

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА»

**Тетяна Курбет
Вікторія Мельник**

РАДІАЦІЙНА БЕЗПЕКА

Навчальний посібник

**Житомир
2021**

**УДК : 504(07)
К93**

Рекомендовано до електронного видання Вченою радою
Державного університету «Житомирська політехніка»
(протокол № 3 від «25» червня 2021 р.)

Рецензенти

- І.В. Давидова** кандидат сільськогосподарських наук, доцент, доцент кафедри екології Державного університету «Житомирська політехніка».
- О.В. Жуковський** кандидат сільськогосподарських наук, науковий співробітник Поліського філіалу Українського науково-дослідного інституту лісового господарства та агролісомеліорації ім. Г.М. Висоцького
- О.В. Іщук** кандидат сільськогосподарських наук, доцент, доцент кафедри біоресурсів, аквакультури та природничих наук Поліського національного університету

Курбет Т.В., Мельник В.В.

Радіаційна безпека: Навчальний посібник для виконання самостійних та практичних робіт студентів. Житомир : Державний університет «Житомирська політехніка». 2021. – 92 с.

ISBN 978-966-683-575-1

Посібник містить практичні роботи, контрольні питання, тести і задачі з основних розділів курсу «Радіаційна безпека». У посібнику зібрано близько 100 задач, більшість із яких мають певну фахову спрямованість. Додатки містять всю необхідну для рішення задач і виконання практичних робіт інформацію.

Рекомендується здобувачам вищої освіти освітнього ступеня «магістр» спеціальностей 101 «Екологія» та 183 «Технології захисту навколишнього середовища». Посібник може бути корисним викладачам, аспірантам, а також практичним працівникам.

УДК : 504(07)

ISBN 978-966-683-575-1

© Курбет Т.В., Мельник В.В., 2021

ЗМІСТ

Передмова	4
Умовні позначення	7
Величини та одиниці, що використовуються	8
Основні терміни	9
Частина 1. Визначення доз та формули їх обчислення	27
Частина 2. Ліміти доз та допустимі рівні	30
Частина 3. Показники інтенсивності накопичення радіонуклідів	32
Частина 4. Медична радіобіологія	35
Ситуаційні задачі	43
Блок 1. Розрахунок лімітів доз	43
Блок 2. Розрахунок щільності радіоактивного забруднення ґрунту та показників інтенсивності накопичення радіонуклідів	45
Блок 3. Безумовно виправдане втручання	46
Блок 4. Невідкладні контрзаходи	47
Блок 5. Виправдане втручання	48
Блок 6. Обчислення колективного ризику	49
Блок 7. Медична радіобіологія	54
Тести	61
Додатки	71
Список використаної та рекомендованої літератури	91

ПЕРЕДМОВА

Радіаційна безпека – нова науково-практична дисципліна, що виникла з моменту створення атомної промисловості, яка вирішує комплекс теоретичних і практичних задач, пов'язаних із зменшенням можливості виникнення аварійних ситуацій і нещасних випадків на радіаційно-небезпечних об'єктах.

Першою задачею радіаційної безпеки є розробка критеріїв: для оцінки іонізуючого випромінювання як шкідливого чинника дії на окремих людей, популяцію в цілому і об'єкти навколишнього середовища та способів оцінки і прогнозування радіаційної обстановки, а також шляхів приведення її у відповідність з розробленими критеріями безпеки на основі створення комплексу технічних, медико-санітарних і адміністративно-організаційних заходів, направлених на забезпечення безпеки в умовах застосування атомної енергії у сфері людської діяльності.

Для розробки критеріїв використовуються багаторічні спостереження за людьми, що працюють на об'єктах з рівнем радіації, що перевищує фон, а також експерименти з тваринами, що штучно піддаються опромінюванню. Розгортання радіаційної обстановки при аварійних ситуаціях прогнозується на основі математичних розрахунків і даних, отриманих при вивченні аварій, що трапилися, за весь період розвитку атомної промисловості і енергетики.

На даний час існує розроблена система допустимих меж дії іонізуючого випромінювання на людський організм, оформлена у вигляді законодавчих документів Норм Радіаційної Безпеки (НРБ).

Другою важливою задачею радіаційної безпеки є розробка систем радіаційного контролю. Різні умови експлуатації радіаційних установок, набір радіоактивних речовин, що використовуються, економія матеріальних засобів диктують необхідність усвідомленого вибору засобів і частоти вимірювання рівня радіації, концентрації радіоактивних речовин. Так, при експлуатації гамма-дефектоскопів достатньо обмежитися контролем рівня гамма-випромінювання, а на радіохімічних підприємствах разом з вказаним контролем необхідно проводити вимірювання концентрації радіоактивних газів в повітрі і рівень забруднення робочих приміщень з метою не допустити переопромінювання співробітників.

Радіаційна безпека, окрім перерахованих вище задач, вирішує ще дві функціональні задачі:

1) Зниження рівня опромінювання персоналу і населення в межах, що нижче (або в крайньому випадку, близьких) до тих, що

регламентуються, на основі наступних заходів: технічних (створення захисних огорож, автоматизація технологічного процесу, очищення викидів від радіоактивних речовин), медико-санітарних (забезпечення персоналу засобами індивідуального захисту-ЗІЗ, забезпечення місцевих штабів ГО засобами захисту населення), організаційних (створення спеціального графіка роботи в умовах переопромінювання).

2) Створення ефективних систем радіаційного контролю, що дозволяють оперативно реєструвати зміни в радіаційній обстановці.

Нарешті необхідно відзначити, що надійність систем радіаційної безпеки набагато вище, ніж систем захисту інших галузей промисловості. Це пояснюється тим, що вперше використана атомна енергія привела до найсерйозніших руйнувань і жертв і тим самим викликала відносно упереджене відношення до неї, що пішло на користь радіаційної безпеки.

У результаті вивчення навчальної дисципліни студент повинен *знати*:

- основні нормативні документи та інструкції щодо забезпечення радіаційної безпеки населення в умовах надзвичайних ситуацій на різних об'єктах господарювання;

- основні принципи радіаційної безпеки та радіаційно-гігієнічних регламентів;

- методи спостереження та контролю стану зон, забруднених радіонуклідами;

- методи оцінювання радіаційної ситуації за допомогою радіометричних та дозиметричних приладів різних систем;

- засоби профілактики радіаційного ураження та першу допомогу при надзвичайних ситуаціях;

- методики діагностики іонізуючих випромінювань та використання приладів індивідуального і загального дозиметричного контролю.

вміти:

- на основі знань методології та організації наукових досліджень здійснювати відбір і підготовку проб різного походження для радіометрії та дозиметрії;

- проводити спостереження та експерименти, пов'язані з дослідженнями поведінки радіонуклідів в екосистемах.

- визначати та розраховувати основні радіологічні параметри, які характеризують радіоактивне забруднення довкілля;

- формувати бази даних та проводити статистичну обробку даних;
- оцінювати вплив радіоактивного забруднення території на господарську діяльність та визначати екологічні ризики для людини;
- оцінювати радіаційні умови за допомогою радіометричних і дозиметричних приладів різних систем;
- на основі знань щодо технологічних процесів і виробництв розробляти систему заходів попередження радіаційного ураження живих організмів та забруднення об'єктів навколишнього середовища радіонуклідами природного і штучного походження;
- скласти інструкції щодо забезпечення радіаційної безпеки населення в умовах надзвичайних ситуацій на різних об'єктах господарювання;
- використовуючи законодавчі акти і основні нормативні документи, розробляти рекомендації щодо оптимального з екологічної та техніко-економічної точки зору поводження з джерелами іонізуючого випромінювання, радіоактивними речовинами та продуктами і компонентами, забрудненими радіонуклідами; застосовувати на практиці правила радіаційної безпеки на об'єктах та підприємствах ядерного паливного циклу, лісового, сільського, водного і комунального господарств;
- практично застосовувати основні положення Норм радіаційної безпеки України та проводити радіометричну експертизу об'єктів;
- встановлювати контрольні рівні радіоактивного забруднення на робочих місцях, окремих ланках технологічних процесів та на підприємствах в цілому;
- на основі принципів радіаційної безпеки та радіаційно-гігієнічних регламентів оцінювати стійкість господарських об'єктів в надзвичайних ситуаціях, пов'язаних з можливим радіоактивним забрудненням довкілля;
- розраховувати дозові навантаження для населення та персоналу від зовнішнього і внутрішнього опромінення та розробляти заходи щодо неперевищення лімітів доз;
- впроваджувати заходи і засоби індивідуального захисту працівників, застосовувати на практиці методи дезактивації робочих приміщень, обладнання і спецодегу персоналу;
- запобігати виникненню нещасних випадків і професійних захворювань працівників, які працюють з джерелами іонізуючого випромінювання.

УМОВНІ ПОЗНАЧЕННЯ

A	активність
AMAD	медіанний за активністю аеродинамічний діаметр
AMTD	медіанний за активністю термодинамічний діаметр
C ingest	середньорічна об'ємна концентрація радіонукліду в питній воді
C inhal	середньорічна об'ємна концентрація радіонукліду в повітрі
dae	аеродинамічний діаметр
D	поглинена доза
DT	доза в органі
d th	термодинамічний діаметр
De minimus	дозовий рівень виключення
et	доза на одиницю перорального/інгаляційного надходження
gt	доза на одиницю об'ємної концентрації в повітрі чи питній воді
H lens	річна еквівалентна доза зовнішнього опромінення в кришталику ока
H skin	річна еквівалентна доза зовнішнього опромінення шкіри
H extrim	річна еквівалентна доза зовнішнього опромінення кистей та стіп
H T	доза еквівалентна в органі T
E	доза ефективна
E ext	ефективна доза зовнішнього опромінення
I ingest	річне пероральне надходження радіонукліду
I inhal	річне інгаляційне надходження радіонукліду
S	колективна ефективна доза
ST	колективна еквівалентна доза
Wr	радіаційний зважуючий фактор
Wt	тканинний зважуючий фактор
t	референтний вік
АЕС	атомна електрична станція
АС	атомна станція
АСТ	атомна станція тепlopостачання
АТЕЦ	атомна теплоелектроцентраль
ДЗ	допустиме радіоактивне забруднення поверхонь

ДKinhal	допустима концентрація в повітрі
ДKingest	допустима концентрація в питній воді
ДHingest	допустиме надходження через органи травлення
ДHihal	допустиме надходження через органи дихання
ДПД	допустима потужність дози
ДВ	допустимий викид
ДР	допустимий рівень
ДС	допустимий скид
ДЩП	допустима щільність потоку часток (фотонів)
ЕРОА	еквівалентна рівноважна об'ємна активність
ЛД	ліміт дози (ефективної чи еквівалентної)
ЛД Е	ліміт ефективної дози
ЛDextrim	ліміт еквівалентної дози зовнішнього опромінення кистей та стіп
ЛDmax	максимальний ліміт дози за календарний рік (50 мЗв)
ЛDlens	ліміт еквівалентної дози дози зовнішнього опромінення кришталика ока
ЛDskim	ліміт еквівалентної дози дози зовнішнього опромінення шкіри
КР	контрольний рівень
ОСПУ	Основні санітарні правила роботи з джерелами іонізуючого випромінювання
ПЗРВ	пункт захоронення радіоактивних відходів
РЕД	річна ефективна доза
РТ	радіохімічні технології
СЗЗ	санітарно-захисна зона
ТПДПП	техногенно-підсилені джерела природного походження

ВЕЛИЧИНИ ТА ОДИНИЦІ, ЩО ВИКОРИСТОВУЮТЬСЯ

Бекерель – одиниця активності в системі СІ (Бк). Один бекерель дорівнює одному ядерному перетворенню в секунду або 0,027 нКі.

Грей (Гр) – одиниця поглиненої дози іонізуючого випромінювання (у системі СІ).

Позасистемна одиниця - рад $\times 1 \text{ Гр} = 100 \text{ рад} = 1 \text{ Дж/кг}$ в ступені -1.

Зиверт (Зв) - одиниця еквівалентної та ефективної дози в системі Сі.

Позасистемна одиниця – бер $\times 1 \text{ Зв} = 1 \text{ Дж/кг}$ в ступені -1 = 100 бер.

Електрон-вольт (еВ) – позасистемна одиниця енергії іонізуючого випромінювання: $1 \text{ еВ} = 1,6 \times 10^{-19} \text{ Дж}$.

ОСНОВНІ ТЕРМІНИ

Аварія глобальна – це комунальна радіаційна аварія, під вплив якої підпадає значна частина (або вся) території країни та її населення.

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

Аварія локальна – це комунальна радіаційна аварія, якщо в зоні аварії проживає населення загальною чисельністю до десяти тисяч чоловік.

Аварійне опромінювання – непередбачене підвищення опромінення персоналу та/або населення внаслідок радіаційної аварії.

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

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

Аварія радіаційна – будь-яка незапланована подія на будь-якому об'єкті з радіаційною чи радіаційно-ядерною технологією, якщо при виникненні цієї події виконуються дві необхідні і достатні умови:

- втрата контролю над джерелом;
- реальне (або потенційне) опромінення людей, пов'язане з втратою контролю над джерелом.

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

Аварія регіональна – це така комунальна радіаційна аварія, при якій в зоні аварії опиняються території декількох населених пунктів, один чи декілька адміністративних районів і навіть областей, з загальною чисельністю населення більше десяти тисяч чоловік.

Аварія транскордонна – це така глобальна радіаційна аварія, коли зона аварії поширюється за межі державних кордонів країни, в якій вона відбулася.

Аеродинамічний діаметр (dae) – діаметр сферичної частки одиничної щільності (1 г. см в ст. -3), що має таку ж швидкість гравітаційного осідання, як і аерозольна частка, що розглядається.

Активність – величина, яка визначається відношенням кількості спонтанних перетворень ядер dN за інтервал часу dt ($A = dN/dt$ (Бк)).

Альфа-випромінювання (а-випромінювання) – корпускулярне іонізуюче випромінювання, яке складається з альфа-частинок (ядер гелію), що випромінюються при радіоактивному розпаді чи при ядерних реакціях, перетвореннях.

Атомна електрична станція (АЕС) – атомна станція, призначена для виробництва електричної енергії.

Атомна станція (АС) – підприємство, що використовує ядерний реактор (реактори) для виробництва енергії.

Атомна станція тепlopостачання (АСТ) – атомна станція, призначена для виробництва гарячої води.

Атомна теплоелектроцентрально (АТЕС) – атомна станція, призначена для виробництва теплової і електричної енергії.

Безпосередньо іонізуюче випромінювання – іонізуюче випромінювання, що складається з заряджених частинок (електронів, протонів, альфа-частинок та ін.), які мають кінетичну енергію, достатню для іонізації атомів і молекул речовини.

Бета-випромінювання (b-випромінювання) – корпускулярне електронне або позитронне іонізуюче випромінювання з безперервним енергетичним спектром, що виникає при перетвореннях ядер чи нестабільних частинок (наприклад, нейтронів). Характеризується граничною енергією спектра E_b , чи середньою енергією спектра.

Відвернута доза – доза, яка відвертається внаслідок застосування конкретного контрзаходу і вираховується як різниця між дозою без застосування контрзаходу і дозою після припинення дії введеного контрзаходу.

Відкладення – первинні процеси проникнення аерозолу в морфологічні структури дихальної системи, що визначають кількість аерозолу, який залишається в дихальній системі. Після початкового відкладення відбувається перерозподіл домішки за рахунок домішки за рахунок муко-ціліарного механізму, фізико-хімічної трансформації, переносу в рідину тіла, тощо.

Внутрішнє опромінення – опромінювання тіла людини та окремих її органів і тканин від джерел іонізуючих випромінювань, що знаходяться в самому тілі.

Втручання – такий вид людської діяльності, що завжди спрямований на зниження та відвернення неконтрольованого та непередбачуваного опромінення або імовірності опромінення в ситуаціях:

- аварійного опромінення (гострого, короткочасного або хронічного);
- хронічного опромінення від техногенно-підсилених джерел природного походження;
- інших ситуаціях тимчасового опромінення, визначених регулюючим органом, як таких, що вимагають втручання.

Втручання безумовно виправдане – таке втручання, якщо значення відвернутих ним доз настільки великі, що користь для здоров'я від даного втручання явно перевищує той сумарний збиток, яким ця акція супроводжується.

Втручання безумовно виправдане термінове – таке втручання, при реалізації якого відвернута доза пов'язана із загрозою виникнення гострих клінічних проявлень променевого ураження: променевої хвороби, променевих опіків шкіри, радіаційних тиреоїдів та ін.

Втручання виправдане – таке втручання, якщо користь для здоров'я від відвернутої ним дози більше загального збитку, завданого введенням цього втручання.

Втручання невиправдане – таке втручання, при якому величина відвернутої ним дози менше деякого мінімального рівня, визначеного як межа виправданості. Межі виправданості відповідає така величина відвернутої дози, що користь (для здоров'я) від втручання виявиться менше величини завданого ним збитку.

Газо-аерозольний викид (викид) – надходження в атмосферу радіоактивних речовин з технологічних контурів та систем вентиляції підприємства.

Гальмівне випромінювання – електромагнітне випромінювання, що виникає при розсіюванні (гальмуванні) швидкої зарядженої частки в кулонівському полі атомних ядер та електронів. Є суттєвим для легких часток – електронів та позитронів. Спектр гальмівного випромінювання безперервний, максимальна енергія дорівнює початковій енергії зарядженої частки. Приклади: гальмівне рентгенівське випромінювання в рентгенівській трубці, гальмівне гама-випромінювання швидких електронів прискорювача при їх попаданні в мішень, тощо.

