рівні.* Під час дії випромінювання на клітинну мембрану відразу ж порушуються молекулярні зв'язки, атоми перетворюються в іони. Крізь зруйновану мембрану в клітину починають надходити сторонні (токсичні) речовини, робота її порушується. Якщо доза випромінювання невелика, відбувається рекомбінація електронів, тобто повернення їх на свої місця.

Молекулярні зв'язки відновлюються, і клітина продовжує виконувати свої функції. Якщо ж доза опромінення висока або дуже багато разів повторюється, то електрони не встигають рекомбінувати; молекулярні зв'язки не відновлюються; виходить з ладу велика кількість клітин; робота органів розладнується; нормальна життєдіяльність організму стає неможливою.

Специфічність дії іонізуючого випромінювання полягає в тому, що інтенсивність хімічних реакцій, індукованих вільними радикалами, підвищується, й у них втягуються багато сотень і тисячі молекул, не порушених опроміненням. Таким чином, ефект дії іонізуючого випромінювання зумовлений не кількістю поглинутої об'єктом, що опромінюється, енергії, а формою, в якій ця енергія передається. Ніякий інший вид енергії (теплова, електрична та ін.), що поглинається біологічним об'єктом у тій самій кількості, не призводить до таких змін, які спричиняє іонізуюче випромінювання.

Більш небезпечними й шкідливими є інший спосіб, при якому пошкодження проходять за рахунок дуже реакційних хімічних агентів. В результаті взаємодії радіації з живими клітинами утворюється велика кількість вільних радикалів кисню.

Вільний радикал кисню високотоксичний, наприклад, гідроксид-іон ОН є одним із основних агентів пероксидного окислення ліпідів. Гідроксил утворюється в значній кількості в результаті хімічних реакцій і приймає активну участь в окисленні органічних молекул. Найбільш трагічним для долі клітини із усіх процесів є розвиток вільно радикальних процесів окислення ліпідів.

Радіочутливість фосфоліпідів, які є основним структурним елементом всіх біологічних мембран, значно вище інших біомолекул і робить мембрани особливо чутливими по відношенню до окислювального стресу, тому це розглядати біологічні мембрани, як другу ( після ДНК і клітинного ядра ) мішень променевого ураження.

Тарусов Б. Р. запропонував гіпотезу про ланцюгову природу реакцій і сформулював важливі висновки, котрі зберігають своє значення і сьогодні:

-основним субстратом первинних променевих реакцій вільно радикального пероксидного окислення є ліпіди, в основному структурні, а в них – ненасичені жирні кислоти;

-іонізуюча радіація не викликає в організмі якихось нових, не притаманних йому в нормі реакцій, але активізує ланцюгові процеси окислення;

-процеси пероксидного окислення залежать від наявності природних інгібіторів (уповільнювачі) ланцюгових окислювальних реакцій – антиоксидантів, кількість і якість яких визначає радіочутливість організму.

Речовини, які послаблюють або нейтралізують негативний вплив радіації, називаються *радіопротекторами*. До них належать антиоксиданти. На відміну від них існують речовини, які підсилюють радіаційний ефект- радіосенсибілізатори - продукти перекисного окислення ліпідів, пероксиди органічних ненасичених кислот, адреналін, норадреналін, серотонін.

Нормально функціонуючі живі системи озброєні ефективними комплексами - власними антиоксидантами (певні ферментні системи, речовини різної хімічної природи, які легко окислюються: токоферол, каротин, аскорбінова кислота, протейни, білки та інші речовини [19].

*Радіаційний вплив на клітинному рівні.* Клітини організму навіть у межах однієї тканини мають різну радіочутливість. Це залежить від стадії розвитку, віку, функціонального мстану. Найбільше радіочутливе ядро клітини.

Іонізуюче випромінювання у будь-яких дозах викликають функціональні та морфологічні зміни у клітинах, діяльності майже всіх систем організму.

