

MODERN
RADIOLOGY
eBook

ОСНОВИ РАДІАЦІЙНОЇ БІОЛОГІЇ ТА РАДІАЦІЙНОГО ЗАХИСТУ

ESR EUROPEAN SOCIETY
OF RADIOLOGY



/ Передмова

Сучасна радіологія – це безкоштовний освітній онлайн-ресурс із радіології від Європейського товариства радіології (*European Society of Radiology*, ESR). Назва цієї другої, оновленої версії відображає нову дидактичну концепцію електронної книги ESR – лаконічне поєднання тексту, зображень і схем, доповнених клінічними випадками, тестуванням, висновками, списком літератури та посиланнями для швидкого переходу між різними розділами – органоспецифічними та технічними.

Розділи Сучасної радіології створені за участю понад 100 визнаних європейських експертів і охоплюють як загальнотехнічні, так і клінічні аспекти візуалізації. Новий графічний стиль з Асклепієм у модних окулярах символізує поєднання класичного навчання медицини із сучасністю.

Хоча початкова версія **електронної книги ESR** була створена для здобувачів додипломної освіти – з метою надання базових знань студентам-медикам та їхнім викладачам, – з часом її зміст розширився й включає поглиблені матеріали. Як результат, **Сучасна Радіологія** також охоплює теми післядипломної освіти згідно з **Європейською**

навчальною програмою з радіології (*European Training Curriculum for Radiology*), покриваючи потреби інтернів. Окрім цього, книга враховує відгуки медичних фахівців з усього світу, які прагнуть оновити свої знання у конкретних галузях медичної візуалізації й уже оцінили глибину та чіткість викладу у цьому електронному посібнику як на базовому, так і на поглибленому рівнях.

Висловлюю щиру подяку всім авторам, які присвятили свій час і знання цьому некомерційному волонтерському проєкту, а також Карло Каталано, Андреа Лагі та Андрашу Палько – ініціаторам створення електронної книги ESR, – та Офісу ESR за технічну й адміністративну підтримку.

Сучасна Радіологія втілює дух співпраці та неохитну відданість цій захопливій медичній дисципліні, яка є незамінною у сучасній медичній допомозі пацієнту.

Сподіваюся, цей **освітній** ресурс стимулюватиме цікавість і критичне мислення, сприяючи глибшому усвідомленню мистецтва та науки радіології в Європі та за її межами.

Мінерва Беккер, редактор

Професор радіології, Женевський університет,
Швейцарія

/ Основи
**радіаційної біології та
радіаційного захисту**

ПЛАН РОЗДІЛУ:

Іонізуюче
випромінювання

Кількісне визначення
دوزи

Вплив на організм
людини

Джерела опромінення
і Порядок величин

Основи радіаційного
захисту

Основні тези

Література

Тестування

/ Авторські права і умови використання

Ця робота ліцензована [Creative Commons Attribution-NonCommercial-NoDerivatives 4.0 International License 4.0](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/)

Ви маєте право:

ділитися, копіювати і перерозподіляти матеріал у будь-якому середовищі та форматі

За наступних умов:

- / **ДОСТОВІРНІСТЬ** – Ви повинні надати відповідне посилання на автора, вказати посилання на ліцензію та повідомити, якщо були внесені зміни. Ви можете зробити це будь-яким правомірним способом, але не створити враження, що ліцензіар підтримує вас або ваш спосіб використання.
- / **НЕКОМЕРЦІЙНІСТЬ** – Ви не можете використовувати цей матеріал з комерційною метою.
- / **БЕЗ ПОХІДНИХ РОБІТ** – Якщо Ви змінюєте матеріал чи берете його за основу, Ви не маєте права розповсюджувати модифікований матеріал.

Як цитувати:

European Society of Radiology,
Marta Sans-Merce, Mélanie Patonnier, (2025)
translated by: Ruslan Zelinskyi,
edited by: Uliana Pidvalna (2025).
ESR Modern Radiology eBook:

- / Основи радіаційної біології та радіаційного захисту.
DOI 10.26044/esr-modern-radiology-01

ПЛАН РОЗДІЛУ:

Іонізуюче
випромінювання

Кількісне визначення
دوزи

Вплив на організм
людини

Джерела опромінення
і Порядок величин

Основи радіаційного
захисту

Основні тези

Література

Тестування

/ Позначення

ПЛАН РОЗДІЛУ:

Іонізуюче
випромінювання

Кількісне визначення
دوزи

Вплив на організм
людини

Джерела опромінення
і Порядок величин

Основи радіаційного
захисту

Основні тези

Література

Тестування

<=> КЛЮЧОВІ ДАНІ

<!=> УВАГА

<↑> ПОСИЛАННЯ

>=< ДОДАТКОВІ ДАНІ

>|< ПОРІВНЯННЯ

<∞> ЛІТЕРАТУРА

<?> ЗАПИТАННЯ

Основи радіаційної біології та радіаційного захисту

АВТОРИ

Марта Санс Мерсе | Marta Sans Merce, Мелані Патоньє | Mélanie Patonnier

ІНСТИТУЦІЯ

Женевська університетська лікарня,
Hôpitaux Universitaires de Genève (HUG), Женева, Швейцарія

ПЛАН РОЗДІЛУ:

Іонізуюче
випромінювання

Кількісне визначення
دوزи

Вплив на організм
людини

Джерела опромінення
і Порядок величин

Основи радіаційного
захисту

Основні тези

Література

Тестування

<↑> ПОСИЛАННЯ

Marta.sansmerce@hug.ch

Melanie.patonnier@hug.ch

/ Переклад виконали

Цей розділ є перекладом електронної книги Сучасна радіологія.

НАЗВА ОРИГІНАЛУ:

Principles of Radiation

АВТОР ПЕРЕКЛАДУ:

Руслан Зелінський | Ruslan Zelinskyi

ДНП "Національний інститут раку" | National Cancer Institute

РЕДАКТОР:

проф. Уляна Підвальна | Prof. Uliana Pidvalna,

Львівський національний медичний університет імені Данила Галицького | Danylo Halytsky Lviv National

Medical University, Україно-Польський Центр Серця Львів | Ukrainian-Polish Heart Center Lviv

КООРДИНАЦІЯ ПРОЄКТУ:

д.м.н. Уляна Підвальна, Україно-Польський Центр Серця «Львів», Львівський національний медичний університет імені Данила Галицького

ЗА ПІДТРИМКИ:

Асоціації радіологів України

СЛОВО ВІД КООРДИНАТОРА:

Цей проєкт – вияв поваги до рідної мови та прагнення посприяти професійному зростанні.



/ Основи
радіаційної біології та
радіаційного захисту

ПЛАН РОЗДІЛУ:

Іонізуюче
випромінювання

Кількісне визначення
دوزи

Вплив на організм
людини

Джерела опромінення
і Порядок величин

Основи радіаційного
захисту

Основні тези

Література

Тестування

<↑> ПОСИЛАННЯ

zelinskyi.ruslan@gmail.com
pidvalna_uliana@meduniv.lviv.ua

/ Подяка

Більшість малюнків і частина тексту, включені в цей розділ, базуються на модулі онлайн навчання, створеному групами Радіаційного Захисту та Медичної Фізики Університетських лікарень Женеви (Hôpitaux Universitaires de Genève, HUG, Женева, Швейцарія), Університетської лікарні Лозанни (Centre Hospitalier Universitaire Vaudois, CHUV, Лозанна, Швейцарія) та Університетської лікарні Цюріха (Universitätsspital Zürich, USZ, Zürich, Швейцарія). Ілюстрації створила Розарія Марраффіно (Rosaria Marraffino, Learning and Communication for e-learning).

Ілюстрації для цього розділу електронної книги були адаптовані з дозволу всіх трьох університетських лікарень і Розарії Марраффіно (Rosaria Marraffino).

<∞> ЛІТЕРАТУРА

<https://www.hug.ch/>
<https://www.chuv.ch/fr/chuv-home>
<https://www.usz.ch/>
contact@rosariamarraffino.com

ПЛАН РОЗДІЛУ:

Іонізуюче
 випромінювання

Кількісне визначення
 дози

Вплив на організм
 людини

Джерела опромінення
 і Порядок величин

Основи радіаційного
 захисту

Основні тези

Література

Тестування

/ План розділу

/ Іонізуюче випромінювання

- / Складові речовини
- / Електромагнітні хвилі (EMX)
- / Процес іонізації
- / Види іонізуючого випромінювання

/ Кількісне визначення дози

- / Поглинена доза (D)
- / Еквівалентна доза (H)
- / Ефективна доза (E)
- / Поглинена доза, Еквівалентна доза й Ефективна доза

/ Вплив на організм людини

- / Взаємодія іонізуючого випромінювання з клітиною
- / Вплив радіаційного опромінення
- / Характеристики впливу випромінювання
- / Стохастичні ефекти
 - / Лінійна безпорогова модель
 - / Ризик виникнення впродовж життя
- / Детерміновані ефекти
- / Внутрішньоутробне опромінення

/ Джерела опромінення і Порядок величин

- / Джерела радіаційного опромінення
- / Глобальне медичне радіаційне опромінення
- / Приклади ефективних доз опромінення для різних методів візуалізації у дорослих
- / Порядок величини

/ Основи радіаційного захисту

- / Наукове підґрунтя, доктрина, стандарти та законодавство
- / Виправданість
 - / Три рівні виправданості
- / Оптимізація
 - / Персонал
 - / Пацієнти
- / Неперевищення
 - / Опромінення внаслідок професійної діяльності

/ Основні тези

/ Література

/ Тестування

/ Основи радіаційної біології та радіаційного захисту

ПЛАН РОЗДІЛУ:

Іонізуюче випромінювання

Кількісне визначення дози

Вплив на організм людини

Джерела опромінення і Порядок величин

Основи радіаційного захисту

Основні тези

Література

Тестування

ПЛАН РОЗДІЛУ:

**Іонізуюче
випромінювання**

Кількісне визначення
دوزи

Вплив на організм
людини

Джерела опромінення
і Порядок величин

Основи радіаційного
захисту

Основні тези

Література

Тестування

/ Іонізуюче випроміню- вання

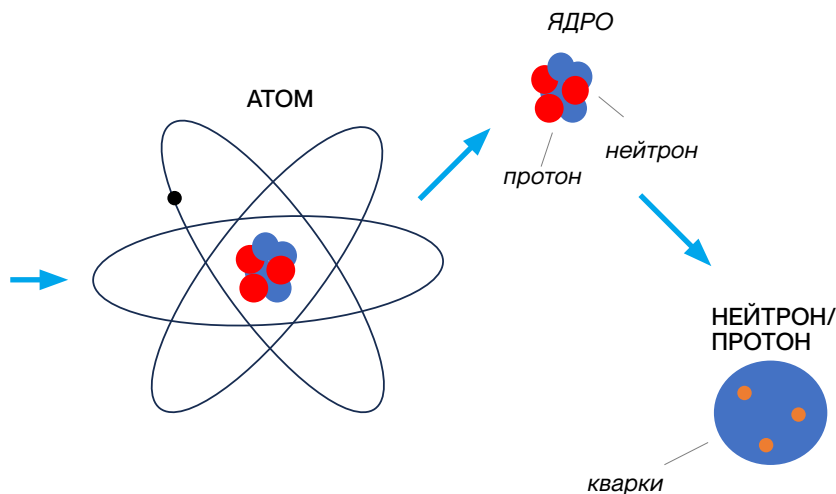
/ Складові речовини

Речовина складається з молекул у формі твердих тіл, рідини або газу. Молекули складаються з атомів. **Атоми** є найменшими одиницями речовини, що зберігають всі хімічні властивості елемента.

Атоми складаються з **протонів** (позитивний заряд, +1) і **нейтронів** (без заряду), розташованих у ядрі та **електронів** (негативний заряд, -1), розташованих на орбіталях, що оточують ядро. Протони та нейтрони

мають приблизно однакову масу (1.67×10^{-24} грам), яка визначається як одна атомна одиниця маси (а.о.м.) або один Дальтон. Атоми електрично нейтральні.

Кварки - це субатомні частинки без структури, з яких складаються протони і нейтрони. Кожен протон і кожен нейтрон мають 3 кварки.



ПЛАН РОЗДІЛУ:

Іонізуюче випромінювання

/ Складові речовини

Кількісне визначення
دوزи

Вплив на організм
людини

Джерела опромінення
і Порядок величин

Основи радіаційного
захисту

Основні тези

Література

Тестування

/ Електромагнітні хвилі (EMX)

Електромагнітні хвилі (ЕМХ) є формою енергії, яка поширюється в просторі зі швидкістю світла. Вони складаються з **коливальних електричних і магнітних полів**, які поширюються перпендикулярно одне до одного і до напрямку поширення хвилі.