Гамма-випромінювання (γ-випромінювання) – короткохвильове електромагнітне випромінювання з довжиною хвилі $< 0,1$ нм, що виникає при розпаді радіоактивних ядер, переході ядер із збудженого стану в основний, при взаємодії швидких заряджених часток з речовиною (див. гальмівне випромінювання), анігіляції електронно-позитронних пар, тощо.

Джерело іонізуючого випромінювання (джерело випромінювання) – об'єкт, що містить радіоактивну речовину, або технічний пристрій, який створює або в певних умовах здатний створювати іонізуюче випромінювання.

Добровольці – особи, які не відносяться до категорії персоналу, які свідомо та добровільно надають допомогу пацієнтам при проведенні рентгенологічних чи радіологічних процедур, або беруть участь у проведенні медико-біологічних досліджень.

Доза - в рамках даного документа скорочена назва ефективної дози.

Доза в органі (D_t) – середня в органі чи тканині поглинена доза, яка розраховується за формулою:

Доза еквівалентна в органі або тканині T (H_t) – величина, яка визначається як добуток поглиненої дози D_t в окремому органі або тканині T на радіаційний зважувачий фактор W_R:

Доза ефективна (E) – сума добутоків еквівалентних доз H_t в окремих органах і тканинах на відповідні тканинні зважувачі фактори W_T.

Доза колективна еквівалентна – сума індивідуальних еквівалентних доз опромінення певної групи населення за певний період часу

Доза колективна ефективна – сума індивідуальних ефективних доз опромінення в конкретній групі населення за певний період часу

Доза на одиницю концентрації (об'ємної) (gt) в повітрі чи питній воді – річна ефективна доза внутрішнього опромінення для одного з шести референтних віків t, що розрахована за формулою:

Доза на одиницю перорального/інгалаційного надходження (et) – річна ефективна доза внутрішнього опромінення для одного з шести референтних віків t, що розрахована при одиничному (1 Бк) пероральному або інгалаційному надходженні.

Доза питома максимальна еквівалентна – відношення потужності максимальної еквівалентної дози H_m в органі (в усьому тілі) до щільності потоку часток або фотонів φ:

Доза поглинена (D) – відношення середньої енергії de, що передана іонізуючим випромінюванням речовині в елементарному об'ємі до маси dm, речовини в цьому об'ємі:

Дозовий рівень виключення «де мінімум» (de minimus) – дозовий рівень, нижче якого облік (наприклад, включення до величини колективної дози) і реєстрація не здійснюється.

Допустимий викид (ДВ) – регламентований максимальний рівень газоаерозольного викиду. ДВ – викид, при якому сумарна річна ефективна доза представника критичної групи населення за рахунок

всіх радіонуклідів, присутніх у викиді, не перевищує квоту ліміту дози.

Допустима концентрація в питній воді (DKingest B) – допустимий рівень, що забезпечує неперевикнення ліміту дози для будь-якого з референтних віків населення.

Допустима концентрація в повітрі (DKinhal A, DKinhal Б, DKinhal В, або в загальному випадку DKinhal) – допустимий рівень, що забезпечує неперевикнення ліміту дози за будь-яких поєднань віку, АМAD і типу сполуки інгальованої домішки. Для населення розглядаються всі референтні віки, для персоналу - тільки референтний вік "Дорослий".

Допустиме надходження через органи травлення (DHingest) – річне надходження радіонукліда через органи травлення (допустимий рівень), що забезпечує неперевикнення ліміту дози для будь-якого з референтних віків населення.

Допустиме надходження через органи дихання (DHinhal A, DHinhal Б, DHinhal В, або в загальному випадку DHinhal) – річне надходження радіонукліда через органи дихання (допустимий рівень), що забезпечує неперевикнення ліміту дози за будь-яких поєднань віку, АМAD та типу сполуки інгальованої домішки. Для персоналу розглядається тільки референтний вік "Дорослий".

Допустимий рівень (DR) – похідний норматив для надходження радіонуклідів в організм людини за календарний рік, усереднених за рік потужності еквівалентної дози, концентрації радіонуклідів в повітрі, питній воді та раціоні, щільності потоку часток і т. п., розрахований для референтних умов опромінення із значень лімітів доз.

Допустимий скид (DS) – регламентований максимальний рівень рідинного скиду, DS – скид, при якому сумарна річна ефективна доза представника критичної групи населення, за рахунок присутніх у скиді радіонуклідів, не перевищує квоту ліміту дози.

Допустима потужність дози (DПД) – допустимий рівень усередненої за рік потужності еквівалентної дози на все тіло при зовнішньому опроміненні. Чисельно дорівнює відношенню ліміту дози (LD) до часу опромінення (t) протягом календарного року.

Допустиме радіоактивне забруднення поверхні (DЗ) – допустимий рівень, встановлений на рівні, що не допускає перевищення ліміту дози за рахунок радіоактивного забруднення поверхні робочих приміщень, обладнання, індивідуальних засобів захисту і шкіряних покривів для осіб категорії А та робочих поверхонь.

Допустима щільність потоку часток (фотонів) (ДЩП) – допустимий рівень усередненої за рік щільності потоку часток. ДЩП чисельно дорівнює відношенню допустимої потужності дози (ДПД) до питомої максимальної дози h_m (Зв. кв. см/част.) від зовнішнього опромінення.

Ефекти детерміністичні (нестохастичні) – ефекти радіаційного впливу, що виявляються тільки при перевищенні певного дозового порогу і тяжкість наслідків яких залежить від величини отриманої дози (гостра променева хвороба, променеві опіки та ін.).

Ефекти стохастичні – безпорогові ефекти радіаційного впливу, імовірність виникнення яких існує при будь-яких дозах іонізуючого випромінювання і зростає із збільшенням дози, тоді як відносна їх тяжкість виявлень опромінення від дози не залежить. До стохастичних ефектів належать злоякісні новоутворення (соматичні стохастичні ефекти) та генетичні зміни, що передаються нащадкам (спадкові ефекти).

Збиток – загальна міра всіх несприятливих ефектів опромінюваної групи людей (шкоди здоров'ю від стохастичних та детерміністичних ефектів, занепокоєності і збентеження індивідуумів за своє здоров'я та здоров'я своїх близьких і усі наслідки, що негативно позначаються на комфорті цих індивідуумів і які пов'язані з обмеженнями внаслідок самого опромінення та застосування відповідних контрзаходів) з врахуванням імовірності, скрутності та часу проявлення цих ефектів.

Зовнішнє опромінення – опромінення об'єкта (наприклад, тіла людини) від джерел іонізуючих випромінювань, які знаходяться поза цим об'єктом.

Зона аварії – територія, яка в залежності від масштабів аварії вимагає планування та проведення певних заходів, пов'язаних з цією подією. Межі зони аварії у кожному конкретному випадку визначаються Державним регулюючими органами (органами Державної влади України).

Зона контрольована – територія, в якій передбачено посилений дозиметричний контроль.

Зона санітарно-захисна (СЗЗ) – територія навколо радіаційно-ядерного об'єкта, де рівень опромінення людей в умовах нормальної експлуатації може перевищити ліміт дози. В СЗЗ забороняється проживання осіб категорії В, встановлюються обмеження на виробничу діяльність, що не має відношення до радіаційно-ядерного об'єкта та де проводиться радіаційний контроль.

Зона спостереження – територія, на якій можливий вплив радіоактивних скидів та викидів радіаційно-ядерного об'єкта та де

здійснюється моніторинг технологічних процесів з метою забезпечення радіаційної безпеки радіаційно-ядерного об'єкта.

Ізотоп радіоактивний – радіоактивні атоми з однаковим числом протонів у ядрі, наприклад, радіоактивний ізотоп йоду - йод-125, -127, -129, -131, -132, -133 і т. д.

Індустріальне джерело – джерело іонізуючого випромінювання штучного або природного походження, яке цільово використовується у виробничій, науковій, медичній та інших сферах з метою отримання матеріальної чи іншої користі на всіх етапах від видобутку (створення) до захоронення (утилізації).

Іонізуюче випромінювання – випромінювання (електромагнітне, корпускулярне), яке при взаємодії з речовиною безпосередньо або непрямо викликає іонізацію та збудження її атомів і молекул.

Категорія А – особи з числа персоналу, які постійно чи тимчасово працюють безпосередньо з джерелами іонізуючих випромінювань.

Категорія Б – особи з числа персоналу, які безпосередньо не зайняті роботою з джерелами іонізуючих випромінювань, але у зв'язку з розташуванням робочих місць в приміщеннях та на промислових майданчиках об'єктів з радіаційно-ядерними технологіями можуть отримувати додаткове опромінення.

Категорія В – все населення.

Квота ліміту дози – доля ліміту дози (ЛД) для категорії В, що виділена для режиму нормальної експлуатації окремого індустріального джерела.

Керма (від англ. "kerma" – kinetic energy released into materbal) – відношення суми первинних кінетичних енергій dWk всіх заряджених частинок, утворених під впливом непрямо іонізуючого випромінювання в елементарному об'ємі речовини, до маси dm речовини в цьому об'ємі.

Комп'ютерна томографія – метод за допомогою якого шляхом сканування досліджуваного шару об'єкта тонким пучком рентгенівського випромінювання з послідуною побудовою зображення цього шару за допомогою ЕОМ.

Контрзахід – будь-яка дія, яка призводить до зменшення існуючих індивідуальних та/або колективних доз опромінення або імовірності опромінення внаслідок аварії чи ситуації хронічного опромінення та/або зменшення збитку здоров'ю, завданого самим фактом наявності аварії чи хронічного опромінення.

Контрзаходи термінові – контрзаходи, проведення яких має за мету відвернення таких рівнів доз гострого та/або хронічного

опромінення осіб з населення, які створюють загрозу виникнення гострих клінічних радіаційних проявів.

Контрзаходи невідкладні – контрзаходи, реалізація яких спрямована на відвернення порогових детерміністичних ефектів.

Контрзаходи непрямі – контрзаходи, які не призводять до запобігання індивідуальних і колективних доз опромінення населення, але зменшують (компенсують) величину збитку для здоров'я, пов'язаного з аварійним опроміненням.

Контрзаходи прямі – контрзаходи, реалізація яких призводить до запобігання індивідуальних та/або колективних доз аварійного опромінення населення.

Контроль дозиметричний (радіаційно-дозиметричний) – система вимірювань та розрахунків, які спрямовані на оцінку доз опромінення окремих осіб або груп людей, а також радіаційного стану виробничого та навколишнього середовищ.

Контроль індивідуальний дозиметричний – система контролю індивідуальних доз зовнішнього та внутрішнього опромінення осіб категорій А і Б.

Контроль радіаційно-гігієнічний – контроль за дотриманням Норм радіаційної безпеки та усіх пов'язаних з ними регламентів, інструкцій і правил, рекомендацій і т. п., включаючи контроль рівнів опромінення. Здійснюється органами Державного санітарно-епідеміологічного нагляду (позавідомчий), а також відповідними службами радіаційної безпеки (відомчий).

Контроль регулюючий (радіаційний) – контроль в рамках практичної діяльності за виконанням «Норм радіаційної безпеки України», «Основних санітарних правил роботи з джерелами іонізуючого випромінювання» та інших регламентуючих практичну діяльність документів, а також отримання інформації про рівні опромінення людей, радіаційну обстановку на об'єктах та у навколишньому середовищі.

Контрольні рівні (КР) – радіаційно-гігієнічні регламенти першої групи, чисельні значення яких встановлюються виходячи з фактично досягнутого на даному радіаційно-ядерному об'єкті або території рівня радіаційного благополуччя. Величина КР встановлюється керівництвом установи за узгодженням з органами Державного санітарно-епідеміологічного нагляду з метою обмеження опромінення персоналу та/чи населення нижче значень лімітів доз, а також для проведення радіаційно-дозиметричного контролю.

Користь – в загальному розумінні - певні позитивні наслідки, блага, вигоди. Користь в галузі протирадіаційного захисту - це міра

позитивних для здоров'я людини наслідків втручання за рахунок відвернутої внаслідок цього втручання дози опромінення.

Корпорований радіонуклід – радіонуклід, що надійшов до організму.

Критична група – це частина населення, яка за своїми статевими, соціально-професійними умовами, місцем проживання та іншими ознаками отримує чи може отримувати найбільші рівні опромінення від даного джерела. Ліміт дози (ЛД) – основний радіаційно-гігієнічний норматив, метою якого є обмеження опромінення осіб категорії А, Б і В від усіх індустриальних джерел іонізуючого випромінювання в ситуаціях практичної діяльності. В НРБУ-97 встановлені ліміт ефективної дози та ліміти еквівалентної дози зовнішнього опромінення.

Медіанний за активністю аеродинамічний діаметр (AMAD) – характеристика статистичного розподілу активності полідисперсного аерозолу за аеродинамічним діаметром d_{ae} . Половина активності аерозолу, що розглядається, асоційована з частками, які мають d_{ae} , більший, ніж AMAD. Використовується, коли домінуючими механізмами, що визначають відкладення в органах дихання, є інерційне та гравітаційне осадження, як правило, при AMAD, більших 0,5 мкм. При відсутності фактичних даних припускається логнормальний розподіл часток.

Медіанний за активністю термодинамічний діаметр (AMAD) – характеристика статистичного розподілу активності полідисперсного аерозолу за термодинамічним діаметром d_{th} . Половина активності, що розглядається, асоційована з частками, які мають d_{th} , більший, ніж AMAD. Використовується, коли дифузія є домінуючим механізмом, що визначає відкладення в дихальній системі, як правило, при AMAD, менших 0,5 мкм.

Медичне опромінення – це опромінення людини (пацієнтів) внаслідок медичних обстежень чи лікування та добровольців.

Моніторинг (радіаційний) аварійний – визначення вмісту радіонуклідів в об'єктах навколишнього середовища, продуктах харчування, воді, доз опромінення населення та їх прогнозування з метою забезпечення інформацією, яка потрібна для прийняття рішень щодо необхідності втручання та визначення його форми, масштабу та тривалості.

Моноенергетичне іонізуюче випромінювання – іонізуюче випромінювання, що складається з часток (одного виду) або фотонів однакової енергії.

Надходження (до організму) – проникнення радіоактивних речовин через дихальну систему, систему травлення або шкіру.

Надходження інгаляційне – проникнення радіоактивних речовин через органи дихання.

Надходження пероральне – проникнення радіоактивних речовин в систему травлення через ротову порожнину.

Надходження системне – проникнення радіоактивних речовин в рідини тіла з дихальної системи, системи травлення або через шкіру.

Найнижча межа виправданості (межа виправданості) – така величина відвернутої дози, при якій користь (для здоров'я) від введеного контрзаходу виявиться практично рівною величині завданого цим втручанням збитку.

Непрямо іонізуюче випромінювання – іонізуюче випромінювання, що складається з фотонів та/або незаряджених часток, які внаслідок взаємодії речовиною створюють безпосередньо іонізуюче випромінювання.

Обмежене звільнення – звільнення регулюючим органом практичної діяльності чи джерела іонізуючого випромінювання в рамках практичної діяльності від певних видів регулюючого контролю.

Опромінення – вплив на людину іонізуючого випромінювання від джерел, що знаходяться поза організмом (зовнішнє опромінення), або від джерел, що знаходяться всередині організму (внутрішнє опромінення).

Пацієнт – особа, якій лікарем з діагностичною або терапевтичною метою призначена радіологічна чи рентгенологічна процедура.

Період напіврозпаду – характеристика радіонукліда – час, протягом якого число ядер даного радіонукліда внаслідок спонтанних ядерних перетворень зменшується удвічі.

Період аварії йодний – період ранньої фази аварії – при наявності значних викидів радіоіотопів йоду – на протязі якого існує серйозна загроза надходження в організм людини цих радіонуклідів інгаляційно та з продуктами харчування і, як наслідок, опромінення щитовидної залози осіб з населення, особливо дітей.

Переселення (на постійне місце проживання) – переселення на невизначено довгий термін населення з радіаційно забруднених внаслідок комунальної аварії територій до регіонів з низькими (нульовими) величинами індивідуальних доз аварійного опромінення.

Персонал аварійний – особи, що беруть участь в роботах на аварійному об'єкті. Складається з основного та залученого персоналу.

Персонал основний – персонал аварійного об'єкта, а також члени спеціальних, заздалегідь підготовлених аварійних бригад (медичні бригади швидкого реагування, дозиметричні аварійні групи, спеціально підготовлені для робіт в умовах радіаційної аварії пожежні команди, бригади для ремонтно-відновлювальних робіт та інші подібні формування).

Персонал залучений – залучені до аварійних робіт особи, які мають бути наперед навчені та інформовані про радіаційну обстановку в місцях виконання робіт.

Повне звільнення – повне звільнення (без подальшого розгляду) регулюючим органом практичної діяльності чи джерела іонізуючого випромінювання в рамках практичної діяльності від вимог НРБУ-97.

Потенційна альфа-енергія – сумарна енергія альфа-частинок, яка виділиться при повному розпаді суміші короткоживучих дочірніх продуктів розпаду радону (полонію-218, свинцю-214, вісмуту-214 та полонію-214) до свинцю-210.