У 1903 р. французькі вчені Бергонье та Трибондо сформулювали правило, за яким радіочутливість клітин прямо пропорційна інтенсивності процесів клітинного поділу та зворотно пропорційна ступеню диференціації (розвитку) в них. Отже, більше всього від радіаційного опромінення потерпають органи, клітини яких мають високий рівень поділу. При одній і тій самій дозі випромінювання у дітей вражається більше клітин, ніж у дорослих, тому що у дітей більшість клітин перебувають у стадії поділу.

*Радіаційний вплив на тканинному рівні.* Різні тканини організму також нерівноцінні: є тканини з високою та низькою радіочутливістю. Останні називають радіорезистентними.

*Радіаційний вплив на рівні органів.* За морфологічними ознаками радіаційних наслідків органи поділяють на три групи:

1) органи високої чутливості до радіації лімфоузли, червоний кістковий мозок, вилочкова залоза, статеві залози та статеві органи, селезінка Зміни в них фіксуються при опроміненні дозою 25 Р;

2) помірно чутливі органи: шкіра та очі;

3) радіорезистентні органи: печінка, легені, нирки, мозок, серце, кістки та сухожилля. Зміни в них фіксуються при опроміненні дозою 100 Р та більше.

Загибель після опромінення відбувається внаслідок несумісного з життям ураження якого-небудь органу.

Для визначення гранично допустимого вмісту радіонуклідів в організмі було введено поняття *критичного* органу, тобто такого, опромінення якого завдає максимальної шкоди організму. Наприклад, для стронцію — скелет, для полонію — нирки, для йоду — щитовидна залоза.

Якби ступінь відновлення дорівнював або перевищував ступінь ушкодження, то опромінення не викликало б шкідливих наслідків. В дійсності компенсація ніколи не буває повною, і в організмі в результаті опромінення накопичуються необоротні ушкодження, що викликають, зокрема, скорочення тривалості життя після опромінення не смертельними дозами, виникнення злоякісних новоутворень (саркома, рак, лейкоз), стерильність, придушення потомства. Експерименти дозволяють сказати, що 80% шкідливих наслідків опромінення є оборотними, а 20% відносяться до стійких дефектів, що знижують життєздатність організму [23].

Деякі особливості дії іонізуючого випромінювання на організм людини:

- органи чуття не реагують на випромінювання;
- малі дози випромінювання можуть підсумовуватися і накопичуватися в організмі (кумулятивний ефект);
- випромінювання діє не тільки на даний живий організм, але і на його спадкоємців (генетичний ефект);
- різні організми мають різну чутливість до випромінювання.

Основними (первинними) дозовими межами є гранично допустима доза (ГДД) зовнішнього опромінення і межа річного надходження радіонукліда в організм людини.

Оскільки радіоактивність, накопичену в тому чи іншому органі, змінити практично неможливо, нормування надходження є єдиним оперативним засобом контролю внутрішнього опромінення. Обмежуючи надходження радіонуклідів, вдається не допустити їхнього нагромадження понад гранично допустимий вміст в організмі.

Отже, для оцінки ступеня внутрішнього опромінення людини основним кількісним критерієм є величина річного надходження, а не зведення про концентрації радіонуклідів у навколишньому середовищі (подібно тому, як при зовнішньому опроміненні головний критерій — доза, отримана організмом за рік, а не потужність дози в якийсь момент часу). (Люда).

*Гостре та хронічне опромінення.* Променева патологія (захворювання) виражається у вигляді променевої хвороби, яка може протікати гостро та хронічно.

*Гостра променева хвороба - це загальне захворювання, яке виникає внаслідок однократного та повторного опромінення значними дозами у відносно короткий проміжок часу.*

За важкістю протікання захворювання розрізняють чотири ступеня хвороби: перша-легка, яка виникає при дозах впливу 150-200 Р4 друга - середньої важкості, що виникає при дозах опромінення 200-400 Р; третя - важка, виникає при дозах 400-600 Р; четверта - вкрай важка, що розвивається при дозах більш як 600 Р.