ЕМХ охоплюють **широкий спектр**, включаючи радіохвилі, мікрохвилі, інфрачервоне, видиме світло, ультрафіолетове, X-промені (рентгенівські) та гамма-промені. X-промені (=Рентгенівські промені)- це ЕМХ, згенеровані в рентгенівській трубці.

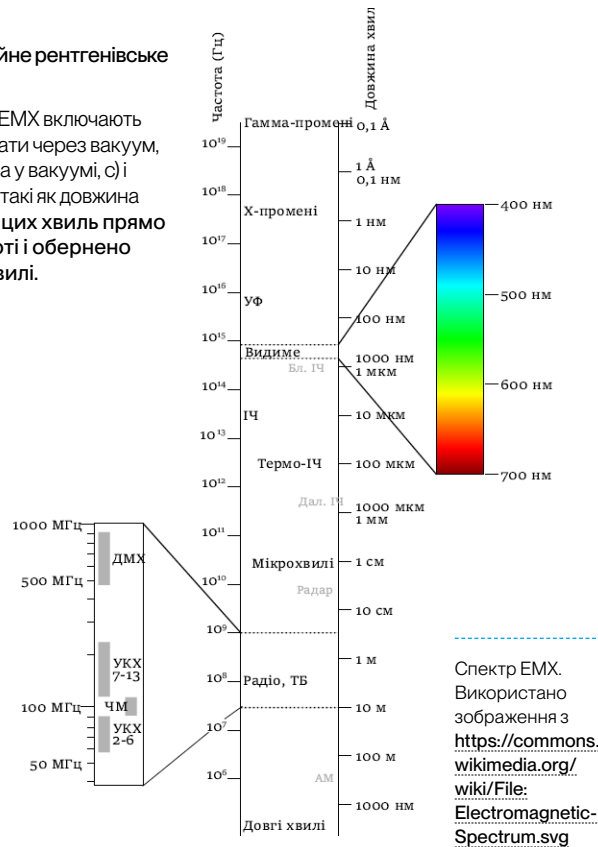
> Дивіться Розділ «Звичайне рентгенівське зображення».

Загальні характеристики ЕМХ включають їхню здатність подорожувати через вакуум, швидкість (швидкість світла у вакуумі, c) і хвиляподібні властивості, такі як довжина хвилі та частота. **Енергія цих хвилі прямо пропорційна їхній частоті і обернено пропорційна довжині хвилі.**

<> УВАГА

$$\text{Довжина хвилі} = \frac{\text{швидкість світла у вакуумі (} c = 300\,000 \text{ км/с)}{\text{частота}}$$

- / **Випромінювання = енергія в русі.**
- / **Електромагнітне випромінювання** або “електромагнітні промені” (рухаються зі швидкістю світла) слід відрізнати від **корпускулярного випромінювання** або “променів елементарних частинок” (рухаються зі швидкістю, меншою за швидкість світла).
- / Промені елементарних частинок включають електрони, протони, альфа-частинки, нейтрони.



/ Основи радіаційної біології та радіаційного захисту

ПЛАН РОЗДІЛУ:

Іонізуюче випромінювання

/ Електромагнітні хвилі (ЕМХ)

Кількісне визначення дози

Вплив на організм людини

Джерела опромінення і Порядок величин

Основи радіаційного захисту

Основні тези

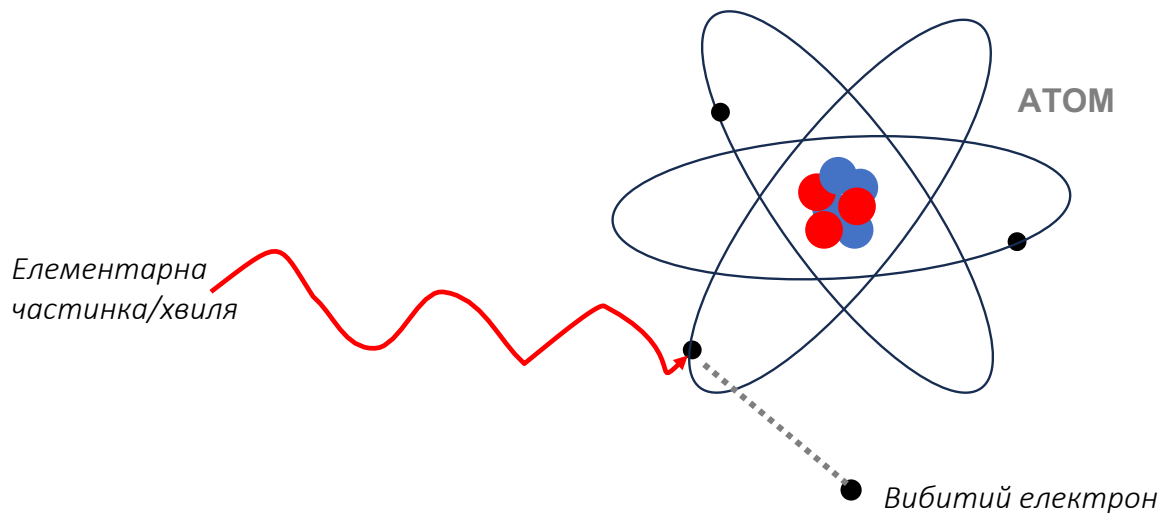
Література

Тестування

/ Процес іонізації

- / **Процес іонізації** - це процес, за допомогою якого електрично нейтральні атоми перетворюються на електрично заряджені атоми або молекули (= іони) шляхом втрати або приєднання електронів.
- / Випромінювання, Н: рентгенівське та корпускулярне, здатні вибивати електрони з атомів.

- / Під час цього процесу випромінювання втрачає свою енергію, яку воно передає речовині. Ця енергія, виділена електронами, буде визначати **дозу випромінювання**. => див. наступну сторінку



ПЛАН РОЗДІЛУ:

Іонізуюче випромінювання

/ Процес іонізації

Кількісне визначення
دوزи

Вплив на організм
людини

Джерела опромінення
і Порядок величин

Основи радіаційного
захисту

Основні тези

Література

Тестування

/ Види іонізуючого випромінювання

Ключовою відмінністю між ЕМХ є їхня здатність іонізувати атоми або молекули. Ця здатність залежить від енергії хвилі, яка зростає з частотою.

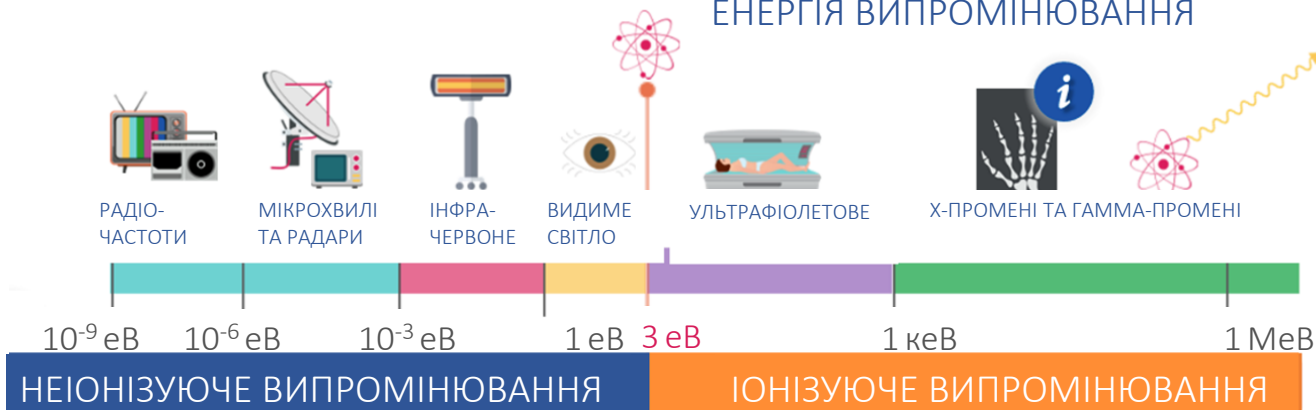
Електромагнітні хвилі з вищими частотами, такі як ультрафіолетове світло, X-промені та гамма-промені, мають достатню енергію для іонізації атомів і називаються іонізуючим випромінюванням.

І навпаки, хвилі з нижчими частотами, такі як радіохвилі, мікрохвилі та видиме світло, не мають достатню енергію, щоб викликати іонізацію, і вважаються неіонізуючим випромінюванням.

<=> УВАГА

Електромагнітні хвилі (ЕМХ) => лише частина спектру здатна до іонізації!

ЕНЕРГІЯ ВИПРОМІНЮВАННЯ



ПЛАН РОЗДІЛУ:

Іонізуюче випромінювання

/ Види іонізуючого випромінювання

Кількісне визначення дози

Вплив на організм людини

Джерела опромінення і Порядок величин

Основи радіаційного захисту

Основні тези

Література

Тестування

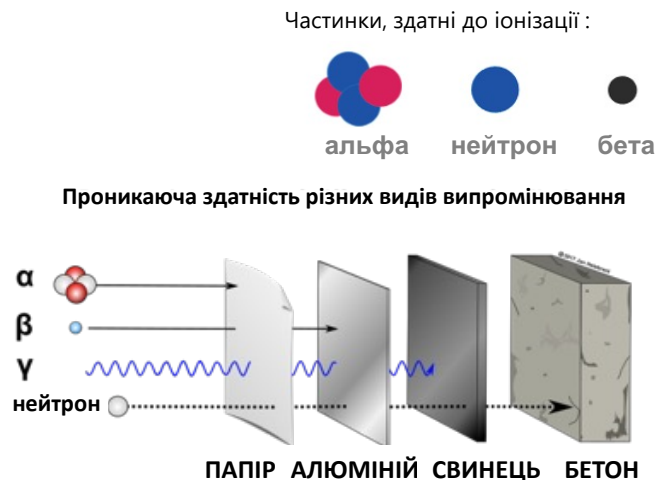
Альфа-випромінювання → відбувається під час радіоактивного розпаду (альфа-розпаду) деяких радіонуклідів, Н: урану 238, радію 226, полонію 210, які виділяють **альфа-частинки** (= 2 протони + 2 нейтрони, тобто подвійно іонізований атом гелію). Альфа-частинки повільні й важкі, сильно іонізуючі (через подвійний позитивний заряд) і нездатні переміщуватись дуже далеко (лише кілька см у повітрі). Вони не можуть проникнути крізь зовнішні шари шкіри, але можуть завдати значного пошкодження клітинам, якщо їх поглинути з їжею або вдихати з повітрям.

Бета-випромінювання → відбувається під час радіоактивного розпаду, під час якого атомне ядро випускає бета-частинку. **Бета-частинки** (= високоенергетичні, високошвидкісні електрони або позитрони) є менш іонізуючими і можуть переміщуватись далі (на кілька метрів у повітрі), ніж альфа-частинки. Вони можуть проникати в шкіру на кілька см.

Гамма-випромінювання → **фотон енергії** (немає маси, EMX) випромінюється з нестабільного ядра. Фотони можуть переміщатись набагато далі, ніж альфа- та бета-частинки.

Рентгенівське (=X-променеве) випромінювання → утворюється зміною енергії електрона. **X-променеве випромінювання** (EMX) генерується в рентгенівській трубці і зазвичай має меншу енергію, ніж гамма-випромінювання.

Нейтронне випромінювання → вільні нейтрони утворюються в результаті ядерного поділу, який відбувається у багатих нейтронами і бідних на протони ядрах. Нейтрони переміщуються в повітрі на тисячі метрів. Вони не іонізують атоми безпосередньо, але поглинаються стабільним атомом, який стає більш нестабільним. Потім нестабільний атом генерує **іонізуюче випромінювання (непряма іонізація)**.



Зображення відтворено з: https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Penetrating_power_of_different_types_of_radiation_-_alpha_beta_gamma_and_neutrons.svg

Основи радіаційної біології та радіаційного захисту

ПЛАН РОЗДІЛУ:

Іонізуюче випромінювання

/ Види іонізуючого випромінювання

Кількісне визначення дози

Вплив на організм людини

Джерела опромінення і Порядок величин

Основи радіаційного захисту

Основні тези

Література

Тестування

ПЛАН РОЗДІЛУ:

Іонізуюче
випромінювання

**Кількісне
визначення дози**

Вплив на організм
людини

Джерела опромінення
і Порядок величин

Основи радіаційного
захисту

Основні тези

Література

Тестування

/ Кількісне визначення ДОЗИ

/ Поглинена доза (D)

- / Поглинена доза (D) визначається як енергія, що передається іонізуючим випромінюванням, на одиницю маси опроміненого матеріалу.
- / Поглинена доза є вимірюваною величиною.
- / Поглинену дозу можна виміряти для всіх типів іонізуючого випромінювання.
- / Одиницю поглиненої дози є Грей [Гр] | Gray [Gy] 1 Гр = 1 Дж/кг.
- / Поглинена доза описує енергію, поглинену в об'ємі тканин будь-де в тілі. Вона використовується для оцінки ймовірності біохімічних змін у тканинах.