Потужність поглиненої в повітрі дози (ППД) – потужність дози, що поглинена в одиниці об'єму повітря.

Практична діяльність – діяльність людини, спрямована на досягнення матеріальної чи іншої користі, що призводить чи може призвести до контрольованого та передбачуваного наперед:

- деякого збільшення дози опромінення;
- та/або створення додаткових шляхів опромінення;
- та/або збільшення кількості людей, які зазнають опромінення;
- та/або зміни структури шляхів опромінення від усіх, пов'язаних з цією діяльністю джерел.

Принцип виправданості – принцип радіологічного захисту, який вимагає, щоб користь від вибраної людської діяльності перевищувала пов'язаний з цією діяльністю сумарний збиток для суспільства чи людини.

Принцип неперевищення – принцип радіологічного захисту, який вимагає обмеження (неперевищення) величин опромінення, пов'язаних з вибраною людською діяльністю, встановлених рівнів.

Принцип оптимізації – принцип радіологічного захисту, який вимагає, щоб користь від вибраної людської діяльності не тільки перевищувала пов'язаний з нею збиток, але й була максимальною.

Природний радіаційний фон – опромінення, що створюється космічними джерелами та теригенними (властивими Землі) радіонуклідами за виключенням техногенно-підсилених джерел

природного походження. Зменшення опромінення цими джерелами завжди є недоцільним.

Пристрій для генерування іонізуючого випромінювання (нерадіонуклідне джерело) – технічний пристрій (рентгенівська трубка, прискорювач, генератор і т. д.), в якому іонізуюче випромінювання виникає за рахунок зміни швидкості заряджених часток, їх анігіляції або ядерних реакцій.

Протирадіаційний захист – сукупність нормативно-правових, проектно-конструкторських, медичних, технічних та організаційних заходів, що забезпечують радіаційну безпеку.

Радіаційна безпека – стан радіаційно-ядерних об'єктів та навколишнього середовища, що забезпечує неперевищення основних дозових лімітів, виключення будь-якого невинновданого опромінення та зменшення доз опромінення персоналу і населення нижче за встановлені дозові ліміти настільки, наскільки це може бути досягнуто і економічно обгрунтовано.

Радіаційний зважувачий фактор – коефіцієнт, що враховує відносну біологічну ефективність різних видів іонізуючого випромінювання. Використовується винятково при розрахунку ефективної та еквівалентної доз.

Радіаційний ризик – імовірність того, що у особи внаслідок опромінення виникне певний стохастичний ефект.

Радіаційний фактор (впливу) - будь-який тип радіаційного впливу, який приводить чи може призвести до опромінення людини або радіоактивного забруднення навколишнього середовища.

Радіаційно-ядерний об'єкт – будь-які речовини, пристрої та споруди, що містять чи можуть вміщувати ядерні матеріали або джерела іонізуючого випромінювання (енергетичні, промислові, дослідні, експериментальні реактори, пристрої, установки, стенди, обладнання, прилади, склади, сховища, транспортні засоби, а також електростанції, виробництва, технологічні комплекси, які використовують такі технічні засоби, у тому числі пов'язані з розробкою, виробництвом, дослідженням, випробуванням, переробкою, транспортуванням, збереженням ядерних вибухових пристроїв).

Радіоактивність – властивість радіонуклідів спонтанно перетворюватися в атоми інших елементів (нукліди чи радіонукліди) внаслідок переходу ядра з одного енергетичного стану в інший, що супроводжується іонізуючим випромінюванням.

Радіоактивне забруднення – наявність або розповсюдження радіоактивних речовин понад їх природного вмісту в навколишньому середовищі та/чи у тілі людини.

Радіонуклід – радіоактивні атоми з даним масовим числом і атомним номером. Радіонукліди одного й того ж хімічного елемента називаються його радіоактивними ізотопами.

Радіоактивне забруднення поверхні, що знімається (нефіксоване) – частина забруднення поверхонь радіонуклідами (радіоактивними речовинами), що спонтанно або при експлуатації переходять із забрудненої поверхні в навколишнє середовище або знімаються засобами дезактивації.

Регламент радіаційно-гігієнічний – будь-які затверджені правила, умови, критерії для прийняття рішення (в т. ч. у формі числових значень нормативів, контрольних рівнів та ін.), а також методи і засоби вимірювань, що забезпечують однозначність і єдність вимог радіаційної безпеки і засобів радіаційного контролю.

Рекомендований рівень медичного опромінення – величина дози, потужності дози чи радіоактивності, що встановлюється Міністерством охорони здоров'я для типових рентгенологічних та радіологічних діагностичних і терапевтичних процедур з урахуванням кращого світового та вітчизняного технічного та методичного рівня.

Рентгєнівське проміння – електромагнітне випромінювання з довжиною хвилі 10 в ст. -5 - 10 в ст. -2 нм. Випромінюється при гальмуванні швидких електронів в речовині (безперервний спектр), та при переходах електронів з зовнішніх електронних оболонок атома на внутрішні (лінійчастий спектр). Джерела - рентгєнівська трубка, деякі радіоактивні ізотопи, прискорювачі та накопичувачі електронів (синхротронне випромінювання).

Рентгєнографія – дослідження при якому рентгєнівське зображення об'єкту (рентгєнограма) отримують на фотоплівці. Один із основних методів рентгєнодіагностики.

Рентгєноскопія – (синонім рентгєнівське просвічування). Один із основних методів рентгєнодіагностики, який заснований на отриманні рентгєнівського зображення на флуоресцентному або телевізійному екрані рентгєнівського устаткування.

Референтна людина – серія вік-залежних математичних моделей організму людини (математичних фантомів), що застосовується з метою радіаційно-гігієнічного нормування опромінення.

Референтне значення (величини параметра тощо) – це таке значення, яке використовується для узагальнення різноманітностей, пов'язаних як з людиною (професійною, віковою та статевую

структурою популяції, умовами проживання діяльності), так і з навколишнім середовищем і умовами опромінення.

Референтне індустріальне джерело – неспецифіковане явним чином стандартне джерело опромінення населення, що застосовується з метою радіаційно-гігієнічного нормування. Референтному індустріальному джерелу відповідає референтна дозова квота.

Референтний вік (РВ) – один з шести фіксованих віків, що використовуються в системі нормування опромінення. Шкала референтних віків наведена в таблиці Д.2.3.

Референтний клас відкладення газів та пари - один з трьох стандартних класів пари чи газу, класифікованих у відповідності до їх розчинності і реактивності:

- Клас SR-0 – нерозчинні і неактивні. Відкладення в дихальній системі зневажливо мале.
- Клас SR-1 – розчинні або реактивні. Повне або часткове відкладення в дихальній системі з наступним пролонгованим переносом в рідині тіла.
- Клас SR-2 – високого ступеню розчинні або реактивні. Повне відкладення в дихальній системі з практично миттєвим переносом в рідині тіла.

Референтні маси органів і тканин, що опромінюються – маси органів і тканин референтної людини (див. таблицю Д.2.10).

Референтний об'єм питної води, що споживається на протязі одного року – об'єм питної води, що відповідає референтному віку категорії В (див. таблицю Д.2.5).

Референтний об'єм повітря, що вдихається на протязі одного року – об'єм повітря, що відповідає референтному віку і категорії (див. таблицю Д.2.8).

Референтні параметри дихальної системи і шлунково-кишкового тракту – параметри моделей бар'єрних органів, що використовуються для розрахунку ДР. Приведені в Публікаціях 30 і 66 МКРЗ.

Референтні параметри системного метаболізму – параметри моделей метаболізму, що використовуються для розрахунку ДР. Приведені в Публікаціях 30, 56, 67, 69, 71 МКРЗ.

Референтні параметри статистичного розподілу активності аерозолі за розмірами часток - в даному документі для розрахунку ДР прийнято логарифмічно-нормальний розподіл, його характеристиками є AMAD і стандартне геометричне відхилення.

Референтний розподіл фізичного навантаження – стандартизована таблиця тривалості референтних рівнів фізичного навантаження.

Референтний тип аерозолю – один з стандартних типів фізико-хімічних станів речовин, класифікованих у відповідності до їх швидкості проникнення з дихальної системи в рідини тіла:

- Тип V (Veri Fast) - речовини, що відклалися в дихальній системі, практично миттєво переходять в рідини тіла.
- Тип F (Fast) - речовини, що відклалися, швидко переходять в рідини тіла.
- Тип M (Moderate) - речовини, що відклалися, мають проміжну швидкість переходу в рідини тіла.
- Тип S (Slow) - речовини, що відклалися, погано розчинні і повільно переходять в рідини тіла.

Референтний тип хімічної сполуки елемента – типи хімічних елементів, що і розглядаються в даному документі. Як правило, береться до уваги весь спектр хімічних сполук елемента. Для окремих елементів, таких, як водень, вуглець, сірка – спеціально виділені органічні і неорганічні форми.

Референтна тривалість опромінення – сумарна тривалість зовнішнього опромінення і надходження радіонуклідів на протязі одного року. В даному документі прийняті наступні значення:

Референтні умови опромінення – сукупність узагальнених параметрів, величин, умов і т. і., що найбільш точно характеризує опромінення людини в конкретній ситуації для цілей її протирадіаційного захисту.

Референтна щільність часток аерозолю і фактор форми – прийняті значення: щільність - 3 г.см в ст. -3, фактор форми - 1,5.

Ризик - кількісна міра (імовірність) завдати шкоду внаслідок певних подій, в тому числі внаслідок опромінення. Визначається кількістю випадків на певну кількість населення.

Рівень виправданості – величина відвернутої дози така, що користь (для здоров'я) від введеного контрзаходу виявиться менше величини завданого цим втручанням збитку.

Рівень втручання – рівень відвернутої дози опромінення, при перевищенні якої потрібно застосовувати конкретний контрзахід у випадку аварійного чи хронічного опромінення.

Рівень дії – величина, похідна від рівнів втручання, яка виражається у термінах таких показників радіаційної обстановки, які можуть бути виміряні: потужність поглинутої дози в повітрі на відкритій місцевості, об'ємна активність радіонуклідів в повітрі,

концентрації їх в продуктах харчування, щільність випадінв радіонуклідів на ґрунт та інші.

Рівень дози залишковий (невідвернутий) – частина дози опромінення від даного аварійного джерела, яка завжди зберігається після реалізації контрзаходу.

Рівень прийнятного опромінення – залишковий рівень дози, який вважається прийнятним з точки зору впливу опромінення на здоров'я людини.

Рідинний скид (скид) – надходження зі стічними водами в навколишнє середовище радіоактивних речовин, що утворилися чи застосовуються на підприємстві.

Річна ефективна доза (РЕД) – сума ефективної дози зовнішнього опромінення на протязі року та очікуваної ефективної дози внутрішнього опромінення, що сформована надходженням радіонуклідів на протязі одного року. Період, за який розраховується очікувана доза внутрішнього опромінення, складає:

- для референтного віку "Дорослий" – 50 років;
- для інших референтних віків – інтервал часу між моментом надходження та віком 70 років.

Річна еквівалентна доза в органі або тканині Т – сума еквівалентної дози в органі Т зовнішнього опромінення на протязі року та очікуваної еквівалентної дози внутрішнього опромінення в органі Т, що сформована надходженням радіонуклідів на протязі одного року. Період, за який розраховується очікувана доза внутрішнього опромінення, складає:

- для референтного віку "Дорослий" – 50 років;
- для інших референтних віків – інтервал часу між моментом надходження та віком років.

Річне надходження радіонукліда – активність радіонукліда, що надійшла до організму на протязі одного року.

Робоче місце – місце (приміщення) постійного чи тимчасового перебування персоналу у процесі трудової діяльності, пов'язаної з джерелами іонізуючих випромінювань. Якщо робота з джерелами іонізуючих випромінювань здійснюється в різних ділянках приміщення, то робочим місцем вважається все приміщення.

Середньорічна еквівалентна рівноважна активність радону – усереднене за рік значення об'ємної активності радону в рівновазі з його дочірніми продуктами розпаду, які мали б таку саму потенційну альфа-енергію на одиницю об'єму, як їх існуюча суміш.

Термодинамічний діаметр (dth) – діаметр сферичної частки, що має такий же коефіцієнт дифузії в повітрі, що і аерозольна частка, яка розглядається.

Техногенно-підсилені джерела природного походження (ТПДПП) – джерела іонізуючого випромінювання природного походження, які в результаті господарської та виробничої діяльності людини були піддані концентруванню або збільшилася їхня доступність, внаслідок чого утворилося додаткове до природного радіаційного фону опромінення.

Тканинний зважуючий фактор – коефіцієнт, який відбиває відносний стохастичний ризик опромінення окремої тканини.

Тканинно-еквівалентна речовина – матеріал, у якого електронна щільність, ефективний атомний номер і елементний склад близькі до цих характеристик тканин людини.

Томографія – метод використання рентгенівських променів або ультразвукових хвиль з метою отримання знімків анатомічних структур.

Фаза аварії рання (гостра) – фаза комунальної аварії тривалістю від декількох годин до одного – двох місяців після початку аварії, яка включає наступні події:

- газо-аерозольні викиди і рідинні скиди радіоактивного матеріалу із аварійного джерела;
- процеси повітряного переносу і інтенсивної наземної міграції радіонуклідів;
- радіоактивні опади і формування радіоактивного сліду.

Фаза аварії середня (фаза стабілізації) – фаза комунальної аварії, яка починається через один-два місяці і завершується через 1-2 роки після початку радіаційної аварії, на якій відсутні (із-за радіоактивного розпаду) короткоживучі осколочні радіоізотопи телуру і йоду, ^{140}Ba + ^{140}La , але у формуванні гамма-поля зростає роль ^{95}Zr + ^{95}Nb , ізотопів рутенію і церію, ^{134}Cs , ^{136}Cs і ^{137}Cs . Основними джерелами внутрішнього опромінення на середній фазі аварії є радіоізотопи цезію ^{134}Cs , ^{136}Cs , ^{137}Cs і стронцію (^{89}Sr , ^{90}Sr), які надходять з продуктами харчування, виробленими на радіоактивно забруднених територіях.

Фаза аварії пізня (фаза відновлення) – фаза комунальної аварії, що починається через 1-2 роки після початку аварії, коли основним джерелом зовнішнього опромінення є ^{137}Cs у випадках на ґрунт, а внутрішнього – ^{137}Cs і ^{90}Sr в продуктах харчування, які виробляються на забруднених цими радіонуклідами територіях.

Фонове опромінювання – опромінення від джерел, що створюють природний радіаційний фон.

Фіксоване (що не знімається) радіоактивне забруднення поверхні – частина забруднення поверхонь радіонуклідами (радіоактивними речовинами), які спонтанно або при експлуатації не переходять в навколишнє середовище і не може бути видалено методами дезактивації (без порушення їх цілісності). Хронічне опромінювання – опромінювання на протязі тривалого часу, як правило більше одного року.

Характеристичне випромінювання – фотонне випромінювання з дискретним енергетичним спектром, яке виникає при зміні енергетичного стану електронів атому.

Шкода - термін, що застосовується для означення несприятливих ефектів для здоров'я людини, що клінічно спостерігаються – стохастичні та детерміністичні ефекти опромінення.

Ядерний матеріал – вихідний або спеціально створений матеріал, який спроможний розщеплюватися за схемою ланцюгової реакції в спеціальних технологічних умовах (наприклад, плутоній-239, уран, збагачений ізотопами урану-235, -233 і т. п.).

ЧАСТИНА 1 ВИЗНАЧЕННЯ ДОЗ, ОДИНИЦІ ВИМІРУ ТА ФОРМУЛИ ЇХ ОБЧИСЛЕННЯ

Поглинена доза (D) – відношення середньої енергії de , що передана іонізуючим випромінюванням речовині в елементарному об'ємі до маси dm , речовини в цьому об'ємі:

$$D = de/dm, (1)$$

Одиниця вимірювання в системі Сі - грей, Гр.

Позасистемна одиниця – рад. $1 \text{ Гр} = 100 \text{ рад} = 1 \text{ Дж/кг} = 114 \text{ Р}$.

Еквівалентна доза (H) – поглинута доза, перемножена на коеф. якості опромінення, який характеризує здатність пошкоджувати тканини організму.

$$H = D \cdot k, (2)$$

Одиниця вимірювання в системі Сі – зіверт, Зв.

Позасистемна одиниця – $1 \text{ бер} = 1 \cdot 10^{-2} \text{ Дж/кг}$. $1 \text{ Зв} = 100 \text{ бер}$.

Внаслідок іонізуючих випромінювань різної якості виникають **відмінності біологічної ефективності** цих випромінювань. Ці відмінності дозволяє враховувати **коефіцієнт якості випромінювання (k)**.

Ефективна доза (E) – сума добутків еквівалентних доз H_t в окремих органах і тканинах на відповідні тканинні зважуючі фактори W_t :

$$E = \sum H_t \times W_t, (3)$$

Одиниця вимірювання в системі Сі – зіверт, Зв.

Доза на одиницю концентрації (об'ємної) (gt) в повітрі чи питній воді – річна ефективна доза внутрішнього опромінення для одного з шести референтних віків t , що розрахована за формулою:

$$gt = et \cdot Vt, (4)$$

V_t - референтний об'єм повітря, що вдихається на протязі одного року або референтний об'єм споживання питної води для індивідумів з референтним віком t .