Протікання променевої хвороби залежить від ряду факторів, зокрема, від виду випромінювання ( $\alpha$ -,  $\beta$ -,  $\gamma$  промені, рентгенівські промені, нейтрони), від величини

отриманої дози, індивідуальних особливостей організму, певних зовнішніх факторів.

В результаті дії зовнішнього та внутрішнього іонізуючого опромінення в організмі виникають патологічні зміни протікання метаболічних процесів, які, в першу чергу, негативно впливають на функціональну активність імунокомпетентних органів та систем.

Минуло вже 28 років після Чорнобильської катастрофи. На перший план сьогодні виходить проблема внутрішнього опромінення людини та тварин через довготривалу дію малих доз радіації.

Якщо підсумувати результати досліджень фізіологічного стану організму ряду авторів за останні десятиріччя, то спостерігаються наступні патології в результаті хронічної дії малих доз радіації: у системи крові - збільшення хромосомних пошкоджень в клітинах крові (лімфоцитах), підвищення автоімунних реакцій, підвищення вмісту вільних радикалів (продуктів недоокислення органічних молекул), якісні відхилення у клітинах крові, збільшилися злякисні зміни у тканинах та органах в організмі.

Якщо картина гострого та підгострого протікання променевої хвороби у людини та тварин вивчені досить детально, то наслідки пролонгованого внутрішнього опромінення знаходиться на стадії вивчення. Немає чіткого розмежування, які сумарні дози і в які інтервали часу слід вважати стимулюючими основні види обміну, а які носять депресивний характер.

## **6. Чорнобильська катастрофа: події, факти, цифри**

Аварія на Чорнобильській АЕС, яка відбулася 26 квітня 1986 р., спричинила викид 50 млн. Кюрі радіоактивних нуклідів, що розповсюдились на велику територію земної кулі. Це викликало проблеми екологічного, соціально-екологічного та інженерно-технічного плану.

Склад викидів із реактора був представлений близько 200 ізотопами більше 70-ти хімічних елементів, більша частина з яких є короткоживучими.

Аварія призвела до забруднення більш як 145 тисяч км<sup>2</sup> території України, Республіки Білорусь та Російської Федерації, щільність забруднення радіонуклідами тільки по <sup>137</sup>Cs перевищує 37 кБк/м<sup>2</sup>. В Україні дуже забрудненими виявилось понад 5 млн. га території, де проживало понад 2,4 млн. чоловік. У 18 областях у деяких пунктах виявлено значні концентрації радіоактивного плутонію в ґрунті.[ 23] (*Инф. люда*).

Крім України, Республіки Білорусь та Російської Федерації значного забруднення внаслідок Чорнобильської катастрофи зазнали території Швеції, Австрії, Норвегії, Німеччини, Фінляндії, Греції, Румунії, Словенії, Швейцарії.

Меншою мірою забруднено території інших держав Європи. Чорнобильські викиди були зафіксовані національними підрозділами різних країн, які здійснювали радіаційний моніторинг: на території Азії, Північної Америки, на акваторії Атлантичного та Тихого океанів у північній півкулі.

Внаслідок радіоактивного забруднення великих площ на території України виявлені регіони, у межах яких є загроза довгострокового надходження

радіонуклідів у сільськогосподарську продукцію, поверхневі та ґрунтові води, вторинного забруднення атмосфери та опромінення населення, яке там проживає.

Площа радіозабруднених територій із щільністю забруднення більше  $37 \text{ кБк} \cdot \text{м}^2$  через 20 років після аварії складала 25,5 тис км<sup>2</sup>.