ВИМІРЮВАНА ВЕЛИЧИНА



$$D = \frac{\text{Енергія}}{\text{Маса}} \frac{[\text{Дж}]}{[\text{кг}]}$$

ПЛАН РОЗДІЛУ:

Іонізуюче
випромінювання

Кількісне визначення дози

/ Поглинена доза (D)

Вплив на організм
людини

Джерела опромінювання
і Порядок величин

Основи радіаційного
захисту

Основні тези

Література

Тестування

/ Еквівалентна доза (H)

- / Не всі види випромінювання спричиняють однакову біологічну шкоду.
- / Ваговий коефіцієнт випромінювання W_R – це коефіцієнт, який відображає відносну ефективність виду випромінювання у створенні біологічних пошкоджень.
- / Добуток поглиненої дози на ваговий коефіцієнт випромінювання W_R називається **еквівалентною дозою H**.
- / Одиницею еквівалентної дози є Зіверт [Зв] | Sievert [Sv] $1\text{Зв} = 1\text{Дж/кг}$.
- / H враховує властивості рівня пошкодження різних видів випромінювання.

$$H = D * W_R \frac{[Дж]}{[кг]}$$

ВИДИ ВИПРОМІНЮВАННЯ	ВАГОВИЙ КОЕФІЦІЄНТ ВИПРОМІНЮВАННЯ W_R
Рентгенівське, гамма, бета-частинки	1
Протони	2
Нейтрони*	2.5-20
Альфа-частинки і множинні заряджені частинки	20

* w_R нейтронів є безперервною функцією енергії

ПЛАН РОЗДІЛУ:

Іонізуюче
випромінювання

Кількісне
визначення дози

/ Еквівалентна доза
(H)

Вплив на організм
людини

Джерела опромінення
і Порядок величин

Основи радіаційного
захисту

Основні тези

Література

Тестування

/ Ефективна доза (E)

- / Не всі тканини однаково чутливі до випромінювання.
- / Ваговий коефіцієнт тканини W_T відображає частку шкоди від стохастичних ефектів в результаті опромінення цієї тканини порівняно з рівномірним опроміненням усього тіла.
- / W_T були розроблені для референсної популяції, що складається з однакової кількості обох статей і широкого діапазону віку.
- / Ефективна доза (E) – це сума добутку еквівалентної дози для кожного органу на його ваговий коефіцієнт.
- / Одиницею еквівалентної дози є Зіверт [Зв].
- / E враховує радіочутливість різних тканин.

$$E = \sum_T [W_T * H]$$

ОРГАН/ТКАНИНА

 W_T

Грудна залоза, кістковий мозок, товста кишка, легені, шлунок, решта*

0.12

Статеві залози (гонади)

0.08

Сечовий міхур, стравохід, печінка, щитовидна залоза

0.04

Поверхня кісток, головний мозок, слинні залози, шкіра

0.01

РАЗОМ

1

*решта це наднирники, тканина поза грудною кліткою, жовчний міхур, серце, нирки, лімфатичні вузли, м'язи, слизова оболонка порожнини рота, підшлункова залоза, простата (чоловіки), тонка кишка, селезінка, тимус, матка/шийка матки (жінки)

ПЛАН РОЗДІЛУ:

Іонізуюче
випромінюванняКількісне
визначення дози

/ Ефективна доза (E)

Вплив на організм
людиниДжерела опромінення
і Порядок величинОснови радіаційного
захисту

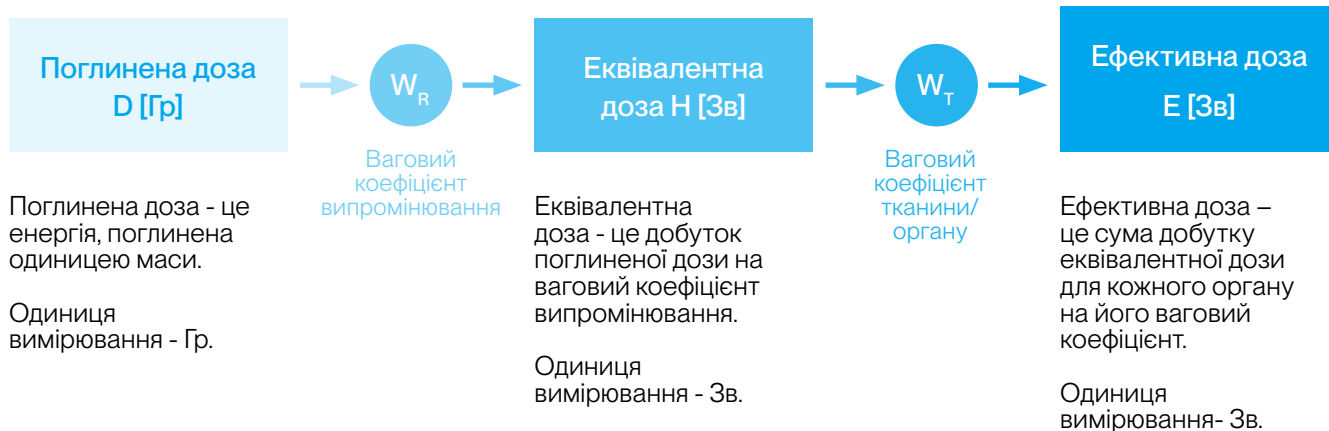
Основні тези

Література

Тестування

/ Поглинена доза, Еквівалентна доза і Ефективна доза

<!=> УВАГА



/ Основи радіаційної біології та радіаційного захисту

ПЛАН РОЗДІЛУ:

Іонізуюче випромінювання

Кількісне визначення дози

/ Поглинена доза, Еквівалентна доза і Ефективна доза

Вплив на організм людини

Джерела опромінення і Порядок величин

Основи радіаційного захисту

Основні тези

Література

Тестування

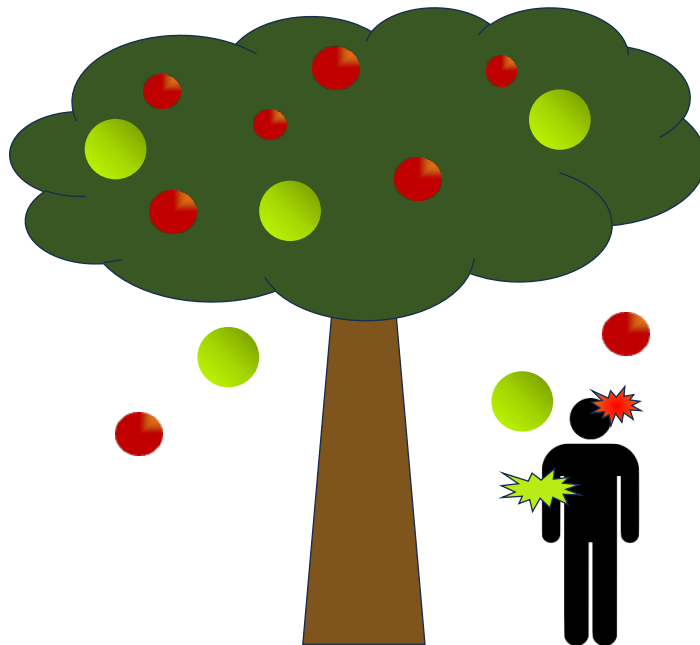
<=> УВАГА

Аналогія з використанням яблука

Енергія, яку виділяє яблуко, що впало на людину, вимірюється в Греях > **Поглинена доза (D)**

Різні типи яблук (зелені чи червоні) мають різну ефективність як завдає біологічні пошкодження, виражених у Зівертах.
> **Еквівалентна доза (H).**

Ефект падіння різний, залежить від місця на тілі людини, куди впало яблуко. Радіочутливість опроміненої ділянки враховується і виражається у зівертах > **Ефективна доза (E).**



Основи
**радіаційної біології та
радіаційного захисту**

ПЛАН РОЗДІЛУ:

Іонізуюче
випромінювання

**Кількісне
визначення дози**

/ Поглинена доза,
Еквівалентна доза і
Ефективна доза

Вплив на організм
людини

Джерела опромінення
і Порядок величин

Основи радіаційного
захисту

Основні тези

Література

Тестування

ПЛАН РОЗДІЛУ:

Іонізуюче
випромінювання

Кількісне визначення
دوزи

**Вплив на організм
людини**

Джерела опромінення
і Порядок величин

Основи радіаційного
захисту

Основні тези

Література

Тестування

/ Вплив на організм людини

/ Взаємодія іонізуючого випромінювання з клітиною

<!=> УВАГА

Основи
радіаційної біології та
радіаційного захисту

CHAPTER OUTLINE:

Ionising Radiation

Dose Quantification

Effects on the Human Body

/ Взаємодія
іонізуючого
випромінювання з
клітиною

Джерела опромінення
і Порядок величин

Основи радіаційного
захисту

Основні тези

Література

Тестування



/ Вплив радіаційного опромінення

<!=> УВАГА

Пошкодження ДНК може призвести до одного з наступних наслідків:



Основи
радіаційної біології та
радіаційного захисту

ПЛАН РОЗДІЛУ:

Іонізуюче
випромінювання

Кількісне визначення
دوزи

Вплив на організм
людини

/ Вплив радіаційного
опромінення

Джерела опромінення
і Порядок величин

Основи радіаційного
захисту

Основні тези

Література

Тестування

Основи
радіаційної біології та
радіаційного захисту

ПЛАН РОЗДІЛУ:

Іонізуюче
випромінювання

Кількісне визначення
دوزи

**Вплив на організм
людини**

/ Вплив радіаційного
опромінення

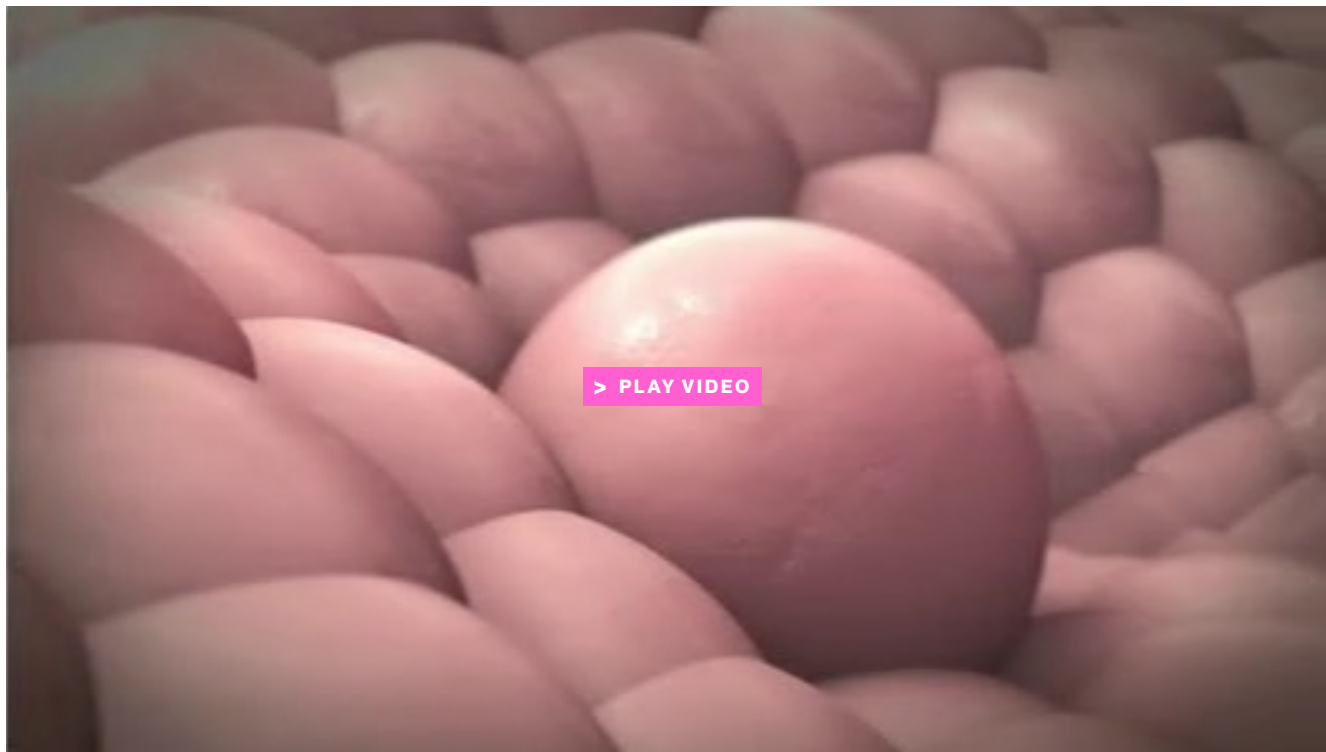
Джерела опромінення
і Порядок величин

Основи радіаційного
захисту

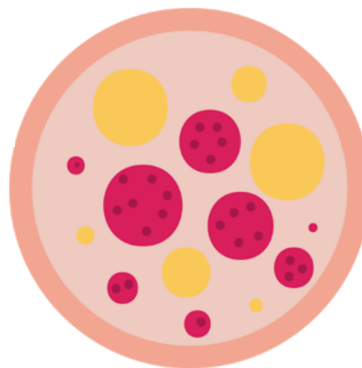
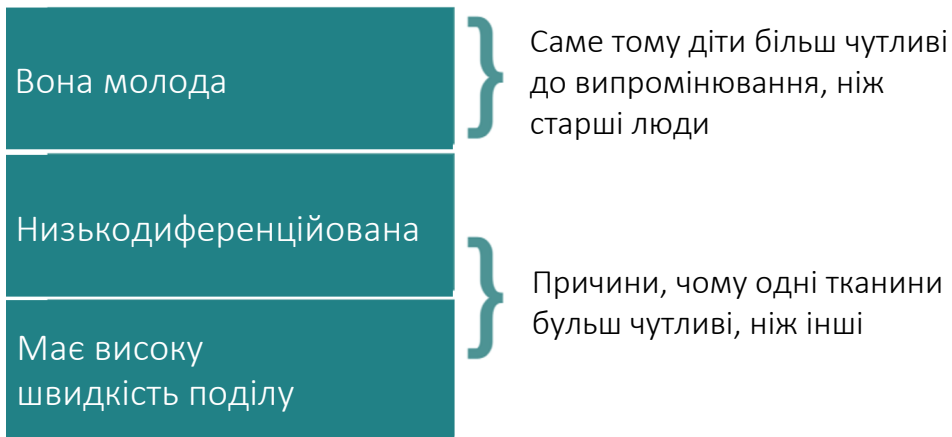
Основні тези

Література

Тестування



Клітина більш чутлива до випромінювання, коли:



ПЛАН РОЗДІЛУ:

Іонізуюче
випромінювання

Кількісне визначення
دوزи

**Вплив на організм
людини**

/ Вплив радіаційного
опромінювання

Джерела опромінювання
і Порядок величин

Основи радіаційного
захисту

Основні тези

Література

Тестування

Закон Бергоньє і Трібондо | Bergonie and Tribondeau говорить, що радіочутливість біологічної тканини прямо пропорційна її мітотичній активності та обернено пропорційна

ступеню диференціювання її клітин. Іншими словами, висока швидкість проліферації клітин і висока швидкість росту тканин призводить до підвищеної радіочутливості.

/ Характеристики впливу випромінювання

<!=> УВАГА

Вплив випромінювання на біологічні системи залежить від типу випромінювання, дози, тривалості опромінення та біологічної системи, яка піддається опроміненню.

Ефекти випромінювання можна класифікувати як **стохастичні (випадкові) або детерміновані, гострі або хронічні, прямі або непрямі, системні або локалізовані.**

>|< ПОРІВНЯННЯ

ДЕТЕРМІНОВАНІ		СТОХАСТИЧНІ
	ВЕЛИЧИНА ДОЗИ	«Високі» дози
	ПОРІГ	Спостерігається поріг (Загальне значення: 0,5 Гр)
	МЕХАНІЗМИ	Руйнування клітин: втрата функціональності тканини/органу
	ТЕРМІН ДО ПОЯВИ	Короткий
	ЗАЛЕЖНІСТЬ ВІД ДОЗИ	Сильна
		Від низьких доз
		Поріг не спостерігається
		Зміна клітин: виникнення раку, інших соматичних захворювань
		Прихований стан до кількох років
		Імовірність смерті від раку → 5% / 3в

/ Основи
радіаційної біології та
радіаційного захисту

ПЛАН РОЗДІЛУ:

Іонізуюче
випромінювання

Кількісне визначення
дози

Вплив на організм
людини

/ Характеристики
впливу
випромінювання

Джерела опромінення
і Порядок величин

Основи радіаційного
захисту

Основні тези

Література

Тестування

>|< ПОРІВНЯННЯ**Гострі або хронічні ефекти**

- / Гострі ефекти є результатом високої дози випромінювання впродовж короткого періоду, що часто призводить до миттєвих симптомів. Це можуть бути променеві опіки, гостра променева хвороба (ГПХ) і пошкодження тканин.
- / Хронічні ефекти є результатом тривалого низькодозного опромінення, який часто проявляється через багато років. Хронічні ефекти можуть включати рак, серцево-судинні захворювання та катаракту.

Прямі або непрямі ефекти > див. ст. 22

- / Прямі ефекти => випромінювання безпосередньо іонізує атоми в ДНК, що призводить до мутацій і смерті клітин.
- / Непрямі ефекти => випромінювання іонізує молекули води в організмі, утворюючи вільні радикали, які можуть пошкодити ДНК та інші клітинні структури.

Системні або локалізовані ефекти

- / Системні ефекти виникають, коли випромінювання впливає на весь організм, Н: променева хвороба.
- / Локалізовані ефекти виникають, коли випромінюванню піддається лише певна ділянка тіла, Н: локальне пошкодження тканин або опіки.

<!= УВАГА**Накопичувальні ефекти**

- / Повторні опромінення збільшують ризик і тяжкість наслідків. Організм має певну здатність відновлювати радіаційні пошкодження, але повторне опромінення може подолати ці механізми.

ПЛАН РОЗДІЛУ:

Іонізуюче
випромінювання

Кількісне визначення
دوزи

**Вплив на організм
людини**

- / Характеристики впливу випромінювання

Джерела опромінення
і Порядок величин

Основи радіаційного
захисту

Основні тези

Література

Тестування

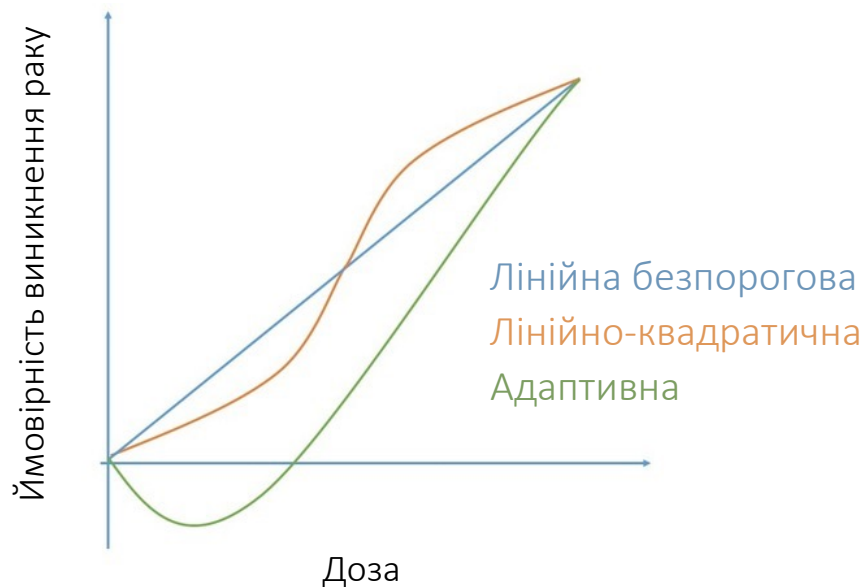
/ Стохастичні ефекти - Лінійна безпорогова модель

<!=> УВАГА

Існують різні моделі, які використовуються в радіаційному захисті для оцінки стохастичних ефектів іонізуючого випромінювання на здоров'я.

Найбільш прийнятною моделлю є **Лінійна безпорогова модель** (ЛБМ) | Linear Non-Threshold (LNT) model.

ЛБМ використовується регуляторними органами для формування політики охорони здоров'я.



Різні моделі, що використовуються в радіаційному захисті для оцінки стохастичних ефектів випромінювання.

Джерело: <https://radiopaedia.org/articles/5099>

Основи
радіаційної біології та
радіаційного захисту

ПЛАН РОЗДІЛУ:

Іонізуюче
випромінювання

Кількісне визначення
دوزи

Вплив на організм
людини

/ Стохастичні
ефекти - Лінійна
безпорогова
модель

Джерела опромінювання
і Порядок величин

Основи радіаційного
захисту

Основні тези

Література

Тестування

/ Стохастичні ефекти - Ризик виникнення впродовж життя (РВЖ) -Lifetime Attributable Risk (LAR)

Ризик виникнення впродовж життя (РВЖ) = ймовірність того, що в людини впродовж життя розвинеться певна хвороба, як правило, рак, через вплив такого небезпечного чинника, як випромінювання. Він являє собою **додатковий ризик, що перевищує базовий ризик** (ризик розвитку захворювання без будь-якого впливу небезпечного чинника).

Основні характеристики РВЖ, пов'язані з випромінюванням, включають:

- / його накопичувальний характер, що відображає ризик захворювання внаслідок опромінення впродовж життя.
- / це метрика, що отримана з досліджень населення, зокрема яке пережило вибух атомної бомби.
- / ризик змінюється залежно від віку та статі і найчастіше розраховується для раку, хоча може застосовуватись і до інших захворювань.
- / ризик залежить від співвідношення доза-реакція, причому він зростає із збільшенням дози опромінення
- / зазвичай виражається як ймовірність.

РВЖ має вирішальне значення в оцінці ризику довгострокового впливу випромінювання на здоров'я в різних контекстах і використовується в настановах, затверджених регуляторними органами, такими як Управління з охорони довкілля (Environmental Protection Agency (EPA) і Міжнародна комісія з радіаційного захисту (International Commission on Radiation Protection (ICRP)).

Приклад розрахунку: якщо на 100 000 осіб, які зазнали опромінення, виникло 500 **додаткових випадків захворювання на рак** => РВЖ для раку = 0,5%.

ПЛАН РОЗДІЛУ:

Іонізуюче
випромінювання

Кількісне визначення
دوزи

**Вплив на організм
людини**

/ Стохастичні ефекти
- Ризик виникнення
впродовж життя
(РВЖ)

Джерела опромінення
і Порядок величин

Основи радіаційного
захисту

Основні тези

Література

Тестування

ПЛАН РОЗДІЛУ:

Іонізуюче
випромінювання

Кількісне визначення
دوزи

Вплив на організм
людини

/ Стохастичні ефекти
- Ризик виникнення
впродовж життя
(РВЖ)

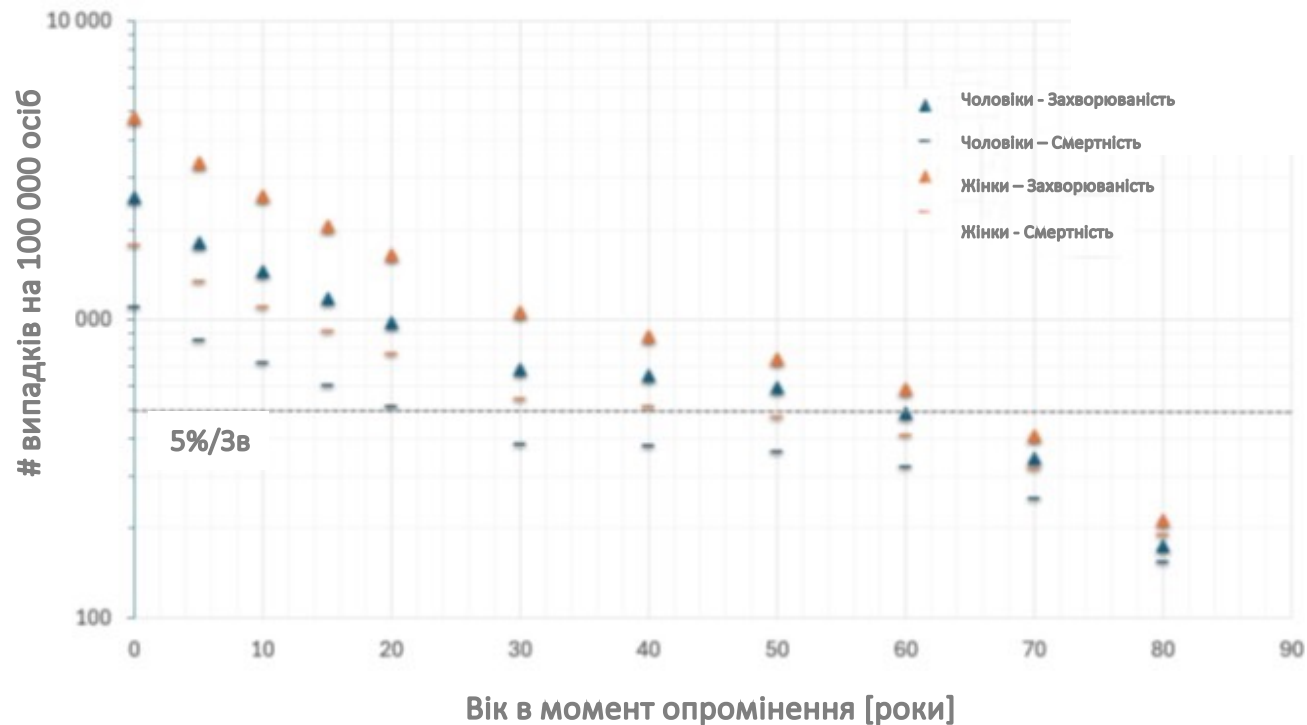
Джерела опромінення
і Порядок величин

Основи радіаційного
захисту

Основні тези

Література

Тестування



Ризик виникнення впродовж життя (РВЖ) захворювання/смерті від солідного раку, при одноразовому опроміненні дозою 0,1 Гр.
Джерело: Дані взято з таблиць 12D-1 і 12D-2 публікації: Health Risks from Exposure to Low Levels of Ionising Radiation: BEIR VII – Phase 2.