Доза питома максимальна еквівалентна – відношення потужності максимальної еквівалентної дози H_m в органі (в усьому тілі) до щільності потоку часток або фотонів ϕ :

$$H_m = H_m/\phi, (5)$$

Допустима потужність дози (ДПД) - допустимий рівень усередненої за рік потужності еквівалентної дози на все тіло при зовнішньому опроміненні. Чисельно дорівнює відношенню ліміту дози (ЛД) до часу опромінення (t) протягом календарного року:

$$ДПД = ЛД/t, (6)$$

Для осіб категорії А та Б значення $e = 1700$ год,

для осіб категорії В $t = 8760$ год.

Допустима щільність потоку часток (фотонів) (ДЩП) – допустимий рівень усередненої за рік щільності потоку часток. ДЩП чисельно дорівнює відношенню допустимої потужності дози (ДПД) до питомої максимальної дози h_m (Зв. кв. см/част.) від зовнішнього опромінення:

$$ДЩП = ДПД/h_m, (7)$$

У разі бета-опромінення шкіри для розрахунку ДПД застосовується основний ЛД для шкіри – 500 мЗв. Питома максимальна доза h_m розраховується для шару шкіри товщиною 5 мг/кв. см під поверхневим шаром товщиною 5 мг/кв. см. На долонях товщина поверхневого шару - 40 мг/кв. см.

Керма (від англ. "kerma" – kinetic energy released into materbal) – відношення суми первинних кінетичних енергій dW_k всіх заряджених частинок, утворених під впливом непрямо іонізуючого випромінювання в елементарному об'ємі речовини, до маси dm речовини в цьому об'ємі

$$K = dW_k/dm, (8)$$

Одиниця вимірювання керми - греї (Гр).

Внутрішнє опромінення організму

$$A = a \times M \times t, (9)$$

де:

a – питома активність радіонукліда в повітрі, воді або їжі, Бк;

M – маса повітря, води або їжі, що надійшла в організм людини за рік;

t – час опромінення (рік), год; В 1 році 8760 годин.

Ефективна доза внутрішнього опромінення

$$E = A \times \varepsilon, (10)$$

де:

ε - дозовий коефіцієнт даного радіонукліда, Зв/Бк;

Він полягає у тому, що з його допомогою активність радіонукліда, що потрапив до організму людини, перераховується у відповідну до цієї активності дозу внутрішнього опромінення. Дозові коефіцієнти представлені в таблиці 13 (МАГАТЕ).

Індивідуальний радіаційний ризик

$$r = E \times r_{\varepsilon}, (11)$$

де:

r – індивідуальний радіаційний ризик;

r_{ε} – коефіцієнт індивідуального радіаційного ризику;

Цей коефіцієнт характеризує зменшення тривалості періоду повноцінного життя в середньому на 15 років на один стохастичний випадок смертельного захворювання (головним чином раком). Згідно з нормами НРБУ-97 значення цього коефіцієнта дорівнюють: $r_{\varepsilon} = 5,6 \cdot 10^{-2}$ Люд/Зв – для виробничого опромінення (тобто для персоналу, що працює з іонізуючим опроміненням);

$r_{\varepsilon} = 7,3 \cdot 10^{-2}$ Люд/Зв – для населення.

Згідно з НРБУ-97 індивідуальний радіаційний ризик вважається допустимим, якщо величина r_{ε} не перевищує $1,0 \cdot 10^{-6}$ Люд/Зв. Верхню межу допустимого індивідуального ризику є величина $5,0 \cdot 10^{-5}$ Люд/Зв. Значення r_{ε} , що перевищує $r_{\varepsilon} = 5,0 \cdot 10^{-5}$ Люд⁻¹·Зв⁻¹ є неприпустимими.

Колективна доза внутрішнього опромінення

$$K = E \times N, (12)$$

де:

N – кількість населення, що отримує таке опромінення

Коллективний радіаційний ризик

$$R = r \times K, (13)$$

Коллективний радіаційний ризик R показує кількість випадків проявів стохастичних (соматичних-канцерогенних) і генетичних (спадкових) серйозних ефектів, кожний із яких характеризується зменшенням тривалості періоду повноцінного життя в середньому на 15 років.

ЧАСТИНА 2 ЛІМІТИ ДОЗ ТА ДОПУСТИМІ РІВНІ

Числові значення лімітів доз встановлюються на рівнях, що виключають можливість виникнення детерміністичних ефектів опромінення і, одночасно, гарантують настільки низьку імовірність виникнення стохастичних ефектів опромінення, що вона є прийнятною як для окремих осіб, так і для суспільства в цілому.

Для осіб категорій А і Б ліміти доз встановлюються в термінах індивідуальної річної ефективної та еквівалентної доз зовнішнього опромінення (ліміти річної ефективної та еквівалентної доз).

Обмеження опромінення осіб категорії В (населення) здійснюється введенням лімітів річної ефективної та еквівалентної доз для критичних груп осіб категорії В. Останнє означає, що значення річної дози опромінення осіб, які входять в критичну групу, не повинно перевищувати ліміту дози, встановленого для категорії В.

З лімітом дози порівнюється сума ефективних доз опромінення від усіх індустріальних джерел випромінювання. До цієї суми не включають:

- дозу, яку одержують при медичному обстеженні або лікуванні;
- дозу опромінення від природних джерел випромінювання;
- дозу, що пов'язана з аварійним опроміненням населення;
- дозу опромінення від техногенно-підсилених джерел природного походження.

Додатково до ліміту річної ефективної дози встановлюються ліміти річної еквівалентної дози зовнішнього опромінення окремих органів і тканин:

- кришталика ока;
- шкіри;

- кистей та стіп.

Встановлюється такий **перелік допустимих рівнів (ДР)**, які відносяться до радіаційно-гігієнічних регламентів **першої групи**.

Для категорії А:

- допустиме надходження (**ДН_{inhal А}**) радіонукліду через органи дихання;
- допустима концентрація (**ДК_{inhal А}**) радіонукліду в повітрі робочої зони;
- допустима щільність потоку частинок (**ДЩП А**);
- допустима потужність дози зовнішнього опромінення (**ДПД А**);
- допустиме радіоактивне забруднення (**ДЗ А**) шкіри, спецодягу та робочих поверхонь.

Для категорії Б:

- допустиме надходження (**ДН_{inhal Б}**) радіонукліда через органи дихання;
- допустима концентрація (**ДК_{inhal Б}**) радіонукліда в повітрі робочої зони;

Для категорії В:

- допустиме надходження радіонукліда через органи дихання (**ДН_{inhal В}**) і травлення (**ДН_{ingest}**);
- допустимі концентрації радіонукліда в повітрі (**ДН_{inhal В}**) та питній воді (**ДН_{ingest}**);
- допустимий скид та викид у довкілля.

При контролі річного надходження радіонуклідів і дози зовнішнього опромінення ЛД не буде перевищено, якщо одночасно виконуються наступні нерівності:

$$\frac{E_{ext}}{ЛДЕ} + \sum \frac{I_{inhal\ i}}{ДН_{inhal\ i}} + \sum \frac{I_{ingest\ i}}{ДН_{ingest\ i}} \leq 1$$

$$\frac{H_{lens}}{ЛД_{lens}} \leq 1$$

$$\frac{H_{skin}}{ЛД_{skin}} \leq 1$$

$$\frac{H_{extrim}}{ЛД_{extrim}} \leq 1$$

ЧАСТИНА 3

ПОКАЗНИКИ ІНТЕНСИВНОСТІ НАКОПИЧЕННЯ РАДІОНУКЛІДІВ

Основною одиницею землекористування є ділянка (поле), яка визначена під час проведення землепорядних робіт з урахуванням однорідності ґрунтового покриву. Елементарною структурною одиницею, на яку ця методика регламентує відбір проб ґрунту для оцінки щільності радіоактивного забруднення, є елементарний майданчик. У процесі обстеження ділянки (поля, лісу) вона ділиться на репрезентативні елементарні майданчики. Максимальна площа залежить від категорії складності ґрунтового покриву (ДСТУ 4287:2004) та нерівномірності (плямистості) радіоактивних випадінь. Для чорнобильських радіоактивних випадінь та можливих аналогічних вона повинна бути для сільськогосподарських угідь і лісу не більше 5 га. Рівень радіоактивного забруднення такого майданчика є випадковою величиною, а його характеристикою є медіана щільності радіоактивних випадінь. Репрезентативний відбір проб ґрунту на майданчику та вимір їх активності повинен забезпечувати одержання достовірної інформації про медіану щільності забруднення майданчика радіонуклідами.

Проба ґрунту може бути відібрана різними способами: шляхом відбору в одному місці (точкова проба); шляхом об'єднання декількох точкових проб (об'єднана проба), відібраних на пробному майданчику. У методиці розглянуті обидва способи пробовідбору.

Вона поширюється на визначення щільності забруднення радіонуклідами техногенного походження сільськогосподарських угідь і лісів та на кількість проб ґрунту, які відбираються для оцінки цього показника.

Загальні вимоги до визначення щільності радіоактивного забруднення ґрунту. Ця методика повинна забезпечувати репрезентативність оцінок медіани щільності забруднення радіонуклідами техногенного походження ґрунту сільськогосподарських угідь та лісу необхідних для паспортизації радіаційне, радіаційного контролю та прийняття управлінських рішень щодо мінімізації додаткового опромінення населення, підвищення ефективності контрзаходів та оптимізації витрат на їх реалізацію.

Роботи з визначення щільності радіоактивного забруднення ґрунту проводить досвідчений у галузі радіоекології персонал.

Перед відбором проб на обстежуваній ділянці виконують вимірювання потужності дози гамма-випромінювання в повітрі (потужності експозиційної, поглинутої або еквівалентної дози).

Під час відбору проб ґрунту обстежувана територія повинна бути поділена на елементарні майданчики площею не більше 5 га, на кожному з яких проводиться незалежне обстеження.

Для точкової проби ґрунту площа пробовідбору повинна бути не менше 0,001 м², для об'єднаної проби ґрунту – не менше 0,003 м².

Інші вимоги до методики відбору, підготовки та вимірювання проб ґрунту, які не викладені у цьому стандарті, встановлюються за ДСТУ Б В.2.1-8-2001 (ГОСТ 12071-2000), ДСТУ ISO 11464-2001, ДСТУ 4287:2004, ГОСТ 17.4.3.01-83.

Безпека під час відбору проб ґрунту, транспортування, зберігання, підготовки та вимірювання активності радіонуклідів забезпечується відповідно до ДСТУ ISO 10381-3:2004, НРБУ-97/Д-2000, ДСП 6.074.120-01.

Значення щільності забруднення ґрунту певним радіонуклідом за результатами вимірювання окремої проби визначається за формулою:

$$A_s = (A_{m_{\text{ґрунту}}} * m) / 10, \quad (14)$$

де:

$A_{m_{\text{ґрунту}}}$ – загальна активність радіонукліду в окремій пробі ґрунту, Бк/кг;

m – маса ґрунту, кг

Питома активність ґрунту розраховується за наступною формулою:

$$A_{m_{\text{ґрунту}}} = (A_s * 10) / m \quad (15)$$

Коефіцієнт переходу радіонуклідів з ґрунту в рослини, або КП (англ. soil to plant transfer factor, TF) – співвідношення між концентраціями радіонуклідів у ґрунті та рослинах, що ростуть в даному ґрунті, яке є одним з найважливіших параметрів, що використовуються в радіоекологічних моделях для прогнозування вмісту радіонуклідів в сільськогосподарських рослинах.

Коефіцієнт переходу радіонуклідів з ґрунту в рослини (КП) розраховується як відношення питомої активності сухої речовини рослини до щільності забруднення радіонуклідом ґрунту:

$$КП = A_{m_{\text{рослини}}} / A_s, \quad (16)$$

де:

A_m – питома активність радіонукліда сухої речовини рослини (гриби, ягоди), Бк/кг;

A_s – щільність забруднення ґрунту певним радіонуклідом, Бк/м².

Коефіцієнт накопичення (рос. коэффициент биологического накопления; англ. biological accumulation index) – відношення кількості накопиченої речовини (радіонуклідів, пестицидів, мікроелементів тощо), що містяться в організмі, до її вмісту в навколишньому середовищі.

Коефіцієнт накопичення радіонуклідів в рослині (КН) обчислюється за формулою:

$$КН = A_{m\text{рослини}} / A_{m\text{ґрунту}}, (17)$$

де:

$A_{m\text{рослини}}$ – питома активність радіонукліду в рослині на момент;

$A_{m\text{ґрунту}}$ – питома активність і-го шару ґрунту.

Якщо вміст радіонукліду у навколишньому середовищі значно менший, ніж у біологічному об'єкті (КН > 1), то такі організми називаються накопичувачами. Коли концентрація радіонукліду у навколишньому середовищі й організмі майже однакова (КН = 1), то біологічний об'єкт є розсіювачем. Коли вміст радіонукліду у середовищі перевищує такий в організмі, то такий біологічний об'єкт називають очищувачем (КН < 1).

Таким чином, в радіоекологічних та радіобіологічних дослідженнях найчастіше застосовують два показники: коефіцієнт накопичення (КН) – цей термін вживається для організмів, що мешкають у глибині ґрунту, на поверхні, у воді; коефіцієнт переходу (КП) – застосовують також для наземних організмів чи мешканців водоймищ, коли йдеться про міграцію радіонукліда трофічними ланцюгами.

Приклад: Використовуючи вихідні дані та формули розрахунку щільності радіоактивного забруднення ґрунту, коефіцієнтів переходу та накопичення, виконати завдання. Щільність радіоактивного забруднення ґрунту становить 12 Кі/км². Питома активність ¹³⁷Cs у свіжих плодових тілах польських грибів дорівнює 10000 Бк/кг. Маса грибів 500 г. Маса зразка ґрунту 0,7 кг. Розрахувати КП, КН, сумарну активність радіонукліду у грибах.

1. Для використання величини щільності радіоактивного забруднення ґрунту у формулі її значення потрібно перевести у одиниці системи Сі:

$$12 \text{ Кі/км}^2 = 444 \text{ кБк/м}^2.$$

2. Розрахуємо коефіцієнт переходу:

- $KП = A_m \text{ росл} / A_s,$
звідси $KП = 10000 \text{ Бк/кг} / 444 \text{ кБк/м}^2 = 22,5 \text{ м}^2\text{кг}^{-1}10^{-3}$
3. Розраховуємо коефіцієнт накопичення
 $KН = A_m \text{ росл} / A_m \text{ гр.}$
 звідси знаходимо $A_m \text{ ґрунт} = A_s \cdot 10 / m \text{ ґрунту}$
 $A_m \text{ ґрунт} = 444 \text{ кБк/м}^2 \cdot 10 / 0,7 \text{ кг} = 6343 \text{ Бк/кг}$
 тоді $KН = 10000 \text{ Бк/кг} / 6343 \text{ Бк/кг} = 1,6$
4. Розраховуємо сумарну активність радіонукліду в грибах:
 $A = A_m \cdot m$
 звідси $A = 10000 \text{ Бк/кг} \cdot 0,5 \text{ кг} = 5000 \text{ Бк}$

ЧАСТИНА 4

МЕДИЧНА РАДІОБІОЛОГІЯ

Контроль ефективних доз опромінення пацієнтів при медичних рентгенологічних дослідженнях

ПЛАН

1. Визначення ефективних доз опромінення пацієнтів під час проведення звичайних рентгенологічних досліджень.

1.1. Визначення ефективних доз опромінення пацієнтів за допомогою вимірювача добутку дози на площу.

1.2. Визначення ефективної дози опромінення пацієнта за допомогою виміру радіаційного виходу рентгенівського випромінювача.

2. Визначення ефективної дози опромінення пацієнтів під час проведення комп'ютерної томографії.

1. Визначення ефективних доз опромінення пацієнтів під час проведення звичайних рентгенологічних досліджень

Визначення ефективної дози опромінення пацієнтів під час проведення рентгенологічних досліджень ґрунтується на використанні одного з двох інструментальних методів:

1. вимірювання добутку дози на площу;

2. вимірювання радіаційного виходу рентгенівського випромінювача.

Вихідна інформація для визначення ефективної дози опромінення пацієнта має містити:

А) характеристики, що визначають поле рентгенівського випромінювання під час проведення рентгенологічної процедури:

- значення анодної напруги на рентгенівській трубці, *кВ*;
 - товщину і матеріал додаткового фільтру (*2мм Al*);
 - значення добутку дози на площу за час проведення рентгенологічної процедури, *сГр · кв.см*;
 - значення радіаційного виходу, *мР · кв.м / (мА · с)*;
 - значення експозиції (кількості електрики), *мА · с*;
- Б) параметри рентгенологічного дослідження:
- область дослідження (легені, череп і т.і.);
 - проєкція (передньозадня, задньопередня, бокова);
 - розмір поля опромінення (висота і ширина пучка на приймачі зображення), *кв.см*;
 - фокусна відстань (відстань від фокуса рентгенівської трубки до приймача зображення), *см*;
- В) відомості про пацієнта:
- вік пацієнта (0-0,5 р., 0,5-3р., 3-8р., 8-13р., 13-19р. старше 19 років).

1.1 Визначення ефективних доз опромінення пацієнтів за допомогою вимірювача добутку дози на площу

Значення добутку дози на площу при проведенні рентгенівського дослідження визначається за результатами вимірів дозиметрів, які використовують як детектори прохідну іонізаційну камеру. Прохідну іонізаційну камеру встановлюють на рентгенівський випромінювач.