Найближчими наслідками цієї аварії стало опромінення осіб, які брали участь у гасінні пожежі та аварійних роботах на атомній електростанції. Гострою променевою хворобою захворіло 238 осіб, 29 з них померло в перші місяці після аварії, ще 15 — згодом. Пізніше діагноз «гостра променева хвороба» був підтверджений у 134 хворих, з них важкого та дуже важкого ступеня — у 43.

Близько 2 тисяч осіб отримали місцеві променеві ураження, з 800 тисяч, що брали участь у роботах з ліквідації аварії. Це пожежники, військові, працівники атомної енергетики, наукові співробітники, будівельники, медичні працівники та багато інших. На сьогоднішній день так і немає спільної думки з приводу кількості як усіх постраждалих, так і навіть кількості ліквідаторів. За різними даними, у 1986–1987 роках у дезактивації території АЕС та місцевості, що прилягає до неї, було задіяно 200–800 тисяч чоловік. Загальну кількість евакуйованих із забруднених територій також оцінюють по-різному — від 135 до 350 тисяч чоловік. І, нарешті, від двох до семи мільйонів чоловік і нині мешкають на територіях із підвищеною радіоактивністю.)

За даними ВООЗ, на початок 2006 року серед перерахованих вище груп населення було зареєстровано приблизно чотири тисячі смертей від раку щитовидної залози. Оприлюднення цих даних викликало шквал обвинувачень та спростувань. Так, німецькі представники організації ВООЗ «Лікарі світу за запобігання війні» тільки серед ліквідаторів нарахували 50–100 тисяч смертей, оцінивши загальну кількість жертв у 246 тисяч. Крім того, загальна кількість тих, хто постраждав, серед ліквідаторів оцінюється у 540–900 тисяч. У 20 тисяч чоловік діагностувався рак щитовидної залози.

За оцінками Greenpeace, тільки з 1990 до 2004 року чорнобильська аварія зібрала страшний «урожай» — 200 тисяч людських життів. 93 тисячі з них забрали онкопатології, викликані радіоактивним опроміненням. Загальна ж кількість онкохворих може сягнути 270 тисяч [31].

Стосовно Житомирщини, в зону радіаційного забруднення віднесено половину територій області, третина сільськогосподарських угідь, майже стільки ж орних земель. Найбільш виражений радіоактивний слід простежується в північних районах області, які межують із Білорусією. В основному це Народницький, Овруцький райони, а також частина Луганського та Коростенського районів. В інших п'яти районах щільність забруднення ґрунту залишається значно нижчою.

Після припинення основних викидів з аварійного блоку і розпаду короткоживучих радіонуклідів основними забруднювачами сільськогосподарських угідь стали цезій-137 та стронцій-90 [21].

Однією з найбільш актуальних проблем залишається проблема радіаційного забруднення водних ресурсів поверхневих та підземних вод у басейні р. Дніпра, притокою якої є р. Прип'ять (зона відчуження). Відбувається винос радіонуклідів за межі зони відчуження через поверхневі води, перерозподіл радіонуклідів у ґрунтовому покриві.

Основними забруднювачами приземного шару атмосфери залишаються викиди ЧАЕС разом з об'єктом "Укриття". При певних метеорологічних умовах спостерігаються досить суттєві міграційні процеси, в результаті яких зафіксовано сплески концентрації  $^{137}\text{Cs}$  у віддалених від зони відчуження районах України.

В перший період після аварії на Чорнобильській АЕС основну радіаційну загрозу з точки зору забруднення сільськогосподарської продукції являв I-131, який надходив в організм людини головним чином із молоком, в меншій мірі з овочевою продукцією. Концентрація I-131 у молоці досягала  $1,1 \cdot 10^{-6}$  —  $1,1 \cdot 10^{-5}$  Ки/л, що суттєво перевищувало тимчасовий допустимий рівень I-131 в молоці для цього періоду, який дорівнював  $1 \cdot 10^{-7}$  Ки/л.