/ Детерміновані ефекти

<!=> УВАГА

- / Детерміновані ефекти мають **пори́г**, нижче якого ефект не виникає.
- / При появі ефекту його **тяжкість залежить від дози опромінення**.

Приклади детермінованих ефектів і початку появи

ЕФЕКТ	ПОРІГ ДОЗИ [ГР]	ПОЯВА
Катаракта	0.5	Кілька років
Еритема шкіри	2-6	Години/тижні
Стерильність (Безпліддя)	4-6 (чоловіки) 4-20 (жінки)	3 тижні < 1 тиждень
Випадання волосся	7	3 тижні
Незворотне пошкодження шкіри	18	> 10 тижнів
Летальність (опромінення всього тіла)	3-5	30-60 днів

/ Основи
радіаційної біології та
радіаційного захисту

ПЛАН РОЗДІЛУ:

Іонізуюче
випромінювання

Кількісне визначення
دوزи

**Вплив на організм
людини**

/ Детерміновані
ефекти

Джерела опромінення
і Порядок величин

Основи радіаційного
захисту

Основні тези

Література

Тестування

/ Внутрішньоутробне опромінення

>|< ПОРІВНЯННЯ

/ Основи
радіаційної біології та
радіаційного захисту

Як і для дорослих, для внутрішньоутробного опромінення існує два типи можливих ефектів іонізуючого випромінювання:

Детерміновані ефекти :

- / Ефекти з'являються вище порогу в 100 мГр.
- / Наслідки залежать від терміну вагітності => пошкоджуються різні органи (вади розвитку, зниження IQ).
- / Ефекти посилюються зі збільшенням дози..

Стохастичні ефекти :

- / Стохастичний ризик присутній від моменту зачаття до кінця вагітності.
- / Ймовірність виникнення вища для плода (від 10 до 20% на Зв), ніж у дорослих (5% на Зв).

ПЛАН РОЗДІЛУ:

Іонізуюче
випромінювання

Кількісне визначення
دوزи

**Вплив на організм
людини**

/ Внутрішньоутробне
опромінення

Джерела опромінення
і Порядок величин

Основи радіаційного
захисту

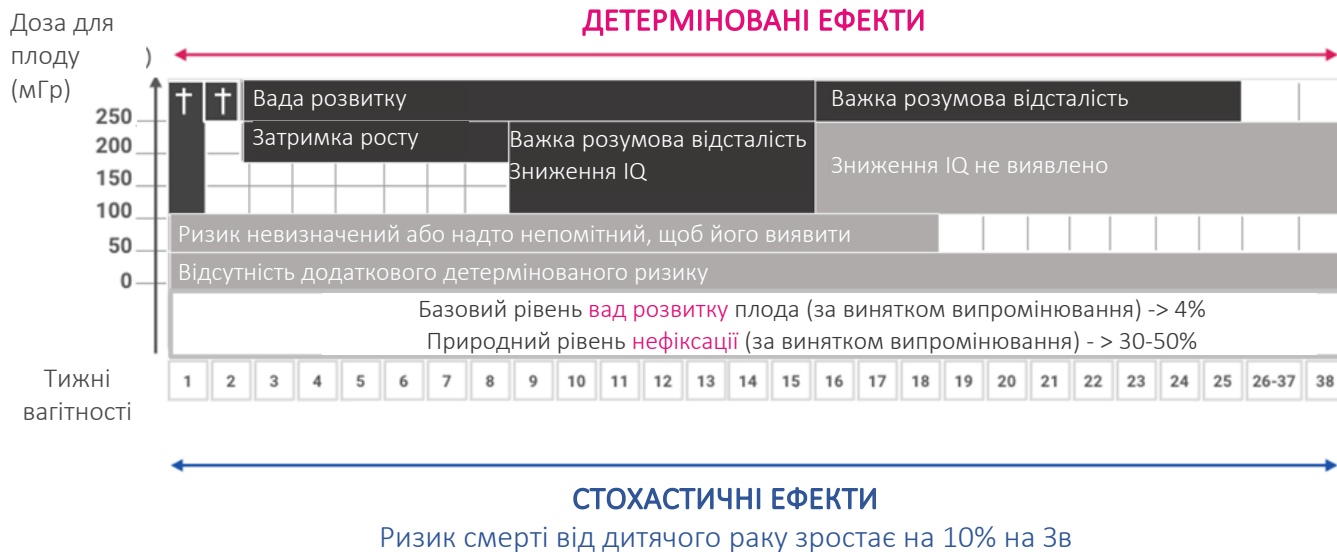
Основні тези

Література

Тестування

/ Внутрішньоутробне опромінення

Наслідки залежать від терміну вагітності:



ПЛАН РОЗДІЛУ:

Іонізуюче
випромінювання

Кількісне визначення
دوزи

**Вплив на організм
людини**

/ Внутрішньоутробне
опромінення

Джерела опромінення
і Порядок величин

Основи радіаційного
захисту

Основні тези

Література

Тестування

ПЛАН РОЗДІЛУ:

Іонізуюче
випромінювання

Кількісне визначення
دوزи

Вплив на організм
людини

**Джерела
опромінення і
Порядок величин**

Основи радіаційного
захисту

Основні тези

Література

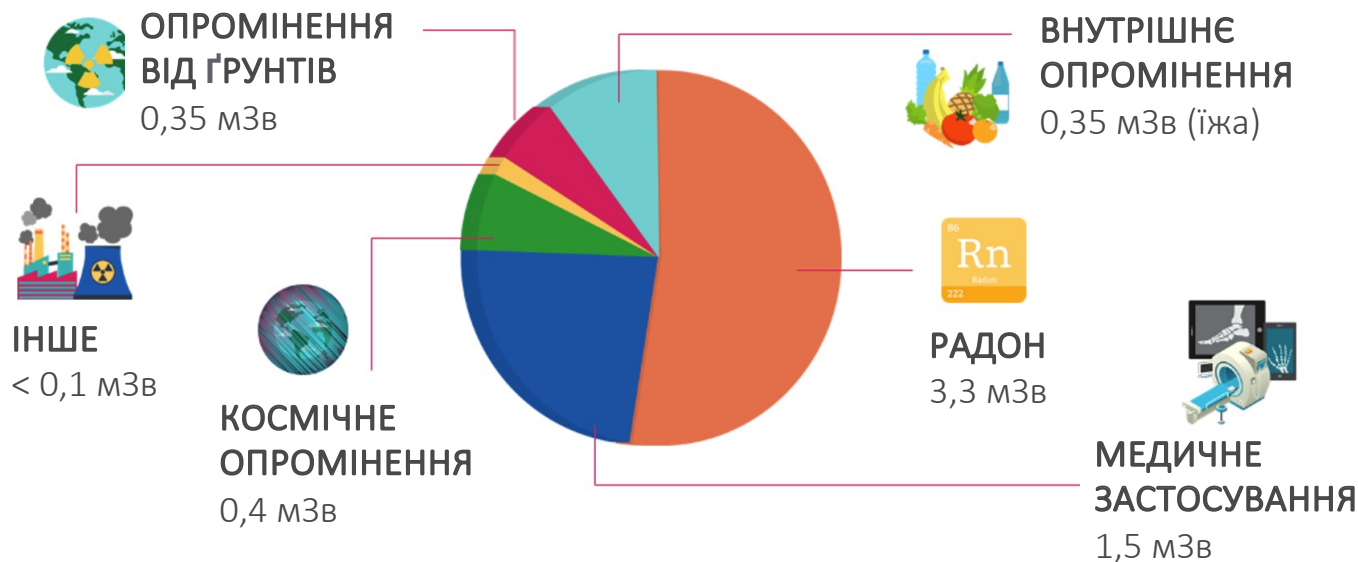
Тестування

/ Джерела опромінення і Порядок величин

/ Джерела радіаційного опромінення

Щодня люди піддаються радіоактивному опроміненню природного або штучного походження.

Рівень опромінення відрізняється від людини до людини, залежно від місця знаходження та способу життя.



Числа на цьому рисунку показані для населення Швейцарії. Середньорічна ефективна доза на одну людину населення Швейцарії становить 6 мЗв. Джерело: дані взято зі звіту BAG 2022 (округлені значення).

ПЛАН РОЗДІЛУ:

Іонізуюче
випромінювання

Кількісне визначення
دوزи

Вплив на організм
людини

Джерела
опромінення і
Порядок величин

/ Джерела
радіаційного
опромінення

Основи радіаційного
захисту

Основні тези

Література

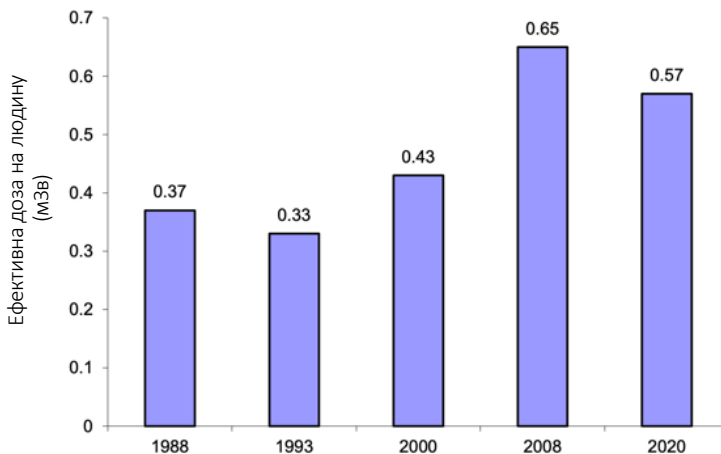
Тестування

/ Глобальне медичне радіаційне опромінення

Медичне опромінення є найбільшим джерелом опромінення у всьому світі, створеним людиною.

- / У 2020 році було проведено приблизно 4,2 мільярда медичних радіологічних обстежень для 7,3 мільярда населення планети, що призвело до значної колективної дози опромінення.
- / У 2020 році населення світу отримало від цих медичних процедур ефективну дозу 0,57 мЗв на людину, без врахування променевої терапії.
- / Існує високий ступінь невизначеності ($\pm 30\%$) у цих оцінках через прогалини в даних і різні дози при обстеженнях у різних регіонах. Дані не враховують професійне опромінення.