Вимірювач добутку дози на площу працює в режимі реального часу, тому його показники відображають часові вимірювання в параметрах генерування рентгенівського випромінювання. Це забезпечує достовірність результатів вимірювань та дозволяє контролювати стабільність параметрів рентгенівського апарату в період його експлуатації. Статична інформація, що накопичується, при використанні прохідних камер, дозволяє порівняти дозове навантаження на пацієнта при різноманітних методах досліджень, а також ввести контрольні рівні опромінення для основних дозоутворюючих рентгенологічних процедур.

Значення ефективної дози *E* опромінення пацієнта певного віку під час проведення рентгенологічного дослідження визначається за допомогою виразу:

$$E = \Phi \cdot Kd, (14) \quad мкЗв$$

де:

Φ – виміряна величина добутку дози на площу, $cГр \cdot кв.см$;

Kd – коефіцієнт переходу до ефективної дози опромінення пацієнта певного віку з урахування виду проведеного рентгенологічного дослідження, проекції, розмірів поля, фокусної відстані та анодної напруги на рентгенівській трубці, $мкЗв / (cГр \cdot кв.см)$.

1.2 Визначення ефективної дози опромінення пацієнта за допомогою виміру радіаційного виходу рентгенівського випромінювача

Визначення ефективної дози опромінення пацієнта проводять із використанням вимірних значень радіаційного виходу рентгенівського випромінювача. Радіаційний вихід R рентгенівського випромінювача у $(мР \cdot кв.м) / (мА \cdot с)$ – це потужність експозиційної дози у $мР/с$, виміряна на відстані 1 м від фокуса рентгенівської трубки на осі первинного пучка рентгенівського випромінювання при заданих значеннях анодної напруги, яка зведена до значення анодного струму в 1 мА.

Значення ефективної дози E опромінення пацієнта певного віку при проведенні рентгенологічного дослідження визначається за допомогою виразу:

$$E = R \cdot i \cdot t \cdot K_e, (18) \quad мкЗв$$

де:

R – радіаційний вихід рентгенівського випромінювача, $(мРкв.м) / (мА с)$;

i – струм рентгенівської трубки, $мА$;

t – час проведення дослідження, $с$;

K_e - коефіцієнт переходу до ефективної дози опромінення пацієнта певного віку з урахування виду проведеного рентгенологічного дослідження, проекції, розмірів поля, фокусної відстані та анодної напруги на рентгенівській трубці, $мкЗв / (мРкв.м)$.

Значення радіаційного виходу R для даного значення анодної напруги на рентгенівській трубці U визначається за допомогою лінійної інтерполяції із використанням двох вимірних величин радіаційного виходу R_k і $R(k+1)$ для найближчих значень анодної напруги U_k і $U(k+1)$ де $(U_k < U < U(k+1))$ з використанням виразу:

$$R = R_k + (R(k+1) - R_k) \cdot \frac{U - U_k}{U(k+1) - U_k}, \quad (19)$$

2. Визначення ефективної дози опромінення пацієнтів під час проведення комп'ютерної томографії

У випадку комп'ютерної томографії розподіл поглиненої дози в досліджуваному об'ємі більш однорідний. Перепад дози від края до центру об'єму, що опромінюється, (для середніх розмірів тіла людини) складає 2-3 рази, в той час як для традиційних методів рентгенографії чи рентгеноскопії перепад дози в задній (передній) геометрії опромінення пацієнта в 5-10 раз більше.

Для опису розподілення дози в повітрі на осі обертання джерела рентгенівського випромінювання (величина, аналогічна радіаційному виходу звичайного рентгенівського апарата) або розподілення поглиненої дози всередині пацієнта при проведенні окремого сканування (один скан) використовують так званий *томографічний індекс дози (CTDI)*, що визначається наступним чином:

$$CTDI = 1/d \cdot \int_{-\infty}^{\infty} D(x) dx, \quad (20)$$

де:

$D(x)$ – розподілення дози вздовж напрямленням, перпендикулярного площині сканування;

d – ширина одного скана.

При виконанні практичних вимірів пропонується використовувати величину, яка має назву *практичний томографічний індекс дози (CTDI_w)*, який відрізняється від теоретичного аналога обмеженими значеннями інтегрування розподілення поглиненої дози (10мм):

$$CTDI_w = 1/d \cdot \int_{-50}^{+50} D(x) dx, \quad (21)$$

Обмеження інтегрування значеннями від -50 мм до 50 мм є досить достатнім для звичайних значень товщини окремого скана (від 2 до 10 мм), що зазвичай використовується.

Метод оцінки ефективної дози при проведенні комп'ютерного дослідження заснований на вимірюваннях у фізичних фантомах, які імітують тіло людини. При цьому вимірюється розподілення дози при виконанні одного скана у скануючому та найближчих до нього

частинах тіла з метою визначення величини $CTDI_w$. Потім, використовуючи дозовий коефіцієнт, визначається значення ефективної дози.

Вимірювання проводяться за спеціальною методикою в гомогенних циліндричних фантомах, які виготовлені з поліметилметакрілату. Для моделювання дітей (0-15 років) фантоми повинні мати діаметр 16 см та довжину 15 см. Тіло дорослої людини розділяється на дві анатомічні частини (голова + шия та тулуб), кожна з яких моделюється циліндрами з діаметрами 16 і 32 см відповідно. Вимірювання проводяться в 4-х точках на глибині 1 см та в центрі фантома. Значення $CTDI_w$ в шарі, що сканується, є оцінкою середньої поглиненої дози в даному шарі, визначається як:

$$CTDI_w = 1/3 \cdot CTDI_{100c} + 1/3 \cdot CTDI_{100p}, \quad (22)$$

де:

$CTDI_{100c}$ – результат виміру в центрі фантома (мГр);

$CTDI_{100p}$ – середнє значення результатів вимірів в 4-х точках на глибині 1 см в фантомі (мГр).

Значення $CTDI_w$ залежить від фізико-технічних характеристик апаратури: напруга на трубці, фільтрація, товщина скана тощо та пропорційна значенню mAs .

Після цього для характеристики дослідження в цілому визначають значення добутку дози на довжину сканування при дослідженні відповідної анатомічної секції (індекс «і») DLP_i (мГр · см):

$$DLP_i = nCTDI_w \cdot d \cdot N \cdot I, \quad (20)$$

де:

$nCTDI_w$ – нормоване на одиницю mAs значення практичного томографічного індексу дози (мГр/ mAs);

d – товщина скана;

N – число сканів;

I – значення mAs на один скан.

Ефективну дозу (E_i) при скануванні будь-якої з двох анатомічних секцій (індекс «і») тіла людини, (голова + шия та тулуб), використовуючи значення DLP визначають наступним чином:

$$E_i = eDLP \cdot DLP, \quad (21)$$

де:

$eDLP$ – значення дозового коефіцієнта ($mZv \cdot mGr^{-1} \cdot cm^{-1}$) для i -тої анатомічної секції, нормоване на значення DLP в стандартному дозиметричному фантомі.

1. Методичні матеріали щодо визначення ефективних доз опромінення пацієнтів під час проведення рентгенологічних досліджень

Спосіб 1.

Вимірювання добутку дози на площу за результатами вимірів дозиметрами, що використовують як детектор прохідну іонізаційну камеру, яку встановлюють на рентгенівському випромінювачі.

$$E = \Phi \cdot Kd.$$

Спосіб 2.

Визначення ефективної дози опромінення пацієнта за допомогою вимірювання радіаційного виходу рентгенівського випромінювача.

Радіаційний вихід R рентгенівського випромінювача у ($mP \cdot kv.m$)/($mA \cdot c$) – це потужність експозиційної дози у mP/c , виміряна на відстані 1м від фокуса рентгенівської трубки на осі первинного пучка рентгенівського випромінювання при заданих значеннях анодної напруги, яка зведена до значення анодного струму в 1mA та додатковому фільтрі 2мм Al.

Вимірювання радіаційного виходу проводять за допомогою клінічних дозиметрів, які внесені у Державний реєстр засобів вимірювань, для кожного діагностичного рентгенівського апарату в усьому діапазоні значень анодної напруги рентгенівської трубки не рідше 1 разу на рік, а також кожен раз після ремонту, заміни його частин, при оформленні санітарно-епідеміологічного заключення на апарат.

Якщо, при проведенні діагностичного рентгенологічного дослідження, напруга на рентгенівській трубці відрізняється за величиною від напруги при якій визначений радіаційний вихід, то радіаційний вихід можна визначити за формулою з використанням двох вимірних величин радіаційного виходу для двох найближчих значень анодної напруги: R_k – радіаційний вихід для U_k – напруги, яке трішки нижче, ніж U – напруги, при якій проводилися дослідження; R_{k+1} – радіаційний вихід для U_{k+1} – напруги, яке трішки вище, ніж U – напруги, при якій проводилися дослідження.

$$R = R_k + (R(k+1) - R_k) \cdot \frac{U - U_k}{U(k+1) - U_k}.$$

Наприклад: рентгенологічне дослідження проводилося при значенні анодної напруги $U=80$ кВ. Тоді два найближчі значення U_k і U_{k+1} це відповідно 70 і 90 кВ.

Значення ефективної дози E опромінення пацієнта певного віку при проведенні рентгенологічного дослідження визначається за допомогою виразу:

$$E = R \cdot i \cdot t \cdot K_e.$$

Приклади розв'язання задач

Приклад 1. *Визначення ефективних доз опромінення пацієнтів за допомогою вимірювача добуток дози на площу.*

Рентгеновський апарат РУМ-20 М обладнаний прохідною іонізаційною камерою дозиметра рентгеновського клінічного ДРК-1.

Пацієнту віком 16 років провели рентгеноскопію шлунка в передній проекції.

Параметри рентгенологічного дослідження:

- розмір поля 20 x 20 кв.см,
- фокусна відстань 40 см,
- $U = 70$ кВ,
- допоміжний фільтр 2 мм Al,
- експозиція (к-ть електрики) $i \cdot t = 90$ мА · с.

Виміряне значення добуток дози на площу $\Phi = 1500$ сГр · кв.см.

Знаходимо в таблиці 14 значення дозового коефіцієнта, яке відповідає вибраному режиму дослідження пацієнта, $K_d = 1,3$ мкЗв / (сГр · кв.см). Підставляємо значення Φ і K_d у формулу (1) та розраховуємо значення ефективної дози:

$$E = 1,3 \cdot 1500 = 1950 \text{ мкЗв} = 1,95 \text{ мЗв}.$$

Приклад 2. *Визначення ефективної дози опромінення пацієнта за допомогою виміряного радіаційного виходу рентгеновського випромінювача*

Пацієнту віком 30 років на третьому робочому місці апарату РЕНЕКС провели рентгенографію грудної клітини в передній проекції.

Параметри рентгенологічного дослідження:

- розмір поля 30 x 40 кв.см,
- фокусна відстань 150 см,
- $U = 90$ кВ,

- допоміжний фільтр 2 мм Al,
- експозиція (к-ть електрики) $i \cdot t = 25 \text{ мА} \cdot \text{с}$.

Відповідно до протоколу випробувань технічних параметрів рентгенівського апарату РЕНЕКС радіаційний вихід, виміряний за допомогою універсального діагностичного дозиметра РТW NОMEX для анодної напруги $U_k = 80 \text{ кВ}$ і $U_{(k+1)} = 100 \text{ кВ}$, склав $R_k = 6,8 \text{ мР} \cdot \text{кв.м} / (\text{мА} \cdot \text{с})$ і $R_{(k+1)} = 9,2 \text{ мР} \cdot \text{кв.м} / (\text{мА} \cdot \text{с})$. Підставляючи ці значення у формулу (3), розраховуємо значення радіаційного виходу для $U = 90 \text{ кВ}$:

$$R = 6,8 + (9,2 - 6,8) \cdot (90 - 80) / (100 - 80) = 8,0 \text{ мР} \cdot \text{кв.м} / (\text{мА} \cdot \text{с}).$$

Знаходимо в таблиці 6 значення дозового коефіцієнта, яке відповідає вибраному режиму $K_e = 0,86 \text{ мкЗв} / (\text{мР} \cdot \text{кв.м})$. Підставляємо значення R , $i \cdot t$ та K_e у формулу (2) і розраховуємо значення ефективної дози:

$$E = 8 \cdot 25 \cdot 0,86 = 172 \text{ мкЗв} = 0,17 \text{ мЗв}.$$

2. Методичні матеріали щодо визначення ефективної дози опромінення пацієнтів під час проведення комп'ютерної томографії

Дозових коефіцієнтів для дорослих пацієнтів:

- $0,0023 \text{ мЗв} \cdot \text{мГр}^{-1} \cdot \text{см}^{-1}$ при скануванні голови;
- $0,0081 \text{ мЗв} \cdot \text{мГр}^{-1} \cdot \text{см}^{-1}$ при скануванні тулуба.

При використанні тих самих параметрів процедури, значення ефективної дози у дітей буде вищим, через менші розміри тіла. Для визначення CTDI_w і DLP для дітей незалежно від області тіла, яка підлягає скануванню, використовують фантом діаметром 16 см. В таблиці 8 приведені значення дозових коефіцієнтів $e\text{DLP}$ для дітей різноманітного віку у вигляді відповідних множників по відношенню до коефіцієнтів для дорослих пацієнтів.

Приклад розрахунку ефективної дози опромінення пацієнта при проведенні томографічного дослідження.

Томографічне дослідження грудної клітини. Пацієнт: вік 30 років.

Вихідні дані: зміряне нормоване значення $n\text{CTDI}_w$ для даного режиму дослідження склало $0,085 \text{ мГр/мАс}$, ширина скана – $2,5 \text{ см}$, кількість сканів – 11, значення мАс на один скан – 756.

Підставляємо значення у формулу 4 та розраховуємо значення DLP :

$$\text{DLP} = 0,085 \cdot 2,5 \cdot 11 \cdot 756 = 1768 \text{ мГр} \cdot \text{см}.$$

Далі за формулою 5 розраховуємо значення ефективної дози:

$$E = 0,0081 \cdot 1768 = 14,3 \text{ мЗв}.$$

СИТУАЦІЙНІ ЗАДАЧІ

БЛОК 1. РОЗРАХУНОК ЛІМІТІВ ДОЗ

1. Ефективна доза, отримана від радіонукліда ^{137}Cs , склала 10 мЗв/рік. Допустиме надходження цього радіонукліда інгаляційним шляхом складає для категорії А 10000 Бк/рік, для категорії Б та В – 2000 Бк/рік, допустиме надходження через органи травлення – 50000 Бк/рік. Фактичне надходження ^{137}Cs через органи дихання склала 10000 Бк/рік, через органи травлення – 45000 Бк/рік. Встановити, чи буде перевищення ліміту дози для категорії А ($H_{\text{lens}} = 250$ мЗв, $H_{\text{skin}} = 50$ мЗв, $H_{\text{extrim}} = 100$ мЗв).

2. Ефективна доза, отримана від радіонукліда ^{131}I , склала 7 мЗв/рік. Допустиме надходження цього радіонукліда інгаляційним шляхом складає для категорії А 400000 Бк/рік, для категорії Б та В – 8000 Бк/рік, допустиме надходження через органи травлення – 6000 Бк/рік. Фактичне надходження ^{131}I через органи дихання склала 250000 Бк/рік, через органи травлення – 10000 Бк/рік. Встановити, чи буде перевищення ліміту дози для категорії Б ($H_{\text{lens}} = 150$ мЗв, $H_{\text{skin}} = 20$ мЗв, $H_{\text{extrim}} = 75$ мЗв).

3. Ефективна доза, отримана від радіонукліда ^{226}Ra , склала 4 мЗв/рік. Допустиме надходження цього радіонукліда інгаляційним шляхом складає для категорії А 100 Бк/рік, для категорії Б та В – 2 Бк/рік, допустиме надходження через органи травлення – 200 Бк/рік. Фактичне надходження ^{226}Ra через органи дихання склала 75 Бк/рік, через органи травлення – 100 Бк/рік. Встановити, чи буде перевищення ліміту дози для категорії В ($H_{\text{lens}} = 10$ мЗв, $H_{\text{skin}} = 25$ мЗв, $H_{\text{extrim}} = 15$ мЗв).

4. Ефективна доза, отримана від радіонукліда ^{137}Cs , склала 9 мЗв/рік. Допустиме надходження цього радіонукліда інгаляційним шляхом складає для категорії А 10000 Бк/рік, для категорії Б та В – 2000 Бк/рік, допустиме надходження через органи травлення – 50000 Бк/рік. Фактичне надходження ^{137}Cs через органи дихання склала 10000 Бк/рік, через органи травлення – 45000 Бк/рік. Встановити, чи буде перевищення ліміту дози для категорії Б ($H_{\text{lens}} = 250$ мЗв, $H_{\text{skin}} = 50$ мЗв, $H_{\text{extrim}} = 100$ мЗв).

5. Ефективна доза, отримана від радіонукліда ^{131}I , склала 8 мЗв/рік. Допустиме надходження цього радіонукліда інгаляційним шляхом складає для категорії А 400000 Бк/рік, для категорії Б та В – 8000 Бк/рік, допустиме надходження через органи травлення – 6000 Бк/рік. Фактичне надходження ^{131}I через органи дихання склала

250000 Бк/рік, через органи травлення – 10000 Бк/рік. Встановити, чи буде перевищення ліміту дози для категорії А ($H_{\text{lens}} = 150$ мЗв, $H_{\text{skin}} = 20$ мЗв, $H_{\text{extrim}} = 75$ мЗв).