В перші 14-15 днів активність I-131 складала 70-80%, від загальної активності молока, в наступні 30-40 днів активність I-131 у молоці не перевищувала 30-40% всієї його радіоактивності. Крім I-131 у молоці знаходились довго живучі елементи, такі як цезій-134, цезій-137 та інші.

Якщо наприкінці 1986 року радіоактивність молока в середньому коливалась в межах від 36,2 до 273 Бк/л, то в серпні-жовтні цього ж року радіоактивність молока складала 11036-2146 Бк/л.

В порівнянні з молоком, підвищення рівня активності радіонуклідів у м'ясі було встановлено пізніше, приблизно через 14-15 днів. Рівень активності в пробах м'яса в середньому коливався в межах 6290-18870 Бк/кг, досягаючи в окремих випадках 22570 Бк/кг. до кінця 1986 року рівень активності радіонуклідів у м'ясі знаходився в межах 77,7-1517 Бк/кг.

Продукти тваринництва, відносяться до основних джерел надходження радіонуклідів в організм людини.

В післячорнобильський період молоко і молочні продукти були одним із основних джерел "критичних" продуктів, які визначали вміст цезію-137 ( $^{137}\text{Cs}$ ) у раціонах харчування населення. У 1987 році з молоком в організм людини надходило 61,1%. У 1988 році—30,9%, в 1989 році—29% радіонуклідів, в той час, як з іншими продуктами харчування їх поступало менше: з м'ясними продуктами — 10,5-13,4%, а з рибою - 4-12,5%, із грибами - 8,4-39,7%.

Надходження вказаних кількостей радіоактивного цезію в організм жителів Українського Полісся з причинило дозу внутрішнього опромінення ( у мЗв/рік):

в 1987 році— 11,1

в 1988 році— 2,2

в 1989 році— 1,2

В 1986 році в середньому по території забруднення молочних продуктів цезієм-137 підвищилась в 1440 разів порівняно з 1985 роком. В 1990 році активність Sr-137 в молочних продуктах була в середньому 6,12 Бк/к, що у 33 рази перевищує доаварійний рівень.

За результатами досліджень, ряд продуктів тваринного та рослинного походження (гриби, ягоди, риба) в більшості своїй не придатні для споживання, оскільки вміст  $^{137}\text{Cs}$  (цезію-137) та  $^{90}\text{Sr}$  в них перевищує гранично допустимий рівень. [2].



## Категорії зон радіоактивно забруднених територій внаслідок аварії на ЧАЕС

В залежності від рівня забруднення ґрунтів, ст. 2 Закону України «Про правовий режим території, що зазнала радіоактивного забруднення внаслідок Чорнобильської катастрофи» визначає такі зони радіоактивно забруднених територій- *зона відчуження* - це територія, з якої проведено евакуацію населення в 1986 році (30 км від епіцентру вибуху);

- *зона безумовного (обов'язкового) відселення* - це територія, що зазнала інтенсивного забруднення довгоживучими радіонуклідами, з щільністю забруднення ґрунту понад доаварійний рівень ізотопами цезію від 15,0 Кі/км<sup>2</sup> та вище, або стронцію від 3,0 Кі/км<sup>2</sup> та вище, або плутонію від 0,1 Кі/км<sup>2</sup> та вище, де розрахункова ефективна еквівалентна доза опромінення людини з урахуванням коефіцієнтів міграції радіонуклідів у рослини та інших факторів може перевищити 5,0 мЗв (0,5 бер) за рік понад дозу, яку вона одержувала у доаварійний період (50-60 км від епіцентру вибуху);

- *зона гарантованого добровільного відселення* - це територія з щільністю забруднення ґрунту понад доаварійний рівень ізотопами цезію від 5,0 до 15,0 Кі/км<sup>2</sup>, або стронцію від 0,15 до 3,0 Кі/км<sup>2</sup>, або плутонію від 0,01 до 0,1 Кі/км<sup>2</sup>, де розрахункова ефективна еквівалентна доза опромінення людини з урахуванням коефіцієнтів міграції радіонуклідів у рослини та інших факторів може перевищити 1,0 мЗв (0,1 бер) за рік понад дозу, яку вона одержувала у доаварійний період;