Річна ефективна доза на людину від медичного опромінення за різними оцінками UNSCEAR



Як повідомляється в звітах UNSCEAR за ці роки

Джерело : UNSCEAR report 2020/2021 – Volume 1 Scientific Annex A.
https://www.unscear.org/unscear/uploads/documents/unscear-reports/UNSCEAR_2020_21_Report_Vol1.pdf

ПЛАН РОЗДІЛУ:

Іонізуюче
випромінювання

Кількісне визначення
دوزи

Вплив на організм
людини

Джерела опромінення і Порядок величин

/ Глобальне медичне
радіаційне
опромінення

Основи радіаційного
захисту

Основні тези

Література

Тестування

Медичні процедури та дози радіологічних методів (без променевої терапії)

(а) Обстеження/процедури

(б) Колективна ефективна доза



ПЛАН РОЗДІЛУ:

Іонізуюче
випромінювання

Кількісне визначення
دوزи

Вплив на організм
людини

**Джерела
опромінення і
Порядок величин**

/ Глобальне медичне
радіаційне
опромінення

Основи радіаційного
захисту

Основні тези

Література

Тестування

Розподіл обстежень/процедур за методами візуалізації (а) та їхній внесок у колективну ефективну дозу від медичного опромінення, без врахування променевої терапії. (б). Джерело : UNSCEAR report 2020/2021 – Volume 1 Scientific Annex A.
https://www.unscear.org/unscear/uploads/documents/unscear-reports/UNSCEAR_2020_21_Report_Vol.I.pdf

/ Приклади ефективних доз опромінення для різних методів візуалізації у дорослих

Основи
радіаційної біології та
радіаційного захисту

ПЛАН РОЗДІЛУ:

Іонізуюче
випромінювання

Кількісне визначення
دوزи

Вплив на організм
людини

Джерела опромінення і Порядок величин

/ Приклади
ефективних доз
опромінення для
різних методів
візуалізації у
дорослих

Основи радіаційного
захисту

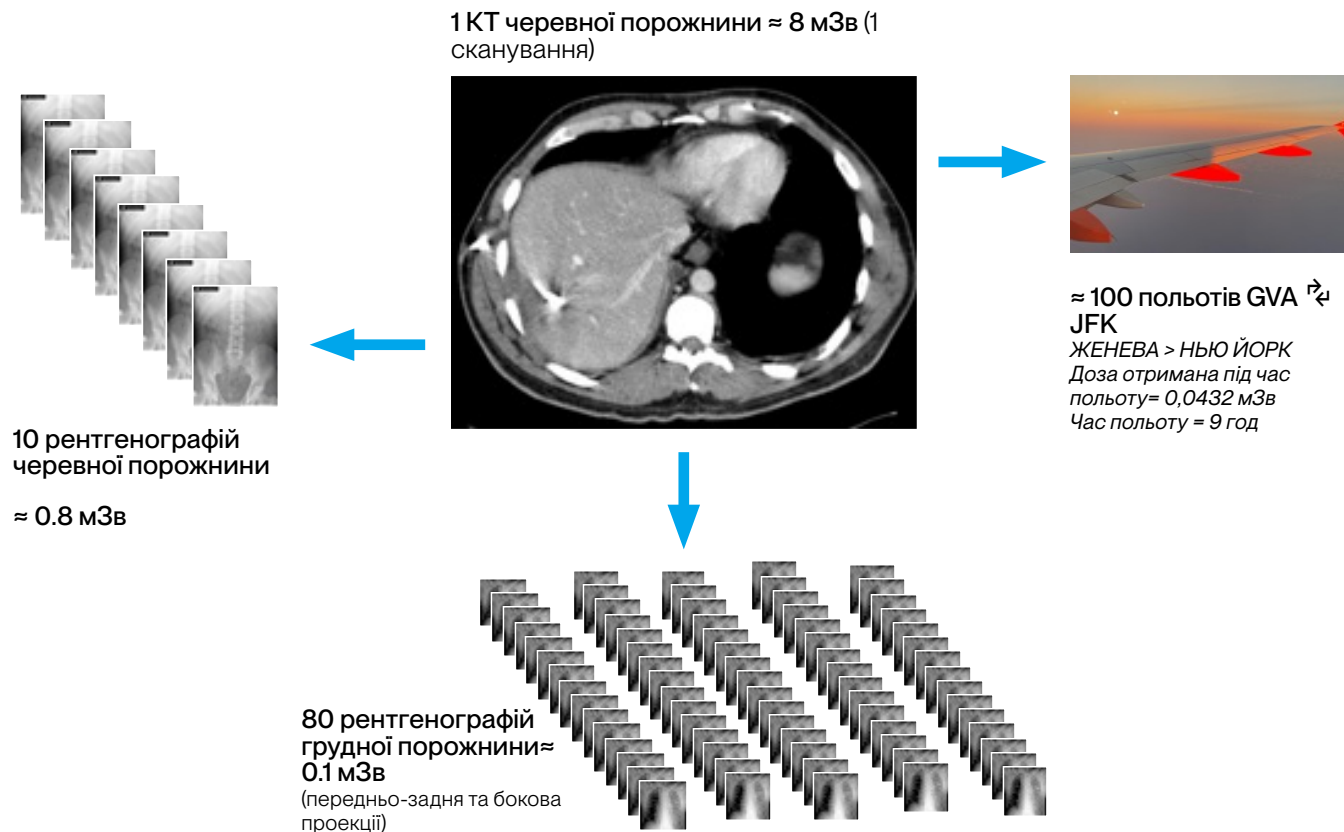
Основні тези

Література



ВИД РАДІОЛОГІЧНОЇ ПРОЦЕДУРИ	ЕФЕКТИВНА ДОЗА (мЗв)	ВІДПОВІДАЄ ПРИРОДНОМУ ОПРОМІНЕННЮ ВПРОДОВЖ
Рентгенографія кінцівок (кисть, стопа)	0.001	2 годин
Рентгенографія зубів	< 0.01	< 1 дня
Рентгенографія органів грудної клітки	0.05	4 днів
Рентгенографія голови	0.05	4 днів
Момографія (4 проєкції)	0.1	8 днів
Рентгенографія черевної порожнини	0.7	2 місяців
Рентгенографія тазу	1	3 місяців
КТ голови	2	6 місяців
КТ грудної порожнини	3.5	1 року
КТ черевної порожнини	8	2 років

/ Порядок величин



ПЛАН РОЗДІЛУ:

Іонізуюче
випромінювання

Кількісне визначення
دوزи

Вплив на організм
людини

**Джерела
опромінювання і
Порядок величин**

/ Порядок величин

Основи радіаційного
захисту

Основні тези

Література

Тестування

ПЛАН РОЗДІЛУ:

Іонізуюче
випромінювання

Кількісне визначення
دوزи

Вплив на організм
людини

Джерела опромінення
і Порядок величин

**Основи радіаційного
захисту**

Основні тези

Література

Тестування

/ Основи радіаційного захисту

/ Наукове підґрунтя, доктрина, стандарти та законодавство



Міжнародні наукові дослідження:

на основі досліджень, проведених у різних країнах, вироблено наукове погодження на міжнародному рівні -> наприклад UNSCEAR*

Загальні основи, доктрина

ґрунтуючись на наукових, економічних і соціальних міркуваннях, Міжнародна комісія з радіаційного захисту (МКРЗ) пропонує метод управління радіологічним ризиком.

Дорегуляторні стандарти:

Міжнародні урядові агентства (МАГАТЕ**, Євратом***) розробляють стандарти, призначені для держав, які є більш чи менш юридично обов'язковими.

Національне законодавство:

Національні нормативні акти спрямовані на захист працівників, громадян і пацієнтів, які зазнали впливу іонізуючого випромінювання



* Науковий комітет ООН з вивчення впливу атомної радіації (UNSCEAR), заснований у 1955 році, збирає та аналізує дані з різних джерел, проводить наукові дослідження біологічного впливу радіації та оцінює пов'язані з цим ризики для здоров'я. Він надає наукові рекомендації для ООН, керуючи міжнародними стандартами захисту від радіації. Він публікує комплексні звіти, якими користуються уряди та дослідники в усьому світі і співпрацює з такими організаціями, як МАГАТЕ та ВООЗ, щоб гарантувати, що глобальні стандарти базуються на найкращих наукових доказах.

** Міжнародне агентство з атомної енергії (МАГАТЕ), створене в 1957 році, сприяє використанню ядерної енергії в мирних цілях і запобігає розповсюдженню ядерної зброї. Будучи незалежним агентством ООН, допомагає країнам використовувати ядерну енергію в галузі електроенергії, медицини та сільського господарства, одночасно забезпечуючи безпеку та захист за допомогою міжнародних стандартів. МАГАТЕ впроваджує запобіжні заходи для гарантії нерозповсюдження, підтримує наукові дослідження та забезпечує навчання. Співпрацює на міжнародному рівні для прогресу безпечного використання ядерних технологій для глобального розвитку та охорони здоров'я.

*** Євратом, створений у 1957 році, є Європейською спільнотою з атомної енергії, яка зосереджена на координації та сприянні мирному використанню ядерної енергії серед держав-членів ЄС. Її ключові функції включають забезпечення ядерної безпеки, підтримку досліджень і розробок, охорону ядерних матеріалів, регулювання постачання ядерного палива та представництво членів у міжнародних угодах. Діючи відповідно до власної законодавчої бази, Євратом залишається життєво важливим для ядерної безпеки, досліджень і регулювання в ЄС, незважаючи на перехід до політики сталого розвитку енергетики.

ПЛАН РОЗДІЛУ:

Іонізуюче
випромінювання

Кількісне визначення
دوزи

Вплив на організм
людини

Джерела опромінення
і Порядок величин

Основи радіаційного захисту

/ Наукове підґрунтя,
доктрина,
стандарти та
законодавство

Основні тези

Література

Тестування

Директива Ради 2013/59/Євратом, 5 грудня 2013

<=> УВАГА

РОЗДІЛ III

СИСТЕМА РАДІАЦІЙНОГО ЗАХИСТУ

Стаття 5

Загальні основи
радіаційного захисту

J **USTIFICATION**
(ВИПРАВДАНІСТЬ)

O **PTIMISATION**
(ОПТИМІЗАЦІЯ)

L **IMITATION**
(НЕПЕРЕВИЩЕННЯ)



Джерело: <https://osha.europa.eu/en/legislation/directives/directive-2013-59-euratom-protection-against-ionising-radiation>

Основи
радіаційної біології та
радіаційного захисту

ПЛАН РОЗДІЛУ:

Іонізуюче
випромінювання

Кількісне визначення
دوزи

Вплив на організм
людини

Джерела опромінення
і Порядок величин

**Основи радіаційного
захисту**

/ Наукове підґрунтя,
доктрина,
стандарти та
законодавство

Основні тези

Література

Тестування

/ Виправданість

<!=> УВАГА

Діяльність виправдана

- / коли користь від неї явно переважає шкоду, спричинену випромінюванням, і
- / коли немає альтернативи, загалом сприятливішої для людини та навколишнього середовища.

Цей принцип можна коротко описати фразою :

"Робіть більше користі, ніж шкоди"

ПРИКЛАДИ:

- / При переломі можна використати флюорографічний апарат (для фіксування, зменшення ризиків)
- / Постановка діагнозу на основі КТ дослідження.



Основи
радіаційної біології та
радіаційного захисту

ПЛАН РОЗДІЛУ:

Іонізуюче
випромінювання

Кількісне визначення
доз

Вплив на організм
людини

Джерела опромінення
і Порядок величин

Основи радіаційного
захисту

/ Виправданість

Основні тези

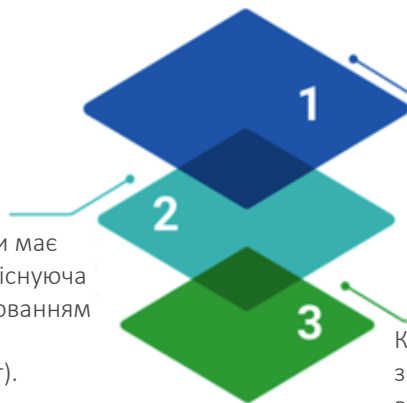
Література

Тестування

/ Виправданість - Три рівні виправданості в медицині

ОБГРУНТУВАННЯ ДІАГНОСТИЧНИХ АБО ЛІКУВАЛЬНИХ ПРОЦЕДУР

Широке застосування процедури має бути виправдане → жодна інша існуюча процедура з меншим випромінюванням не є настільки ефективною (рекомендації наукових спільнот).



ФУНДАМЕНТАЛЬНЕ ОБГРУНТУВАННЯ

Наукова спільнота вважає застосування іонізуючого випромінювання виправданим, коли воно дозволяє поставити діагноз або лікувати патологію.

ОБГРУНТУВАННЯ ІНДИВІДУАЛЬНИХ ПРОЦЕДУР

Коли лікар призначає або проводить обстеження з використанням іонізуючого випромінювання, він/вона повинен(на) враховувати наявну діагностичну інформацію та історію хвороби пацієнта → уникнути непотрібного опромінення.

ПЛАН РОЗДІЛУ:

Іонізуюче
випромінювання

Кількісне визначення
دوزи

Вплив на організм
людини

Джерела опромінення
і Порядок величин

**Основи радіаційного
захисту**

/ Виправданість - Три
рівні виправданості
в медицині

Основні тези

Література

Тестування

Відповідальність за застосування принципу виправданості несуть лікарі, які **призначають** процедури з використанням випромінювання і лікарі, які їх **проводять**.

/ Оптимізація

<!=> УВАГА

Принцип оптимізації також називають принципом ALARA (настільки низько, наскільки це розумно досяжно):

As

Low

As

Reasonably

Achievable

ДОЗА



ДОЗА

/ Необхідно знайти оптимальне співвідношення користь/ризик.

/ Необхідно також враховувати економічні та соціальні аспекти.