6. Ефективна доза, отримана від радіонукліда ^{137}Cs , склала 3 мЗв/рік. Допустиме надходження цього радіонукліда інгаляційним шляхом складає для категорії А 10000 Бк/рік, для категорії Б та В – 2000 Бк/рік, допустиме надходження через органи травлення – 50000 Бк/рік. Фактичне надходження ^{137}Cs через органи дихання склала 10000 Бк/рік, через органи травлення – 45000 Бк/рік. Встановити чи буде перевищення ліміту дози для категорії В ($H_{\text{lens}} = 250$ мЗв, $H_{\text{skin}} = 50$ мЗв, $H_{\text{extrim}} = 100$ мЗв).

7. Ефективна доза, отримана від радіонукліда ^{131}I , склала 5 мЗв/рік. Допустиме надходження цього радіонукліда інгаляційним шляхом складає для категорії А 400000 Бк/рік, для категорії Б та В – 8000 Бк/рік, допустиме надходження через органи травлення – 6000 Бк/рік. Фактичне надходження ^{131}I через органи дихання склала 250000 Бк/рік, через органи травлення – 10000 Бк/рік. Встановити, чи буде перевищення ліміту дози для категорії В ($H_{\text{lens}} = 150$ мЗв, $H_{\text{skin}} = 20$ мЗв, $H_{\text{extrim}} = 75$ мЗв).

8. Ефективна доза, отримана від радіонукліда ^{226}Ra , склала 5 мЗв/рік. Допустиме надходження цього радіонукліда інгаляційним шляхом складає для категорії А 100 Бк/рік, для категорії Б та В – 2 Бк/рік, допустиме надходження через органи травлення – 200 Бк/рік. Фактичне надходження ^{226}Ra через органи дихання склала 75 Бк/рік, через органи травлення – 100 Бк/рік. Встановити, чи буде перевищення ліміту дози для категорії Б ($H_{\text{lens}} = 10$ мЗв, $H_{\text{skin}} = 25$ мЗв, $H_{\text{extrim}} = 15$ мЗв).

9. Ефективна доза, отримана від радіонукліда ^{226}Ra , склала 9 мЗв/рік. Допустиме надходження цього радіонукліда інгаляційним шляхом складає для категорії А 100 Бк/рік, для категорії Б та В – 2 Бк/рік, допустиме надходження через органи травлення – 200 Бк/рік. Фактичне надходження ^{226}Ra через органи дихання склала 75 Бк/рік, через органи травлення – 100 Бк/рік. Встановити, чи буде перевищення ліміту дози для категорії А ($H_{\text{lens}} = 10$ мЗв, $H_{\text{skin}} = 25$ мЗв, $H_{\text{extrim}} = 15$ мЗв).

10. Ефективна доза, отримана від радіонукліда ^{137}Cs , склала 12 мЗв/рік. Допустиме надходження цього радіонукліда інгаляційним шляхом складає для категорії А 10000 Бк/рік, для категорії Б та В – 2000 Бк/рік, допустиме надходження через органи травлення – 50000 Бк/рік. Фактичне надходження ^{137}Cs через органи дихання склала 10000 Бк/рік, через органи травлення – 45000 Бк/рік.

Встановити, чи буде перевищення ліміту дози для категорії А ($H_{\text{lens}} = 300$ мЗв, $H_{\text{skin}} = 150$ мЗв, $H_{\text{extrim}} = 175$ мЗв).

БЛОК 2. РОЗРАХУНОК ЩІЛЬНОСТІ РАДІОАКТИВНОГО ЗАБРУДНЕННЯ ҐРУНТУ ТА ПОКАЗНИКІВ ІНТЕНСИВНОСТІ НАКОПИЧЕННЯ РАДІОНУКЛІДІВ

1. Щільність радіоактивного забруднення ґрунту становить 10 Ки/км^2 . Питома активність ^{137}Cs у свіжих плодкових тілах польських грибів дорівнює 15000 Бк/кг . Маса грибів 600 г . Маса зразка ґрунту $0,8 \text{ кг}$. Розрахувати КП, КН, сумарну активність радіонукліду у грибах.

2. Щільність радіоактивного забруднення ґрунту становить 12 Ки/км^2 . Питома активність ^{137}Cs у свіжих плодкових тілах польських грибів дорівнює 12000 кБк/кг . Маса грибів 900 г . Маса зразка ґрунту $1,0 \text{ кг}$. Розрахувати КП, КН, сумарну активність радіонукліду у грибах.

3. Щільність радіоактивного забруднення ґрунту становить 370 кБк/м^2 . Питома активність ^{137}Cs у свіжих плодкових тілах польських грибів дорівнює 10000 кБк/кг . Маса грибів 500 г . Маса зразка ґрунту $0,7 \text{ кг}$. Розрахувати КП, КН, сумарну активність радіонукліду у грибах.

4. Питома активність ^{137}Cs у свіжих плодкових тілах польських грибів дорівнює 10000 кБк/кг . Маса грибів 500 г . Маса зразка ґрунту $0,7 \text{ кг}$. $\text{КП}=100 \text{ м}^2\text{кг}^{-1}\cdot 10^{-3}$. Розрахувати КН, сумарну активність радіонукліду у грибах.

5. Питома активність ^{137}Cs у свіжих плодкових тілах польських грибів дорівнює 15000 кБк/кг . Маса грибів 600 г . Маса зразка ґрунту $0,7 \text{ кг}$. $\text{КП}=50 \text{ м}^2\text{кг}^{-1}\cdot 10^{-3}$. Розрахувати КН, сумарну активність радіонукліду у грибах.

6. Питома активність ^{137}Cs у свіжих плодкових тілах польських грибів дорівнює 10000 кБк/кг . Маса грибів 500 г . Маса зразка ґрунту $0,9 \text{ кг}$. $\text{КП}=60 \text{ м}^2\text{кг}^{-1}\cdot 10^{-3}$. Розрахувати КН, сумарну активність радіонукліду у грибах.

7. Питома активність ^{137}Cs у свіжих плодкових тілах польських грибів дорівнює 15000 кБк/кг . Маса грибів 600 г . Маса зразка ґрунту $1,0 \text{ кг}$. $\text{КН}=0,90$. Розрахувати КП, сумарну активність радіонукліду у грибах.

8. Питома активність ^{137}Cs у свіжих плодкових тілах польських грибів дорівнює 10000 кБк/кг . Маса грибів 500 г . Маса зразка ґрунту $0,7 \text{ кг}$. $\text{КН}=0,70$. Розрахувати КП, сумарну активність радіонукліду у грибах.

9. КП ^{137}Cs з ґрунту у плодові тіла грибів становить $50 \text{ м}^2\text{кг}^{-1}10^{-3}$. Щільність радіоактивного забруднення ґрунту 120 кБк/м^2 . Питома активність ^{137}Cs у ґрунті дорівнює 1200 Бк/кг . Маса зразка ґрунту $0,9 \text{ кг}$. Маса грибів $0,5 \text{ кг}$. Знайти КН, сумарну активність радіонуклідів у грибах.

10. КП ^{137}Cs з ґрунту у плодові тіла грибів становить $70 \text{ м}^2\text{кг}^{-1}10^{-3}$. Питома активність ^{137}Cs у ґрунті дорівнює 1200 Бк/кг . Маса зразка ґрунту $1,1 \text{ кг}$. Маса грибів $0,5 \text{ кг}$. Знайти КН, сумарну активність радіонуклідів у грибах, щільність радіоактивного забруднення ґрунту.

11. КП ^{137}Cs з ґрунту у ягоди брусниці становить $30 \text{ м}^2\text{кг}^{-1}10^{-3}$. Питома активність ^{137}Cs у ягодах дорівнює 800 Бк/кг . Маса зразка ґрунту $1,1 \text{ кг}$. Маса ягід $0,3 \text{ кг}$. Знайти сумарну активність радіонуклідів у ягодах, щільність радіоактивного забруднення ґрунту.

БЛОК 3. БЕЗУМОВНО ВИПРАВДАНЕ ВТРУЧАННЯ

1. Чи буде втручання безумовно виправдане при гострому опроміненні щитовидної залози, якщо ефективна доза становить 7 Зв в результаті впливу α -випромінювання.

2. Чи буде втручання безумовно виправдане при гострому опроміненні легенів, якщо ефективна доза становить $0,5 \text{ Зв}$ в результаті впливу β -випромінювання.

3. Чи буде втручання безумовно виправдане при гострому опроміненні шкіри, якщо ефективна доза становить $0,02 \text{ Зв}$ в результаті γ -випромінювання.

4. Чи буде втручання безумовно виправдане при гострому опроміненні щитовидної залози, якщо ефективна доза становить 5 Зв в результаті впливу α -випромінювання.

5. Чи буде втручання безумовно виправдане при гострому опроміненні щитовидної залози, якщо ефективна доза становить $0,2 \text{ Зв}$ в результаті впливу β -випромінювання.

6. Чи буде втручання безумовно виправдане при гострому опроміненні шкіри, якщо ефективна доза становить 1 Зв в результаті впливу α -випромінювання.

7. Чи буде втручання безумовно виправдане при гострому опроміненні легенів, якщо ефективна доза становить $1,2 \text{ Зв}$ в результаті впливу γ -випромінювання.

8. Чи буде втручання безумовно виправдане при гострому опроміненні шкіри, якщо ефективна доза становить $0,05 \text{ Зв}$ в результаті впливу β -випромінювання.

9. Чи буде втручання безумовно виправдане при гострому опроміненні легенів, якщо ефективна доза становить 10 Зв в результаті впливу α -випромінювання.

10. Чи буде втручання безумовно виправдане при гострому опроміненні шкіри, якщо ефективна доза становить 0,5 Зв в результаті впливу α -випромінювання.

БЛОК 4. НЕВІДКЛАДНІ КОНТРЗАХОДИ

1. Який невідкладний контрзахід необхідно вжити, якщо доза, яку можна відвернути для різних органів організму (розраховувати з урахуванням W_t) складає 1000 мГр.

2. Який невідкладний контрзахід необхідно вжити, якщо доза яку можна відвернути для щитовидної залози складає 18000 мГр.

3. Який невідкладний контрзахід необхідно вжити, якщо доза яку можна відвернути для різних органів організму (розраховувати з урахуванням W_t) складає 100 мГр.

4. Який невідкладний контрзахід необхідно вжити, якщо доза яку можна відвернути для шкіри складає 21000 мГр.

5. Який невідкладний контрзахід необхідно вжити, якщо доза яку можна відвернути для щитовидної залози складає 5000 мГр.

6. Який невідкладний контрзахід необхідно вжити, якщо доза яку можна відвернути для різних органів організму (розраховувати з урахуванням W_t) складає 1000 мГр.

7. Який невідкладний контрзахід необхідно вжити, якщо доза яку можна відвернути для шкіри складає 10000 мГр.

8. Який невідкладний контрзахід необхідно вжити, якщо доза яку можна відвернути для щитовидної залози складає 8000 мГр.

9. Який невідкладний контрзахід необхідно вжити, якщо доза яку можна відвернути для щитовидної залози складає 11000 мГр.

10. Який невідкладний контрзахід необхідно вжити, якщо доза яку можна відвернути для різних органів організму (розраховувати з урахуванням W_t) складає 1000 мГр.

11. Який невідкладний захід потрібно провести за умови, що доза, яку можуть отримати люди за 2 тижні після опромінення ^{131}I становить 50 мЗв.

12. Розрахувати дозу для щитовидної залози та шкіри, якщо за 2 тижні після опромінення людина може отримати 50 мЗв. Який невідкладний контрзахід потрібно провести?

БЛОК 5. ВИПРАВДАНЕ ВТРУЧАННЯ

1. Чи буде виправданим втручання щодо преселення населення, якщо щільність радіоактивного забруднення території ^{241}Am становить 5 кБк/м².

2. Який довгостроковий контрзахід необхідно застосувати, якщо щільність радіоактивного забруднення території ^{240}Pu становить 0,6 кБк/м².

3. Який довгостроковий контрзахід необхідно застосувати, якщо щільність радіоактивного забруднення території ^{241}Am становить 0,1 кБк/м².

4. Чи буде виправданим втручання щодо преселення населення, якщо щільність радіоактивного забруднення території ^{90}Sr становить 60 кБк/м².

5. Чи буде виправданим втручання щодо преселення населення, якщо щільність радіоактивного забруднення території ^{137}Cs становить 4050 кБк/м².

6. Який довгостроковий контрзахід необхідно застосувати, якщо щільність радіоактивного забруднення території ^{238}Pu становить 0,3 кБк/м².

7. Який довгостроковий контрзахід необхідно застосувати, якщо щільність радіоактивного забруднення території ^{240}Pu становить 5 кБк/м².

8. Який довгостроковий контрзахід необхідно застосувати, якщо щільність радіоактивного забруднення території ^{137}Cs становить 350 кБк/м².

9. Чи буде виправданим втручання щодо преселення населення, якщо щільність радіоактивного забруднення території ^{90}Sr становить 450 кБк/м².

10. Який довгостроковий контрзахід необхідно застосувати, якщо щільність радіоактивного забруднення території ^{137}Cs становить 450 кБк/м².

11. Чи буде виправданим обмежене перебування на відкритому повітрі якщо доза, яку можуть отримати діти за 2 тижні після аварії становить 0,6 мЗв.

12. Чи буде виправданим обмежене перебування на відкритому повітрі якщо доза, яку можуть отримати діти за 2 тижні після аварії становить 0,6 мЗв.

Враховати: опромінення всього тіла; вплив на щитовидну залозу; вплив на шкіру.

БЛОК 6. ОБЧИСЛЕННЯ КОЛЕКТИВНОГО РИЗИКУ

Задачі по цезію-137. Внаслідок аварії на Чорнобильській АЕС велика територія земель зазнала радіоактивного забруднення. Розрахувати колективний радіаційний ризик, що може отримати населення при споживанні води та їжі на даній території.

Варіанти для розрахунків

№ п/п	РН	Продукти	а, Бк/л(кг)	ν, л(кг)/доб	t, роки	ε, Зв/Бк з водою та їжею	r _ε , люд/Зв	N, чол.
1	¹³⁷ Cs	Хлібобулочні вироби	20	0,3	10	1,3·10 ⁻⁸	7,3·10 ⁻²	10 ⁵
2	¹³⁷ Cs	Хлібобулочні вироби	30	0,2	5	1,3·10 ⁻⁸	7,3·10 ⁻²	10 ⁶
3	¹³⁷ Cs	Хлібобулочні вироби	40	0,1	3	1,3·10 ⁻⁸	7,3·10 ⁻²	10 ⁶
4	¹³⁷ Cs	Вода	2	2	6	1,3·10 ⁻⁸	7,3·10 ⁻²	10 ⁶
5	¹³⁷ Cs	Вода	11	3	15	1,3·10 ⁻⁸	7,3·10 ⁻²	10 ⁵
6	¹³⁷ Cs	Вода	20	2	10	1,3·10 ⁻⁸	7,3·10 ⁻²	10 ⁵
7	¹³⁷ Cs	Молоко	100	1	10	1,3·10 ⁻⁸	7,3·10 ⁻²	10 ⁵
8	¹³⁷ Cs	Молоко	150	0,5	5	1,3·10 ⁻⁸	7,3·10 ⁻²	10 ⁴
9	¹³⁷ Cs	Молоко	200	0,7	15	1,3·10 ⁻⁸	7,3·10 ⁻²	10 ⁵
10	¹³⁷ Cs	М'ясо	200	0,1	6	1,3·10 ⁻⁸	7,3·10 ⁻²	10 ⁴
11	¹³⁷ Cs	М'ясо	300	0,15	10	1,3·10 ⁻⁸	7,3·10 ⁻²	10 ⁵
12	¹³⁷ Cs	М'ясо	400	0,2	15	1,3·10 ⁻⁸	7,3·10 ⁻²	10 ⁴

Приклад розв'язуку варіанта №6:

1. $A = a \cdot M \cdot t = 20 \cdot 2 \cdot 365 \cdot 10 = 14,6 \cdot 10^4$ Бк;
2. $E = A \cdot \epsilon = 14,6 \cdot 10^4 \cdot 1,3 \cdot 10^{-8} = 1,9 \cdot 10^{-3}$ Зв;
3. $r = E \cdot r_{\epsilon} = 1,9 \cdot 10^{-3} \cdot 7,3 \cdot 10^{-2} = 1,4 \cdot 10^{-4}$ люд/Зв;
4. $K = E \cdot N = 1,9 \cdot 10^{-3} \cdot 10^5 = 189$;
5. $R = r \cdot K = 1,4 \cdot 10^{-4} \cdot 190 = 0,027$

Висновок: Результати обчислення підтверджують існування ризику загрози здоров'я населення від споживання води в зоні впливу АЕС. Отже, можна спостерігати 0,027 випадків прояву стохастичних ефектів зменшення тривалості життя в середньому на 10 років при вживанні води протягом одного року.