- *зона посиленого радіоекологічного контролю* - це територія з щільністю забруднення ґрунту понад доаварійний рівень ізотопами цезію від 1,0 до 5,0 Кі/км<sup>2</sup>, або стронцію від 0,02 до 0,15 Кі/км<sup>2</sup>, або плутонію від 0,005 до 0,01 Кі/км<sup>2</sup> за умови, що розрахункова ефективна еквівалентна доза опромінення людини з урахуванням коефіцієнтів міграції радіонуклідів у рослини та інших факторів перевищує 0,5 мЗв (0,05 бер) за рік понад дозу, яку вона одержувала у доаварійний період. (в редакції Закону № 2530-12 від 01.07.92).

За офіційними даними, від Чорнобильської катастрофи в Україні постраждало близько 3,3 мільйона осіб, кожен третій — дитина. Із зони, ураженої радіацією, евакуйовані мешканці 80 населених пунктів (близько 100 тисяч осіб). А до зони безумовного відселення потрапило 92 населені пункти. Територія, з якої здійснено евакуацію населення, віднесена до зони відчуження, складає близько 2598 квадратних кілометра. Периметр зони відчуження складає 196 квадратних кілометрів, а разом із зоною безумовного відселення становить 377 квадратних кілометри, що практично дорівнює 8,8 % території України.

Межі зон встановлюються та переглядаються Кабінетом Міністрів України на основі експертних висновків Національної комісії радіаційного захисту населення України, Академії наук України, Міністерства охорони здоров'я України, Міністерства у справах захисту населення від наслідків аварії на Чорнобильській АЕС, Міністерства сільського господарства України, Міністерства охорони навколишнього природного середовища України.

Радіоактивні землі потребують проведення заходів радіаційного захисту та інших спеціальних втручань, спрямованих на обмеження додаткового опромінення, зумовленого Чорнобильською катастрофою, та забезпечення нормальної

господарської діяльності. До радіоактивно забруднених земель належать території зон гарантованого добровільного відселення та посиленого радіоекологічного контролю.

*У зоні гарантованого добровільного відселення забороняється:*

- будівництво нових, розширення діючих підприємств, безпосередньо не пов'язаних із забезпеченням радіоекологічного, соціального захисту населення, а також умов його життя та праці;
- будь-яка діяльність, що погіршує радіоекологічну ситуацію;
- природокористування, яке не відповідає вимогам норм радіаційної безпеки;
- внесення отрутохімікатів без спеціального дозволу;
- залучення школярів, учнів і студентів до робіт, які можуть негативно вплинути на стан їх здоров'я.

Території зон відчуження та безумовного (обов'язкового) відселення визначаються як радіаційно небезпечні землі. Це землі, на яких неможливе подальше проживання населення, одержання сільськогосподарської та іншої продукції, продуктів харчування, що відповідають допустимим рівням вмісту радіоактивних речовин, або які недоцільно використовувати за екологічними умовами.

*У зонах відчуження та безумовного відселення забороняється:*

- постійне проживання населення;
  - здійснення діяльності з метою одержання товарної продукції без спеціального дозволу Міністерства у справах захисту населення від наслідків аварії на Чорнобильській АЕС;
  - перебування осіб, які не мають на це спеціального дозволу, а також залучення до роботи осіб віком до 35 років без їх згоди;
  - вивезення за межі зон без спеціального дозволу Міністерства у справах захисту населення від наслідків аварії на Чорнобильській АЕС землі, глини, піску, а також - заготівля і вивезення рослинних кормів, лікарських рослин, грибів, ягід та інших продуктів побічного лісокористування, за винятком зразків для наукових цілей;
  - випасання худоби, порушення середовища перебування диких тварин, полювання та рибальства;
  - вивезення будівельних матеріалів, машин, домашніх речей;
- ведення сільськогосподарської та іншої діяльності без спеціального дозволу.