/ Основи
радіаційної біології та
радіаційного захисту

ПЛАН РОЗДІЛУ:

Іонізуюче
випромінюванняКількісне визначення
دوزиВплив на організм
людиниДжерела опромінення
і Порядок величинОснови радіаційного
захисту

/ Оптимізація

Основні тези

Література

Тестування

Це передбачає оптимізацію процедур, використання захисних заходів і постійне прагнення мінімізувати опромінення. Рівень радіаційного опромінення має бути нижчим від граничних доз, встановлених регулюючими органами.

/ Оптимізація – Персонал

<=> УВАГА

Існує 3 основних правила радіаційного захисту персоналу, що опромінюється внаслідок професійної діяльності:



ЧАС: ↘ час = ↘ опромінення

Перебувайте поблизу радіологічного обладнання якомога короткий час

ЕКРАНУВАННЯ: ↗ екранування = ↘ опромінення

Завжди використовуйте екранування

ВІДСТАНЬ: ↗ відстань = ↘ опромінення

Перебувайте якомога далі від джерела опромінення (іноді джерелом може бути пацієнт)



Додаткові заходи радіаційного захисту включають:

- / постійний контроль рівня випромінювання на робочому місці
- / використання персональних дозиметрів для відстеження індивідуального опромінення та регулярне спостереження за станом здоров'я персоналу, який зазнає опромінення
- / адекватне навчання щодо радіаційних ризиків, процедур безпеки і належного використання захисного обладнання та постійного навчання щодо найкращих практик і змін у нормативних актах або технологіях

Основи
радіаційної біології та
радіаційного захисту

ПЛАН РОЗДІЛУ:

Іонізуюче
випромінювання

Кількісне визначення
доз

Вплив на організм
людини

Джерела опромінення
і Порядок величин

Основи радіаційного
захисту

/ Оптимізація –
Персонал

Основні тези

Література

Тестування

/ Оптимізація - Пацієнти

<!=> УВАГА

/ Основи
радіаційної біології та
радіаційного захисту

Невичерпний перелік заходів для оптимізації радіаційного опромінення пацієнтів:

- / Мінімізація кількості досліджень/ проекцій/зображень.
- / Колімація.
- / Правильне позиціонування пацієнта (передньо-задня чи задньо-передня проекція, центрування, тощо).
- / Оптимізація протоколу.
- / Впровадження сучасних технологій зниження дози, таких як автоматичний контроль експозиції та модуляція струму трубки.
- / Вибіркова фільтрація, відповідні параметри експозиції.
- / Ітераційна (поетапна) реконструкція.
- / Встановлення та моніторинг Діагностичних Референтних Рівнів (ДРР) (Diagnostic Reference Levels (DRLs))*.
- / Спілкування з пацієнтами для заохочення до взаємодії.

ПЛАН РОЗДІЛУ:

Іонізуюче
випромінювання

Кількісне визначення
дози

Вплив на організм
людини

Джерела опромінення
і Порядок величин

**Основи радіаційного
захисту**

/ Оптимізація -
Пацієнти

Основні тези

Література

Тестування

* див. наступну сторінку

Діагностичні референтні рівні (ДРР) є важливою частиною гарантування безпеки пацієнтів під час медичної візуалізації. Вони допомагають запобігти непотрібному радіаційному опроміненню, надаючи орієнтир типової дози, яка отримується в поширених діагностичних процедурах, заохочуючи постійну оптимізацію методів візуалізації.

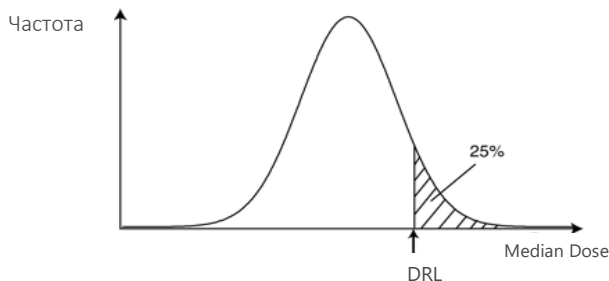
ДРР є:

- / загальні для вибірки пацієнтів.
- / залежні від виду дослідження.
- / залежні від анатомічної ділянки.

ДРР не є:

- / межею між хорошою і поганою практикою.
- / обмеженням дози.
- / призначені для застосування до окремих пацієнтів та окремих обстежень

- / **Національні ДРР (НДРР)** встановлюються за допомогою національного опитування шляхом використання **третього кватильного значення** розподілу середніх доз
- / **Місцеві ДРР (МДРР)** відповідають місцевій практиці установи/групи установ, шляхом використання третього кватильного значення середніх доз; кожен



діагностичний центр повинен встановити свої власні **МДРР** або «Діагностичні Стандартні Дози – ДСД».

- / Необхідно провести **порівняння ДСД з НДРР** і вжити можливі коригувальні заходи.
- / У разі перевищення НДРР необхідно провести аналіз.
- / Перегляд ДРР (НДРР і МДРР) є **повторюваним процесом**.

Основи радіаційної біології та радіаційного захисту

ПЛАН РОЗДІЛУ:

Іонізуюче випромінювання

Кількісне визначення дози

Вплив на організм людини

Джерела опромінення і Порядок величин

Основи радіаційного захисту

/ Оптимізація - Пацієнти

Основні тези

Література

Тестування

Наразі існує **однотайність** основних організацій, які займаються радіаційною безпекою та візуалізацією.

Gonad and Patients Shielding Group (GAPS): European Consensus



ESPR
European Society of
Paediatric Radiology



ПЛАН РОЗДІЛУ:

Іонізуюче
випромінювання

Кількісне визначення
دوزи

Вплив на організм
людини

Джерела опромінення
і Порядок величин

Основи радіаційного захисту

/ Оптимізація -
Пацієнти

Основні тези

Література

Тестування

Рекомендації були опубліковані в наукових журналах



ПЛАН РОЗДІЛУ:

Іонізуюче
випромінювання

Кількісне визначення
دوزи

Вплив на організм
людини

Джерела опромінення
і Порядок величин

Основи радіаційного
захисту

/ Оптимізація -
Пацієнти

Основні тези

Література

Тестування

<» ЛІТЕРАТУРА

Hiles P, Gilligan P, Damilakis J, Briers E, Candela-Juan C, Faj D, Foley S, Frija G, Granata C, de Las Heras Gala H, Pauwels R, Sans Merce M, Simantirakis G, Vano E. European consensus on patient contact shielding. Insights Imaging. 2021 Dec 23;12(1):194. doi: 10.1186/s13244-021-01085-4. PMID: 34939154; PMCID: PMC8695402.

<!=> УВАГА

Основи
радіаційної біології та
радіаційного захисту

Рішення щодо використання контактних засобів захисту пацієнта:

ПЛАН РОЗДІЛУ:

Іонізуюче
випромінювання

Кількісне визначення
доз

Вплив на організм
людини

Джерела опромінення
і Порядок величин

Основи радіаційного
захисту

/ Оптимізація -
Пацієнти

Основні тези

Література

Тестування

Таблиця 1 Обґрунтування погоджених тверджень

Обґрунтування	Погоджена рекомендація	Символ
Доведено, що використання контактних засобів захисту пацієнта є корисним та ефективним	«Слід використовувати екранування»	
Досягнуто загальної згоди щодо корисності контактних засобів захисту пацієнта за деяких обставин	«Може використовуватись екранування»	
Доведено або досягнуто загальної згоди не використовувати контактних засобів захисту пацієнта	«Не рекомендується використовувати екранування»	

<∞> ЛІТЕРАТУРА

Використана таблиця з: Hiles P, Gilligan P, Damilakis J, Briers E, Candela- Juan C, Faj D, Foley S, Frija G, Granata C, de Las Heras Gala H, Pauwels R, Sans Merce M, Simantirakis G, Vano E. European consensus on patient contact shielding. Insights Imaging. 2021 Dec 23;12(1):194. doi: 10.1186/s13244-021-01085-4. PMID: 34939154; PMCID: PMC8695402.

Рішення щодо використання контактних засобів захисту пацієнта:

<!=> УВАГА

Захист пацієнта, як правило, не рекомендується для більшості методів візуалізації, але може використовуватись в деяких конкретних ситуаціях.

ПЛАН РОЗДІЛУ:

Іонізуюче
випромінювання

Кількісне визначення
دوزи

Вплив на організм
людини

Джерела опромінення
і Порядок величин

Основи радіаційного
захисту

/ Оптимізація -
Пацієнти

Основні тези

Література

Тестування

Застосування	Метод візуалізації	Всередині або ззовні поля зору	Рекомендація	Символ
Екранування щитоподібної залози	Рентгенографія, Мамографія, Флюороскопія, КТ	Ззовні	«Не рекомендується використовувати екранування»	
Екранування щитоподібної залози	Внутрішньоротова та цефалометрична рентгенографія зубів	Ззовні	«Може використовуватись екранування»	
Екранування щитоподібної залози	Конусно-променева комп'ютерна томографія	Ззовні	«Може використовуватись екранування»	
Екранування щитоподібної залози	Всі рентгенографічні (крім цефалометричних)	Всередині	«Не рекомендується використовувати екранування»	
Екранування щитоподібної залози	Цефалометрична рентгенографія	Всередині	«Може використовуватись екранування»	

Застосування	Метод візуалізації	Всередині або ззовні поля зору	Рекомендація	Символ
Екранування ембріона/плоду	Всі рентгенографічні	Всередині	«Не рекомендується використовувати екранування»	
Екранування ембріона/плоду	Рентгенографія, Мамографія, Флюороскопія, Рентгенографія зубів, КТ	Ззовні	«Не рекомендується використовувати екранування»	
Застосування	Метод візуалізації	Всередині або ззовні поля зору	Рекомендація	Символ
Екранування грудної залози	Всі рентгенографічні	Обидва	«Не рекомендується використовувати екранування»	

Застосування	Метод візуалізації	Всередині або ззовні поля зору	Рекомендація	Символ
Екранування кришталика ока	Всі рентгенографічні	Обидва	«Не рекомендується використовувати екранування»	
Застосування	Метод візуалізації	Всередині або ззовні поля зору	Рекомендація	Символ
Екранування чоловічих і жіночих статевих залоз	Всі рентгенографічні	Обидва	«Не рекомендується використовувати екранування»	

<=> ЛІТЕРАТУРА

Таблиця взята з: Hiles P, Gilligan P, Damilakis J, Briers E, Candela-Juan C, Faj D, Foley S, Frija G, Granata C, de Las Heras Gala H, Pauwels R, Sans Merce M, Simantirakis G, Vano E. European consensus on patient contact shielding. Insights Imaging. 2021 Dec 23;12(1):194. doi: 10.1186/s13244-021-01085-4. PMID: 34939154; PMCID: PMC8695402.

/ Неперевищення

<!=> УВАГА

Принцип неперевищення полягає у встановленні **граничних значень доз**, зазначених у національному законодавстві. Визначено три категорії осіб, що зазнають опромінення:



**ОПРОМІНЕННЯ ПРАЦІВНИКА
ВНАСЛІДОК ПРОФЕСІЙНОЇ
ДІЯЛЬНОСТІ**

20 мЗв/рік все тіло
20 мЗв/рік кришталік ока
500 мЗв/рік для кінцівок



**НАСЕЛЕННЯ + ОПРОМІНЕННЯ
ВАГІТНИХ ЖІНОК ВНАСЛІДОК
ПРОФЕСІЙНОЇ ДІЯЛЬНОСТІ**

1 мЗв/рік



ПАЦІЄНТ

Без обмеження дози
Застосовується принцип виправданості

ПЛАН РОЗДІЛУ:

Іонізуюче
випромінювання

Кількісне визначення
دوزи

Вплив на організм
людини

Джерела опромінення
і Порядок величин

**Основи радіаційного
захисту**

/ Неперевищення

Основні тези

Література

Тестування

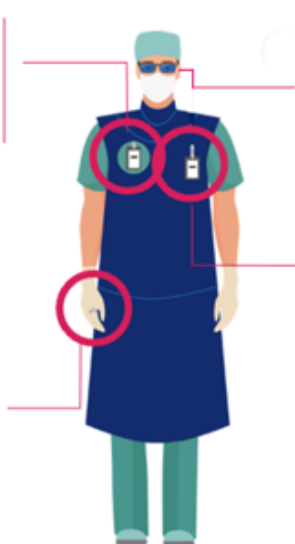
/ Неперевищення – Опромінення внаслідок професійної діяльності

<!=> УВАГА

Працівники, які піддаються опроміненню внаслідок професійної діяльності, повинні носити різні дозиметри залежно від виду роботи.

Дозиметр для всього тіла розташовують на рівні грудної клітки (чи на рівні черевної порожнини для вагітних) під фартухом. Використовується для оцінки **ефективної дози**.

Дозиметр для кінцівок надягають на палець для оцінки **дозы на руки**. Зазвичай необхідний під час виконання інтервенційних процедур або діяльності з відкритими джерелами (Н: ядерна медицина). Використовується для оцінки дози на кінцівки.