Відповіді до задач по цезію-137

№ п/п	РН	Продукти	А, Бк	Е, Зв	Г, люд/Зв	К	Р
1	¹³⁷ Cs	Хлібобулочні вироби	$2,19 \cdot 10^3$	$2,8 \cdot 10^{-4}$	$2,04 \cdot 10^{-5}$	28	$5,7 \cdot 10^{-4}$
2	¹³⁷ Cs	Хлібобулочні вироби	$1,1 \cdot 10^4$	$1,43 \cdot 10^{-4}$	$1,04 \cdot 10^{-5}$	143	$1,5 \cdot 10^{-3}$
3	¹³⁷ Cs	Хлібобулочні вироби	$4,4 \cdot 10^3$	$5,7 \cdot 10^{-5}$	$4,2 \cdot 10^{-6}$	57	$2,4 \cdot 10^{-4}$
4	¹³⁷ Cs	Вода	$8,7 \cdot 10^3$	$1,1 \cdot 10^{-4}$	$8,03 \cdot 10^{-6}$	110	$8,3 \cdot 10^{-4}$
5	¹³⁷ Cs	Вода	$1,8 \cdot 10^3$	$2,4 \cdot 10^{-3}$	$1,7 \cdot 10^{-4}$	240	$4,08 \cdot 10^{-4}$
6	¹³⁷ Cs	Вода	$14,6 \cdot 10^4$	$1,9 \cdot 10^{-3}$	$1,4 \cdot 10^{-4}$	190	$2,6 \cdot 10^{-2}$
7	¹³⁷ Cs	Молоко	$3,65 \cdot 10^5$	$4,74 \cdot 10^{-3}$	$3,46 \cdot 10^{-4}$	374	0,13
8	¹³⁷ Cs	Молоко	$1,37 \cdot 10^5$	$1,78 \cdot 10^{-3}$	$1,3 \cdot 10^{-4}$	18	$2,34 \cdot 10^{-3}$
9	¹³⁷ Cs	Молоко	$7,7 \cdot 10^5$	$9,9 \cdot 10^{-3}$	$7,2 \cdot 10^{-4}$	990	0,71
10	¹³⁷ Cs	М'ясо	$4,4 \cdot 10^4$	$5,7 \cdot 10^{-4}$	$4,16 \cdot 10^{-5}$	6	$2,5 \cdot 10^{-4}$
11	¹³⁷ Cs	М'ясо	$1,6 \cdot 10^5$	$2,1 \cdot 10^{-3}$	$1,56 \cdot 10^{-4}$	210	$3,3 \cdot 10^{-4}$
12	¹³⁷ Cs	М'ясо	$4,38 \cdot 10^5$	$5,7 \cdot 10^{-3}$	$4,16 \cdot 10^{-4}$	57	$2,37 \cdot 10^{-4}$

Задачі по стронцію-90. В ряді регіонів України після аварії на ЧАЕС рівень вмісту стронцію-90 міг перевищувати допустимий рівень. Розрахувати колективний радіаційний ризик, що може отримати населення при споживанні продуктів харчування на даній території.

Варіанти для розрахунків

№ п/п	РН	Продукти	а, Бк/л(кг)	ν, л(кг)/доб	t, роки	ε, Зв/Бк з водою та їжею	Г _ε , люд/Зв	N, чол.
1	⁹⁰ Sr	Молоко	20	0,6	5	$8 \cdot 10^{-8}$	$7,3 \cdot 10^{-2}$	10^5
2	⁹⁰ Sr	Молоко	50	0,5	10	$8 \cdot 10^{-8}$	$7,3 \cdot 10^{-2}$	10^5
3	⁹⁰ Sr	Молоко	15	1,0	8	$8 \cdot 10^{-8}$	$7,3 \cdot 10^{-2}$	10^4
4	⁹⁰ Sr	Молоко	8	0,75	6	$8 \cdot 10^{-8}$	$7,3 \cdot 10^{-2}$	10^5
5	⁹⁰ Sr	Сир твердий	85	0,01	10	$8 \cdot 10^{-8}$	$7,3 \cdot 10^{-2}$	10^6
6	⁹⁰ Sr	Сир плавлений	95	0,001	15	$8 \cdot 10^{-8}$	$7,3 \cdot 10^{-2}$	10^6
7	⁹⁰ Sr	Сир свіжий	10	0,2	10	$8 \cdot 10^{-8}$	$7,3 \cdot 10^{-2}$	10^5
8	⁹⁰ Sr	Масло	35	0,1	5	$8 \cdot 10^{-8}$	$7,3 \cdot 10^{-2}$	10^6
9	⁹⁰ Sr	Морозиво	18	0,08	10	$8 \cdot 10^{-8}$	$7,3 \cdot 10^{-2}$	10^4
10	⁹⁰ Sr	Вершки	15	0,01	8	$8 \cdot 10^{-8}$	$7,3 \cdot 10^{-2}$	10^6

Приклад розв'язку варіанта №1:

1. $A = a \cdot M \cdot t = 20 \cdot 0,6 \cdot 365 \cdot 5 = 21,9 \cdot 10^3$ Бк;

2. $E=A \cdot \varepsilon=21,9 \cdot 10^3 \cdot 8 \cdot 10^{-8}=1,75 \cdot 10^{-3} \text{Зв}$;
3. $r=E \cdot r_{\varepsilon}=1,75 \cdot 10^{-3} \cdot 7,3 \cdot 10^{-2}=1,3 \cdot 10^{-4} \text{люд/Зв}$;
4. $K=E \cdot N=1,75 \cdot 10^{-3} \cdot 10^5=175$;
5. $R=r \cdot K=1,3 \cdot 10^{-4} \cdot 175=0,023$

Висновок: Результати обчислення підтверджують існування ризику загрози здоров'я населення від споживання молока в зоні впливу АЕС. Отже, можна спостерігати 0,023 випадків прояву стохастичних ефектів зменшення тривалості життя в середньому на 5 років при вживанні молока протягом одного року.

Відповіді до задач по стронцію-90

№ п/п	РН	Продукти	А, Бк	Е, Зв	г, люд/Зв	К	Р
1	^{90}Sr	Молоко	$21,9 \cdot 10^3$	$1,75 \cdot 10^{-3}$	$1,3 \cdot 10^{-4}$	175	0,023
2	^{90}Sr	Молоко	$9,1 \cdot 10^4$	$7,3 \cdot 10^{-3}$	$5,3 \cdot 10^{-4}$	730	0,39
3	^{90}Sr	Молоко	$4,4 \cdot 10^4$	$3,5 \cdot 10^{-3}$	$2,5 \cdot 10^{-4}$	35	$8,7 \cdot 10^{-3}$
4	^{90}Sr	Молоко	$1,3 \cdot 10^4$	$1,5 \cdot 10^{-3}$	$1,1 \cdot 10^{-4}$	150	$1,6 \cdot 10^{-2}$
5	^{90}Sr	Сир твердий	$3,1 \cdot 10^3$	$2,5 \cdot 10^{-4}$	$1,8 \cdot 10^{-5}$	250	$4,5 \cdot 10^{-3}$
6	^{90}Sr	Сир плавлений	$0,5 \cdot 10^3$	$4 \cdot 10^{-5}$	$2,9 \cdot 10^{-6}$	40	$1,2 \cdot 10^{-4}$
7	^{90}Sr	Сир свіжий	$7,3 \cdot 10^3$	$5,8 \cdot 10^{-4}$	$4,3 \cdot 10^{-5}$	58	$2,5 \cdot 10^{-3}$
8	^{90}Sr	Масло	$6,4 \cdot 10^3$	$5,1 \cdot 10^{-4}$	$3,7 \cdot 10^{-5}$	510	$1,9 \cdot 10^{-2}$
9	^{90}Sr	Морозиво	$5,2 \cdot 10^3$	$4,2 \cdot 10^{-4}$	$3,1 \cdot 10^{-5}$	4	$1,2 \cdot 10^{-4}$
10	^{90}Sr	Вершки	$0,4 \cdot 10^3$	$3,5 \cdot 10^{-5}$	$2,5 \cdot 10^{-6}$	35	$8,7 \cdot 10^{-5}$

Задачі по кобальту-60. В результаті розгерметизації оболочки гамма-дефектоскопа на стапелі збірки корпусу корабля, на верфі в повітря потрапив кобальт-60. У зв'язку з не проведенням моніторингу повітря, робочий персонал дихав даним повітрям. Розрахувати колективний радіаційний ризик

Варіанти для розрахунків

№ п/п	РН	а, Бк/м ³	v, л/доб	t, дні	ε, Зв/Бк з повітрям	r _ε , люд/Зв	N, чол.
1	^{60}Co	150	10	2	$1,2 \cdot 10^{-8}$	$5,6 \cdot 10^{-2}$	10^3
2	^{60}Co	200	15	4	$1,2 \cdot 10^{-8}$	$5,6 \cdot 10^{-2}$	10^3
3	^{60}Co	300	20	3	$1,2 \cdot 10^{-8}$	$5,6 \cdot 10^{-2}$	10^4
4	^{60}Co	550	10	1	$1,2 \cdot 10^{-8}$	$5,6 \cdot 10^{-2}$	10^3
5	^{60}Co	250	20	2	$1,2 \cdot 10^{-8}$	$5,6 \cdot 10^{-2}$	10^3

Приклад розв'язку варіанта №1:

1. $A=a \cdot M \cdot t=150 \cdot 10 \cdot 2=3 \cdot 10^3 \text{ Бк}$;
2. $E=A \cdot \varepsilon=3 \cdot 10^3 \cdot 1,2 \cdot 10^{-8}=3,6 \cdot 10^{-5} \text{ Зв}$;

$$3. r = E \cdot r_{\varepsilon} = 3,6 \cdot 10^{-5} \cdot 5,6 \cdot 10^{-2} = 2,01 \cdot 10^{-6} \text{ люд/Зв};$$

$$4. K = E \cdot N = 3,6 \cdot 10^{-5} \cdot 10^3 = 0,036;$$

$$5. R = r \cdot K = 2,01 \cdot 10^{-6} \cdot 0,036 = 7,2 \cdot 10^{-8};$$

Висновок: Результати обчислення показують, що при даних умовах не існує загроза здоров'ю робочого персоналу, оскільки індивідуальний ризик знаходиться в верхній межі. Отже, випадки прояву стохастичних ефектів складають всього $7,2 \cdot 10^{-8}$.

Відповіді до задач по кобальту-60

№ п/п	РН	A, Бк	E, Зв	r, люд/Зв	K	R
1	^{60}Co	$3 \cdot 10^3$	$3,6 \cdot 10^{-5}$	$2,01 \cdot 10^{-6}$	0,036	$7,2 \cdot 10^{-8}$
2	^{60}Co	$1,2 \cdot 10^4$	$1,44 \cdot 10^{-4}$	$8,06 \cdot 10^{-6}$	0,144	$1,1 \cdot 10^{-6}$
3	^{60}Co	$1,8 \cdot 10^4$	$2,2 \cdot 10^{-4}$	$1,2 \cdot 10^{-5}$	2,2	$2,64 \cdot 10^{-5}$
4	^{60}Co	$5,5 \cdot 10^3$	$6,6 \cdot 10^{-5}$	$3,69 \cdot 10^{-6}$	0,066	$2,4 \cdot 10^{-7}$
5	^{60}Co	$1 \cdot 10^4$	$1,2 \cdot 10^{-4}$	$6,7 \cdot 10^{-6}$	0,12	$8,04 \cdot 10^{-7}$

Задачи по радону-222. Наявність радону в будівельних матеріалах підвищує радіаційний фон. Чому буде рівний колективний ризик, якщо з даних матеріалів буде побудовано будинок і в ньому проживатимуть люди.

Варіанти для розрахунків

№ п/п	РН	a, Бк/м ³	v, л/доб	t, роки	ε, Зв/Бк	r _ε , люд/Зв	N, чол.
1	^{222}Rn	200	20	20	$4,3 \cdot 10^{-9}$	$7,3 \cdot 10^{-2}$	$2 \cdot 10^4$
2	^{222}Rn	180	18	18	$4,3 \cdot 10^{-9}$	$7,3 \cdot 10^{-2}$	$3 \cdot 10^4$
3	^{222}Rn	210	21	20	$4,3 \cdot 10^{-9}$	$7,3 \cdot 10^{-2}$	$2 \cdot 10^4$
4	^{222}Rn	150	15	15	$4,3 \cdot 10^{-9}$	$7,3 \cdot 10^{-2}$	$2 \cdot 10^4$
5	^{222}Rn	120	12	10	$4,3 \cdot 10^{-9}$	$7,3 \cdot 10^{-2}$	$2 \cdot 10^4$

Приклад розв'язку варіанта №1:

$$1. A = a \cdot M \cdot t = 200 \cdot 20 \cdot 20 \cdot 365 = 2,9 \cdot 10^7 \text{ Бк};$$

$$2. E = A \cdot \varepsilon = 2,9 \cdot 10^7 \cdot 4,3 \cdot 10^{-9} = 0,12 \text{ Зв};$$

$$3. r = E \cdot r_{\varepsilon} = 0,12 \cdot 7,3 \cdot 10^{-2} = 0,87 \cdot 10^{-2} \text{ люд/Зв};$$

$$4. K = E \cdot N = 0,12 \cdot 2 \cdot 10^4 = 2400;$$

$$5. R = r \cdot K = 0,87 \cdot 10^{-2} \cdot 2400 = 20,88;$$

Висновок: Результати обчислення підтверджують існування ризику загрози здоров'ю населення від проживання людей в будинках, що мають підвищений радіаційний фон. Отже, можна спостерігати 20,88 випадків прояву стохастичних ефектів зменшення тривалості життя в середньому на 20 років при проживанні в даних будівлях один рік.

Відповіді до задач по радону-222

№ п/п	РН	A, Бк	E, Зв	г, люд/Зв	K	R
1	²²² Rn	$2,9 \cdot 10^7$	0,12	0,0087	2400	20,88
2	²²² Rn	$2,1 \cdot 10^7$	0,09	0,0066	2700	17,82
3	²²² Rn	$3,2 \cdot 10^7$	0,14	0,01	2800	28
4	²²² Rn	$1,23 \cdot 10^7$	0,05	0,0036	1000	3,6
5	²²² Rn	$5,2 \cdot 10^6$	0,02	0,001	400	0,4

Задачі по цезію-137 Коефіцієнт перенесення цезію-137 (L) з лісового ґрунту в гриби можна прийняти 0,5 (Бк/кг)/м². Середній рівень забруднення лісу на Поліссі після аварії на ЧАЕС коливається від 10 до 20 Кі/км². Розрахувати колективний радіаційний ризик.

Варіанти для розрахунків

№ п/п	РН	L, (Бк/кг)/м ²	w, Кі/км ²	m, кг/рік	t, роки	ε, Зв/Бк	r _ε , люд/Зв	N, чол.
1	¹³⁷ Cs	0,5	10	4	10	$1,3 \cdot 10^{-8}$	$7,3 \cdot 10^{-2}$	10 ⁵
2	¹³⁷ Cs	0,5	20	3	15	$1,3 \cdot 10^{-8}$	$7,3 \cdot 10^{-2}$	10 ⁴
3	¹³⁷ Cs	0,5	12	4	5	$1,3 \cdot 10^{-8}$	$7,3 \cdot 10^{-2}$	10 ³
4	¹³⁷ Cs	0,5	10	5	20	$1,3 \cdot 10^{-8}$	$7,3 \cdot 10^{-2}$	10 ⁴
5	¹³⁷ Cs	0,5	15	3	15	$1,3 \cdot 10^{-8}$	$7,3 \cdot 10^{-2}$	10 ³

Приклад розв'язку варіанта №1:

- $a = L \cdot w = 0,5 \cdot 10 = 1,85 \cdot 10^5$ Бк/кг;
- $A = a \cdot M \cdot t = 1,85 \cdot 10^5 \cdot 4 \cdot 10 = 7,4 \cdot 10^6$ Бк;
- $E = A \cdot \epsilon = 7,4 \cdot 10^6 \cdot 1,3 \cdot 10^{-8} = 9,6 \cdot 10^{-2}$ Зв;
- $r = E \cdot r_\epsilon = 9,6 \cdot 10^{-2} \cdot 7,3 \cdot 10^{-2} = 7 \cdot 10^{-3}$ люд/Зв;
- $K = E \cdot N = 9,6 \cdot 10^{-2} \cdot 10^5 = 9600$;
- $R = r \cdot K = 7 \cdot 10^{-3} \cdot 9600 = 67,2$;

Висновок: Результати обчислення підтверджують існування ризику загрози здоров'я населення від споживання грибів в зоні впливу АЕС. Отже, можна спостерігати 67,2 випадків прояву стохастичних ефектів зменшення тривалості життя в середньому на 10 років при вживанні води протягом одного року.