## **9. Режими захисту населення**

Сьогодні захист населення від наслідків Чорнобильської катастрофи базується на трьох напрямках: протирадіаційному, соціальному і медичному. Протирадіаційний ґрунтується на встановленні рівнів радіоактивного забруднення і дозових меж, проведенні різноманітних контрзаходів, спрямованих на зменшення опромінення; соціальний — на встановлення і надання пільг та компенсацій; медичний — на проведенні щорічних медичних оглядів, лікуванні, оздоровленні, реабілітації, аналізі та оцінці здоров'я постраждалих.

Наприкінці 1989 року до переліку, який визначав місця здійснення протирадіаційних заходів, було внесено близько 1500 населених пунктів Рівненської, Житомирської, Київської та Чернігівської областей.

У 1991 році Верховна Рада УРСР прийняла низку актів законодавства, спрямованих на соціальний захист людей, які постраждали внаслідок Чорнобильської катастрофи.

Протягом 1991-1995 років відповідно до вимог чинного законодавства було визначено територію зон радіоактивного забруднення. До цих зон було віднесено 2293 населених пункти дванадцяти областей, які зазнали найбільшого забруднення внаслідок Чорнобильської катастрофи.

Території, що віднесені до зон радіоактивного забруднення, знаходяться у 74 районах 12 областей (Вінницька, Волинська, Житомирська, Івано-Франківська, Київська, Рівненська, Сумська, Тернопільська, Хмельницька, Черкаська, Чернівецька, Чернігівська). Сьогодні на забруднених територіях проживає майже 2,2 млн. осіб, у тому числі у зоні посиленого радіоекологічного контролю понад 1,6 млн. осіб.

*Нормативно – правова база.* Серед законодавчих актів, що були прийняті Верховною Радою України і використовуються для захисту населення та мінімізації наслідків аварії на Чорнобильській АЕС, варто виділити наступні:

*Закони України:*

- Про статус і соціальний захист громадян, які постраждали внаслідок Чорнобильської катастрофи.
- Про правовий режим території, що зазнали радіоактивного забруднення внаслідок Чорнобильської катастрофи.
- Про захист людини від впливу іонізуючого випромінювання.
- Про використання ядерної енергії та радіаційну безпеку.
- Про забезпечення санітарного та епідемічного благополуччя населення.