Дозиметр, розміщений на рівні очей, забезпечує оцінку **дозы на кришталик ока**.

Надфартуховий дозиметр забезпечує оцінку **дозы для органів, розташованих поза фартухом**. Його також можна використовувати, залежно від місцевого законодавства, для **більш точної** оцінки ефективної дози або навіть дози на кришталик ока.

Основи
радіаційної біології та
радіаційного захисту

ПЛАН РОЗДІЛУ:

Іонізуюче
випромінювання

Кількісне визначення
дозы

Вплив на організм
людини

Джерела опромінення
і Порядок величин

Основи радіаційного
захисту

/ Неперевищення
– Опромінення
внаслідок
професійної
діяльності

Основні тези

Література

Тестування

/ Основні тези

<!=> УВАГА

- / Існують різні види іонізуючого випромінювання.
- / Поглинена доза (D) визначається як енергія, передана іонізуючим випромінюванням на одиницю маси опроміненого матеріалу, це єдина величина, яку можна виміряти.
- / Еквівалентна доза (H) є добутком поглиненої дози на ваговий коефіцієнт випромінювання.
- / Ефективна доза (E) – це сума добутків еквівалентної дози для кожного органу на його ваговий коефіцієнт.
- / Випромінювання може пошкодити клітину прямо чи опосередковано.
- / Існує два характерних ефекти іонізуючого випромінювання: детермінований і стохастичний.
- / Лінійна безпорогова модель є найбільш прийнятною моделлю для оцінки стохастичного впливу іонізуючого випромінювання на здоров'я.
- / Ми всі зазнаємо впливу природного випромінювання.
- / Відповідальність за застосування принципу виправданості несуть лікарі, які призначають процедури з використанням випромінювання і лікарі, які їх проводять.
- / Оптимізація досягається за принципом ALARA (As Low As Reasonably Achievable - настільки низько, наскільки це розумно досяжно).
- / Існують обмеження дози для працівників, які піддаються опроміненню внаслідок професійної діяльності і населення, але не для пацієнта. Для пацієнта застосовуються принципи виправданості та оптимізації.

/ Основи
радіаційної біології та
радіаційного захисту

ПЛАН РОЗДІЛУ:

Іонізуюче
випромінювання

Кількісне визначення
دوزи

Вплив на організм
людини

Джерела опромінення
і Порядок величин

Основи радіаційного
захисту

Основні тези

Література

Тестування

/ Література

- / 1. Health Risks from Exposure to Low Levels of Ionising Radiation: BEIR VII – Phase 2. 2006. <https://nap.nationalacademies.org/catalog/11340/health-risks-from-exposure-to-low-levels-of-ionising-radiation>
- / 2. Radioprotection et surveillance de la radioactivité en Suisse – Résultats 2022. May 2023.
- / 3. ICRP, 2007. The 2007 Recommendations of the International Commission on Radiological Protection. ICRP Publication 103. Ann. ICRP 37 (2-4).
- / 4. ICRP, 2000. Pregnancy and Medical Radiation. ICRP Publication 84. Ann. ICRP 30 (1).
- / 5. ICRP, 2017. Diagnostic reference levels in medical imaging. ICRP Publication 135. Ann. ICRP 46(1).
- / 6. European consensus on patient contact shielding. Peter Hiles, Patrick Gilligan, Shane Foley, Guy Frija, Claudio Granata, Hugo de las Heras Gala, Ruben Pauwels, Marta Sans Merce, Georgios Simantirakis, Eliseo Vano. Insights into Imaging 12 (2021) 194 / Physica Medica 96 (2022) 198 / Radiography 28 (2022) 353. <https://doi.org/10.1186/s13244-021-01085-4>
<https://doi.org/10.1016/j.ejmp.2021.12.006>
<https://doi.org/10.1016/j.radi.2021.12.003>

ПЛАН РОЗДІЛУ:

Іонізуюче
випромінювання

Кількісне визначення
دوزи

Вплив на організм
людини

Джерела опромінення
і Порядок величин

Основи радіаційного
захисту

Основні тези

Література

Тестування

ПЛАН РОЗДІЛУ:

Іонізуюче
випромінювання

Кількісне визначення
دوزи

Вплив на організм
людини

Джерела опромінення
і Порядок величин

Основи радіаційного
захисту

Основні тези

Література

Тестування

/ Тестування

/ Тестування

<?> ЗАПИТАННЯ

1

Після опромінення ДНК клітини може (можливі кілька варіантів відповіді):

- ☐ Не самовідновитись і виникає загибель клітини.
- ☐ Відновити всі пошкодження без будь-яких подальших наслідків.
- ☐ Самовідновитись, але з помилками (мутації).

Основи
радіаційної біології та
радіаційного захисту

ПЛАН РОЗДІЛУ:

Іонізуюче
випромінювання

Кількісне визначення
دوزи

Вплив на організм
людини

Джерела опромінення
і Порядок величин

Основи радіаційного
захисту

Основні тези

Література

Тестування

/ Тестування

<?> ВІДПОВІДЬ

1

Після опромінення ДНК клітини може (можливі кілька варіантів відповіді):

- Не самовідновитись і виникає загибель клітини.
- Відновити всі пошкодження без будь-яких подальших наслідків.
- Самовідновитись, але з помилками (мутації).

/ Основи
радіаційної біології та
радіаційного захисту

ПЛАН РОЗДІЛУ:

Іонізуюче
випромінювання

Кількісне визначення
دوزи

Вплив на організм
людини

Джерела опромінення
і Порядок величин

Основи радіаційного
захисту

Основні тези

Література

Тестування

/ Тестування

<?> ЗАПИТАННЯ

2

Загальний поріг для появи детермінованих ефектів:

- ☐ 0,5 Гр
- ☐ 20 мЗв
- ☐ Порогу немає

ПЛАН РОЗДІЛУ:

Іонізуюче
випромінювання

Кількісне визначення
دوزи

Вплив на організм
людини

Джерела опромінення
і Порядок величин

Основи радіаційного
захисту

Основні тези

Література

Тестування

/ Тестування

<?> ВІДПОВІДЬ

2 Загальний поріг для появи детермінованих ефектів:

- ☒ 0,5 Гр
- ☐ 20 мЗв
- ☐ Порогу немає

Основи
радіаційної біології та
радіаційного захисту

ПЛАН РОЗДІЛУ:

Іонізуюче
випромінювання

Кількісне визначення
دوزи

Вплив на організм
людини

Джерела опромінення
і Порядок величин

Основи радіаційного
захисту

Основні тези

Література

Тестування

/ Тестування

<?> ЗАПИТАННЯ

3

Стохастичні ефекти відображають (можливі кілька варіантів відповіді):

- ☐ Збільшення ризику виникнення раку на 10-20% на Зіверт у плода.
- ☐ Збільшення ризику виникнення раку на 5% на Зіверт у дорослих.
- ☐ Появу наслідків для тканин, як тільки буде перевищено порогову дозу.

ПЛАН РОЗДІЛУ:

Іонізуюче
випромінювання

Кількісне визначення
دوزи

Вплив на організм
людини

Джерела опромінення
і Порядок величин

Основи радіаційного
захисту

Основні тези

Література

Тестування

/ Тестування

<?> ВІДПОВІДЬ

3

Стохастичні ефекти відображають
(можливі кілька варіантів відповіді):

- Збільшення ризику виникнення раку на 10-20% на Зіверт у плода.
- Збільшення ризику виникнення раку на 5% на Зіверт у дорослих.
- Появу наслідків для тканин, як тільки буде перевищено порогову дозу.

ПЛАН РОЗДІЛУ:

Іонізуюче
випромінювання

Кількісне визначення
دوزи

Вплив на організм
людини

Джерела опромінення
і Порядок величин

Основи радіаційного
захисту

Основні тези

Література

Тестування

/ Тестування

<?> ЗАПИТАННЯ

4

Одноразове опромінення шкіри дозою 2 Гр може спричинити за короткий термін:

- ☐ Жодної реакції.
- ☐ Некроз тканин.
- ☐ Транзиторна еритема.

ПЛАН РОЗДІЛУ:

Іонізуюче
випромінювання

Кількісне визначення
دوزи

Вплив на організм
людини

Джерела опромінення
і Порядок величин

Основи радіаційного
захисту

Основні тези

Література

Тестування

/ Тестування

<?> ВІДПОВІДЬ

4

Одноразове опромінення шкіри дозою 2 Гр може спричинити за короткий термін:

- ☐ Жодної реакції.
- ☐ Некроз тканин.
- ☒ Транзиторна еритема.

ПЛАН РОЗДІЛУ:

Іонізуюче
випромінювання

Кількісне визначення
دوزи

Вплив на організм
людини

Джерела опромінення
і Порядок величин

Основи радіаційного
захисту

Основні тези

Література

Тестування

/ Тестування

<?> ЗАПИТАННЯ

5

Принципи радіаційного захисту:

- ☐ Час, екранування, відстань.
- ☐ Виправданість, оптимізація і неперевищення.
- ☐ Виправданість, оптимізація, неперевищення і навчання.

Основи
радіаційної біології та
радіаційного захисту

ПЛАН РОЗДІЛУ:

Іонізуюче
випромінювання

Кількісне визначення
دوزи

Вплив на організм
людини

Джерела опромінення
і Порядок величин

Основи радіаційного
захисту

Основні тези

Література

Тестування

/ Тестування

<?> ВІДПОВІДЬ

5

Принципи радіаційного захисту:

- ☐ Час, екранування, відстань.
- ☒ Виправданість, оптимізація і неперевищення.
- ☐ Виправданість, оптимізація, неперевищення і навчання.

Основи
радіаційної біології та
радіаційного захисту

ПЛАН РОЗДІЛУ:

Іонізуюче
випромінювання

Кількісне визначення
دوزи

Вплив на організм
людини

Джерела опромінення
і Порядок величин

Основи радіаційного
захисту

Основні тези

Література

Тестування

/ Тестування

<?> ЗАПИТАННЯ

6

Діагностичні референтні рівні:

- ☐ Вони являють собою граничну дозу для пацієнта.
- ☐ Не залежать від анатомічної області.
- ☐ Є інструментом для оптимізації дози пацієнта.
- ☐ Перевищення для пацієнта свідчить про погану практику.

ПЛАН РОЗДІЛУ:

Іонізуюче
випромінювання

Кількісне визначення
دوزи

Вплив на організм
людини

Джерела опромінення
і Порядок величин

Основи радіаційного
захисту

Основні тези

Література

Тестування

/ Тестування

<?> ВІДПОВІДЬ

6

Діагностичні референтні рівні:

- ☐ Вони являють собою граничну дозу для пацієнта.
- ☐ Не залежать від анатомічної області.
- ☒ Є інструментом для оптимізації дози пацієнта.
- ☐ Перевищення для пацієнта свідчить про погану практику.

Основи
радіаційної біології та
радіаційного захисту

ПЛАН РОЗДІЛУ:

Іонізуюче
випромінювання

Кількісне визначення
دوزи

Вплив на організм
людини

Джерела опромінення
і Порядок величин

Основи радіаційного
захисту

Основні тези

Література

Тестування

/ Тестування

<?> ЗАПИТАННЯ

7

Обмеження радіаційного опромінення (можливі декілька варіантів відповіді):

- ☐ Обмеження дози опромінення для пацієнта немає.
- ☐ Обмеження для персоналу, який піддається опроміненню внаслідок професійної діяльності, становить 1 мЗв на місяць.
- ☐ Обмеження для персоналу, який піддається опроміненню внаслідок професійної діяльності, становить 20 мЗв на рік.
- ☐ Обмеження дози опромінення для населення немає.

ПЛАН РОЗДІЛУ:

Іонізуюче
випромінювання

Кількісне визначення
дози

Вплив на організм
людини

Джерела опромінення
і Порядок величин

Основи радіаційного
захисту

Основні тези

Література

Тестування

/ Тестування

<?> ВІДПОВІДЬ

7 Обмеження радіаційного опромінення (можливі декілька варіантів відповіді):

- ☒ Обмеження дози опромінення для пацієнта немає.
- ☐ Обмеження для персоналу, який піддається опроміненню внаслідок професійної діяльності, становить 1 мЗв на місяць.
- ☒ Обмеження для персоналу, який піддається опроміненню внаслідок професійної діяльності, становить 20 мЗв на рік.
- ☐ Обмеження дози опромінення для населення немає.

Основи
радіаційної біології та
радіаційного захисту

ПЛАН РОЗДІЛУ:

Іонізуюче
випромінювання

Кількісне визначення
دوزи

Вплив на організм
людини

Джерела опромінення
і Порядок величин

Основи радіаційного
захисту

Основні тези

Література

Тестування