## 8. Література:

1. Алексина М.Ю. Радиобиологические эффекты в различных органах и тканях животных в зоне радионуклидного загрязнения в результате аварии на ЧАЭС. – К. 1994. с.
2. Алексахин Р.М. Радиоэкологические уроки Чернобыля. – К.: Урожай, 1993. – 96с.
3. Апатенко В.М. Ветеринарна імунологія та імунопатологія. К.: Урожай, 1994.- 128 с.
4. Белов А.Д., Кирилин В.А. Ветеринарная радиобиология. – М.: Агропромиздат.- 1987.- С. 94-172.
5. Ведення сільського господарства в умовах радіоактивного забруднення території України внаслідок аварії на Чорнобильській АЕС на період 1999-2002 р.р. (Методичні рекомендації), Київ-1998.- 103.
6. Енохович А. С. Краткий справочник по физике.- М.: Наука, 1976.- 288 с.
7. Ефремов И.В. Особенности профильной миграции радионуклидов цезия-137 и стронция-90 в системе почва – растение / И.В. Ефремов, Н.Н. Рахимова, Е.Л. Янчук // Вестник ОГУ, №12. Оренбург, 2005. С. 49 - 54.
8. Зубець М.В., Прістер Б.С., Алексахін Р.М., Богдевіч І.М., Кашпаров В.А. Актуальні і проблеми і завдання наукового су-проводу виробництва сільськогосподарської продукції в зоні радіоактивного забруднення Чорнобильської АЕС//Агроекологічний журнал. : К. - №1.- 2001.-с. 5- 21.
9. Качур Д.П. Соціально-екологічні чинники споживчої поведінки населення на радіоактивно забруднених територіях Полісся / Д.П. Качур, П.В. Замостян, Г.П., Паньковська та ін. // Агро-екологічний журнал. — 2010. — Спецвипуск (вересень). — С. 106–109.
10. Лебедев К.А., Понякина И.Ю. Анализ крови: вчера, сегодня, завтра.- М.: Знания.- 1990.- С.16-52.
11. Москалев Ю.И. Отдаленные последствия воздействия ионизирующих излучений. – М.: Медицина, 1991. 464 с.
12. Москалев Ю.И. Радиобиология инкорпорированных радионуклидов. -М.: Энергоатомиздат, 1989. с. 20-24.
13. Нормы радиационной безопасности НРБ – 76/87. Основные санитарные правила ОСП – 72/87. – 3-е изд. М.: Энергоатомиздат, 1988.
14. Патологическая физиология г-е изд. Перераб. И доп /Под ред.чл.корр.АМН СССР Н.Н.Зайко.- К.: Вища школа. Гол.- изд.-во. 1985.- С.332-359.
15. Павлоцкая Ф.И. Миграция радиоактивных продуктов глобальных выпадений в почвах. – М.: Атомиз-дат, 1974. – 216 с.
16. Пристер Б.С. Последствия аварии на Чернобыльской АЭС для сельского хозяйства Украины Київ, Україна – червень 1999, 103 с.
17. Проблемы сельскохозяйственной радиологии // Сб.науч.трудов.- С.141-164.
18. Смоляр В.И. Ионизирующая радиация и питание. Киев, «Здоровье».-1992,173 с.
19. Справочник по физике и технике Автор: Енохович А. С. Издательство: Просвещение.- 1983.- 255 с.

20. Основы радиобиологии: Учебное пособие для студентов биологических специальностей высших учебных заведений / О.М. Храмченкова. –Гомель: УО «ГГУ им. Ф. Скорины», 2003. -238 с.
21. Радиационное наследие XX века и восстановление окружающей среды: //Международная конференция 30 октября – 2 ноября 2000. – М., 2000. – 202 с.
22. Радіоекологічна оцінка території зони безумовного (обов'язкового) відселення Житомирської області (20 років після аварії на ЧАЕС) : моногр. / А.С. Малиновський, М.І. Дідух, Л.Д. Романчук та ін.
23. Радіологічний стан територій, віднесених до зон радіоактивного забруднення / За ред. В.І. Холоші. — К.: Вета, — 2008. — 54 с. 24.
24. Романчук Л. Д. Оцінка джерел надходження радіонуклідів до організму мешканців сільських територій Полісся України // автореферат дис. на здобуття ступеня доктора с.-г. наук.- Житомир, 2011.- с.

### **Інформаційні інтернет-джерела:**

25. Аварія на Чорнобильській АЕС і стан навколишнього середовища. vchitel. info.
26. Міністерство України з питань надзвичайних ситуацій та у справах захисту населення від наслідків Чорнобильської катастрофи <http://www.mns.gov.ua/>.
27. Официальные документы в области ГО и ЧС [http : // gochs/info](http://gochs/info)
28. Учебное пособие. Теоретические основы курс "Безопасность жизнедеятельности" <http://www.sga.ru/>.
29. Наука и жизнь. Радиоактивность и единицы ее измерения №5, 2006. <http://www.nkj.ru/archive/articles/5707>
30. Поступление радионуклидов в растения <http://neznaniya.net/agrojekologija/>
31. Радіація та її вплив на людину - Гамаспектрометрія ([http://www.fos.ru/pedagog/9307\\_3.html](http://www.fos.ru/pedagog/9307_3.html))