Відповіді до задач по цезію-137

№ п/п	РН	a, Бк/кг	A, Бк	E, Зв	г, люд/Зв	K	R
1	¹³⁷ Cs	$1,85 \cdot 10^5$	$7,4 \cdot 10^6$	$9,6 \cdot 10^{-2}$	$7 \cdot 10^{-3}$	9600	67,2
2	¹³⁷ Cs	$3,7 \cdot 10^5$	$1,6 \cdot 10^7$	0,22	$1,6 \cdot 10^{-2}$	2200	35,2
3	¹³⁷ Cs	$2,2 \cdot 10^5$	$4,4 \cdot 10^6$	$5,7 \cdot 10^{-2}$	$4,2 \cdot 10^{-3}$	57	0,23
4	¹³⁷ Cs	$1,85 \cdot 10^5$	$1,85 \cdot 10^7$	0,24	$1,75 \cdot 10^{-2}$	2400	42
5	¹³⁷ Cs	$2,8 \cdot 10^5$	$1,26 \cdot 10^7$	0,16	$1,2 \cdot 10^{-2}$	160	1,92

БЛОК 7. МЕДИЧНА РАДІОБІОЛОГІЯ

Умови оформлення задач на визначення ефективних доз опромінення пацієнтів під час проведення рентгенологічних досліджень

1. Умова задачі.
2. Параметри рентгенологічного дослідження:

Дано:

- розмір поля,
- фокусна відстань,
- напруга при якій проводилися дослідження,
- допоміжний фільтр,
- експозиція,
- виміряне значення добутку дози на площу,
- дозовий коефіцієнт K_d , який відповідає умові задачі,
- дозовий коефіцієнт K_e , який відповідає умові задачі.

3. Розв'язок з поясненням.

4. Відповідь.

Розрахунок ефективної дози опромінення пацієнтів під час проведення рентгенологічних досліджень проводити використовуючи дані таблиць 14, 15, 16 згідно умови задачі.

Умови оформлення задач на визначення ефективної дози опромінення пацієнтів під час проведення комп'ютерної томографії

1. Умова задачі.

2. Вихідні дані:

Дано:

- значення $nCTDI_w$;
- ширина скана;
- кількість сканів;
- значення mAs на один скан.

3. Розв'язок з поясненням.

4. Відповідь.

Розрахунок ефективної дози опромінення пацієнтів під час проведення комп'ютерної томографії проводити використовуючи дані таблиці 16, 17 згідно умови задачі.

СПИСОК ЗАДАЧ

Задачі на визначення ефективної дози опромінення пацієнтів під час проведення рентгенологічних досліджень розв'язати за допомогою 2-х методів: вимірювання добутку дози на площу та вимірювання радіаційного виходу рентгенівського випромінювача.

1. Рентгенівський апарат EDR-750 В обладнаний прохідною іонізаційною камерою клінічного рентгенівського дозиметра ДРК-1. Пацієнту віком 45 років для уточнення діагнозу провели рентгеноскопію легенів в передній проекції. Визначити ефективну дозу отриману пацієнтом під час дослідження.

2. Хворому 13 років з діагнозом «перелом ключиці» зробили рентгенографію ключиці в передній проекції на 2-му робочому місці рентгенівського апарату РУМ-20 М. Яку ефективну дозу отримав хворий під час дослідження?

3. Рентгенівський апарат Image X System обладнаний прохідною іонізаційною камерою універсального діагностичного дозиметра РТW-NOMEX. Пацієнту віком 7 років провели рентгенографію шлунка в боковій проекції. Визначити ефективну дозу отриману пацієнтом під час дослідження.

4. Пацієнту віком 2,5 роки на третьому робочому місці апарату РЕНЕКС провели рентгенографію грудного відділу хребта в передній проекції. Яку ефективну дозу отримав хворий під час дослідження?

5. На рентгенівському апараті РУМ-20 М пацієнту віком 5 місяців для уточнення діагнозу провели рентгенографію черепу в задній проекції. Визначити ефективну дозу отриману пацієнтом під час дослідження.

6. Рентгенівський апарат Image X System обладнаний прохідною іонізаційною камерою універсального діагностичного дозиметра РТW-NOMEX. Пацієнту віком 16 років для уточнення діагнозу провели рентгенографію шлунка в боковій проекції. Визначити ефективну дозу отриману пацієнтом під час дослідження.

7. На рентгенівському апараті РЕНЕКС пацієнту віком 10 років провели рентгеноскопію шлунка в передній проекції. Визначити ефективну дозу отриману пацієнтом під час дослідження.

8. На рентгенівському апараті EDR-750 В обладнаному прохідною іонізаційною камерою клінічного рентгенівського дозиметра ДРК-1 пацієнту віком 4 роки провели рентгенографію шлунка в задній проекції. Визначити ефективну дозу отриману пацієнтом під час дослідження.

9. Хворому 2 роки зробили рентгенографію шийного відділу хребта в задній проекції на 1-му робочому місці рентгенівського апарату РУМ-20 М. Яку ефективну дозу отримав хворий під час дослідження?

10. Рентгенівський апарат Image X System обладнаний прохідною іонізаційною камерою універсального діагностичного дозиметра РТW-NOMEX. Пацієнту віком 3 місяці для уточнення діагнозу провели рентгенографію легенів в задній проекції. Визначити ефективну дозу отриману пацієнтом під час дослідження.

11. На рентгенівському апараті РЕНЕКС пацієнту віком 67 років провели рентгенографію легенів в передній проекції. Визначити ефективну дозу отриману пацієнтом під час дослідження.

12. На рентгенівському апараті EDR-750 В обладнаному прохідною іонізаційною камерою клінічного рентгенівського дозиметра ДРК-1 пацієнту віком 19 років провели рентгенографію шлунка в передній проекції. Визначити ефективну дозу отриману пацієнтом під час дослідження.

13. На рентгенівському апараті РУМ-20 М пацієнту віком 11 років для уточнення діагнозу провели рентгенографію шлунка в боковій проекції. Визначити ефективну дозу отриману пацієнтом під час дослідження.

14. Рентгенівський апарат Image X System обладнаний прохідною іонізаційною камерою універсального діагностичного дозиметра РТW-NOMEX. Пацієнту віком 6 років для уточнення діагнозу провели рентгенографію кишечника в задній проекції. Визначити ефективну дозу отриману пацієнтом під час дослідження.

15. На рентгенівському апараті РЕНЕКС пацієнту віком 5 років провели рентгеноскопію кишечника в передній проекції. Визначити ефективну дозу отриману пацієнтом під час дослідження.

16. Рентгенівський апарат EDR-750 В обладнаний прохідною іонізаційною камерою клінічного рентгенівського дозиметра ДРК-1. Пацієнту віком 3 роки для уточнення діагнозу провели рентгенографію грудного відділу хребта в боковій проекції. Визначити ефективну дозу отриману пацієнтом під час дослідження.

17. На рентгенівському апараті РУМ-20 М пацієнту віком 4 місяці для уточнення діагнозу провели рентгенографію легенів в боковій проекції. Визначити ефективну дозу отриману пацієнтом під час дослідження.

18. Хворому 35 років з діагнозом «черепно-мозкова травма» зробили рентгенографію черепа в боковій проекції на рентгенівському

апараті Image X System. Яку ефективну дозу отримав хворий під час дослідження?

19. Пацієнту віком 15 років на третьому робочому місці апарату РЕНЕКС провели рентгеноскопію кишечника в задній проекції. Яку ефективну дозу отримав хворий під час дослідження?

20. На рентгенівському апараті EDR-750 В обладнаному прохідною іонізаційною камерою клінічного рентгенівського дозиметра ДРК-1 пацієнту віком 9 років провели рентгенографію шлунка в передній проекції. Визначити ефективну дозу отриману пацієнтом під час дослідження.

21. Хворому 10 років з діагнозом «перелом стегна» зробили рентгенографію стегна в задній проекції на 2-му робочому місці рентгенівського апарату РУМ-20 М. Яку ефективну дозу отримав хворий під час дослідження?

22. Рентгенівський апарат Image X System обладнаний прохідною іонізаційною камерою універсального діагностичного дозиметра РТW-NOMEX. Пацієнту віком 1,5 роки для уточнення діагнозу провели рентгенографію шийного відділу хребта в боковій проекції. Визначити ефективну дозу отриману пацієнтом під час дослідження.

23. На рентгенівському апараті РЕНЕКС пацієнту віком 3 роки провели рентгенографію стегна в передній проекції. Визначити ефективну дозу отриману пацієнтом під час дослідження.

Задачі на визначення ефективної дози опромінення пацієнтів під час проведення комп'ютерної томографії

1. Хворому віком 45 років з метою уточнення діагнозу зробили комп'ютерну томографію головного мозку. Яку ефективну дозу опромінення отримав пацієнт під час дослідження?

2. Пацієнту з діагнозом «перелом тіл хребта» віком 18 років зробили комп'ютерну томографію хребта. Визначити ефективну дозу отриману пацієнтом під час дослідження.

3. Пацієнту віком 15 років із травмою стегна зробили комп'ютерну томографію гематоми, яка з'явилася внаслідок травми. Яку ефективну дозу опромінення отримав пацієнт під час дослідження?

4. Пацієнту віком 32 роки з діагнозом «меніск колінного суглобу» для уточнення діагнозу зробили комп'ютерну томографію. Визначити ефективну дозу отриману пацієнтом під час дослідження.

5. Хворому віком 2 роки для уточнення діагнозу «пухлина мозку» зробили комп'ютерну томографію. Яку ефективну дозу опромінення отримав пацієнт під час дослідження?

6. Хворому віком 23 років з метою уточнення діагнозу зробили комп'ютерну томографію головного мозку. Яку ефективну дозу опромінення отримав пацієнт під час дослідження?

7. Пацієнту з діагнозом «перелом тіл хребта» віком 12 років зробили комп'ютерну томографію хребта. Визначити ефективну дозу отриману пацієнтом під час дослідження.

8. Пацієнту віком 29 років із травмою стегна зробили комп'ютерну томографію гематоми, яка з'явилася внаслідок травми. Яку ефективну дозу опромінення отримав пацієнт під час дослідження?

9. Пацієнту віком 14 роки з діагнозом «меніск колінного суглобу» для уточнення діагнозу зробили комп'ютерну томографію. Визначити ефективну дозу отриману пацієнтом під час дослідження.

10. Хворому віком 0,8 місяців для уточнення діагнозу «пухлина мозку» зробили комп'ютерну томографію. Яку ефективну дозу опромінення отримав пацієнт під час дослідження?

11. Хворому віком 10 років з метою уточнення діагнозу зробили комп'ютерну томографію головного мозку. Яку ефективну дозу опромінення отримав пацієнт під час дослідження?

12. Пацієнту з діагнозом «перелом тіл хребта» віком 38 років зробили комп'ютерну томографію хребта. Визначити ефективну дозу отриману пацієнтом під час дослідження.

13. Пацієнту віком 4 років із травмою стегна зробили комп'ютерну томографію гематоми, яка з'явилася внаслідок травми. Яку ефективну дозу опромінення отримав пацієнт під час дослідження?

14. Пацієнту віком 21 роки з діагнозом «меніск колінного суглобу» для уточнення діагнозу зробили комп'ютерну томографію. Визначити ефективну дозу отриману пацієнтом під час дослідження.

15. Хворому віком 42 роки для уточнення діагнозу «пухлина мозку» зробили комп'ютерну томографію. Яку ефективну дозу опромінення отримав пацієнт під час дослідження?

16. Хворому віком 35 років з метою уточнення діагнозу зробили комп'ютерну томографію головного мозку. Яку ефективну дозу опромінення отримав пацієнт під час дослідження?

17. Пацієнту з діагнозом «перелом тіл хребта» віком 21 років зробили комп'ютерну томографію хребта. Визначити ефективну дозу отриману пацієнтом під час дослідження.

18. Пацієнту віком 37 років із травмою стегна зробили комп'ютерну томографію гематоми, яка з'явилася внаслідок травми. Яку ефективну дозу опромінення отримав пацієнт під час дослідження?

19. Пацієнту віком 16 роки з діагнозом «меніск колінного суглобу» для уточнення діагнозу зробили комп'ютерну томографію. Визначити ефективну дозу отриману пацієнтом під час дослідження.

20. Хворому віком 24 роки для уточнення діагнозу «пухлина мозку» зробили комп'ютерну томографію. Яку ефективну дозу опромінення отримав пацієнт під час дослідження?

21. Хворому віком 3 років з метою уточнення діагнозу зробили комп'ютерну томографію головного мозку. Яку ефективну дозу опромінення отримав пацієнт під час дослідження?

22. Пацієнту віком 42 років із травмою стегна зробили комп'ютерну томографію гематоми, яка з'явилася внаслідок травми. Яку ефективну дозу опромінення отримав пацієнт під час дослідження?

23. Хворому віком 4,2 роки для уточнення діагнозу «пухлина мозку» зробили комп'ютерну томографію. Яку ефективну дозу опромінення отримав пацієнт під час дослідження?

Ситуаційні задачі

1. При ліквідуванні наслідків радіаційної аварії у рентгенівському кабінеті лікар-рентгенолог отримав дозу 200 мЗв. Надалі він планує продовжити роботу. Яке рішення може бути прийняте адміністрацією установи з точки зору санітарного законодавства?

2. Жінка, яка працювала лікарем-рентгенологом, на другому місяці вагітності була переведена адміністрацією на роботу, що не пов'язана з іонізуючим випромінюванням. Жінка висловила незгоду. Чи є правомірними дії адміністрації?

3. У рентгенівський кабінет прийшла жінка 38 років з направленням на рентгенографію кульшового суглобу. Попередній діагноз «артроз кульшового суглобу». Які дії лікаря-рентгенолога з точки зору радіаційної безпеки?

4. Хлопчик 5 років направлений до рентгенівського кабінету для проведення рентгенографії грудної клітини. В направленні дільничного лікаря вказано «обстеження». Які дії лікаря-рентгенолога?

5. При проведенні чергового медичного огляду у особи з персоналу групи А виявлено онкологічне захворювання. Яких дій повинна вжити адміністрація установи?

6. До рентгенівського кабінету доставлена жінка з переломами тазових кісток без відповідних супроводжуючих документів. Назвіть дії лікаря-рентгенолога.

7. Відповідно направленню лікаря-ортопеда хлопчику 1,5 роки необхідно провести рентгенографію кульшового суглобу. Які заходи безпеки повинні здійснюватися при виконанні цього дослідження?

8. Жінці 40 років під час влаштування на роботу в дитячу установу за направленням лікаря проведена рентгенографія грудної клітини с метою профілактики. Надалі встановлено, що в момент проведення дослідження жінка була вагітна. Хто із спеціалістів несе відповідальність за виконане дослідження?

9. За результатами дозиметричного контролю лікар-рентгенолог отримав дозу за рік 35 мЗв. Як слід оцінити отриману дозу та яких заходів слід запобігти?

Довідковий матеріал для рішення задач

Питання радіаційної безпеки пацієнтів при проведенні рентгенодіагностичних досліджень відображених в наступних документах:

– Нормах радіаційної безпеки (НРБ 99) СП 2.6.1.758-99 – основний документ в області нормування опромінення населення;

– Основних санітарних правил забезпечення радіаційної безпеки (ОСПОРБ-99) - СП 2.6.1.799-99 – документ, що визначає порядок забезпечення радіаційної безпеки при медичному опроміненні;

– Санітарні правила та нормативи СанПин 2.6.1.1192-03 «Гигиенические требования к устройству и эксплуатации рентгеновских кабинетов, аппаратов и проведению рентгенологических исследований» - нормативний документ, що встановлює основні принципи, вимоги та норми по забезпеченню захисту пацієнтів при проведенні рентгенодіагностичних досліджень.

Для вірного рішення задачі необхідно скористатися посиланням на нормативні документи (табл. 18).

ТЕСТИ

Частина I

За кожну вірну відповідь 1 бал

1. Знайдіть відповідність між поняттям фізичної величини дози та її визначенням:

- | | |
|----------------------|--|
| 1) експозиційна доза | а) відношенням середньої енергії, переданої випромінюванням речовині в елементарному об'ємі до маси речовини в цьому об'ємі; |
| визначається: | |
| 2) поглинена доза | б) відношення сумарного електричного заряду всіх іонів одного знаку, утворених в елементарному об'ємі повітря, до маси повітря в цьому об'ємі; |
| визначається: | |
| 3) еквівалентна доза | в) мірою ризику виникнення негативних наслідків опромінення всього тіла людини і окремих його органів з урахуванням їх радіочутливості; |
| визначається: | |
| 4) ефективна доза | г) добуток поглиненої дози опромінення органа або тканини на відповідний зважуючий коефіцієнт для даного виду випромінювання. |
| визначається: | |

2. Знайдіть відповідність між поняттям радіаційної величини та її правильним визначенням:

- | | |
|----------------------|-------|
| 1) експозиційна доза | а) Н; |
| визначається: | б) X; |
| 2) поглинена доза | в) Е; |
| визначається: | г) Д. |
| 3) еквівалентна доза | |
| визначається: | |
| 4) ефективна доза | |
| визначається: | |

3. Знайдіть відповідність між радіаційною величиною і відповідною одиницею вимірювання:

- | | |
|------------------------------------|-----------|
| 1) експозиційна доза визначається: | а) Гр; |
| 2) поглинена доза визначається: | б) Зв; |
| 3) еквівалентна доза визначається: | в) Кл/кг. |
| 4) ефективна доза визначається: | |

4. Знайдіть відповідність між приставкою для утворення кратних одиниць системи СІ і числовим значенням:

- | | |
|-------------|----------------|
| 1) Тера, Т; | а) 10^3 ; |
| 2) Гіга, Г; | б) 10^6 ; |
| 3) Мега, М; | в) 10^9 ; |
| 4) Кіло, к; | г) 10^{12} ; |
| 5) Мілі, м. | д) 10^{-3} . |

Частина II

Виберіть одну найбільш повну правильну відповідь. За кожен вірну відповідь 2 бали

1. Зважуючі коефіцієнти для окремих видів іонізуючого випромінювання використовують при розрахунку:

- а) експозиційної дози;
- б) поглиненої дози;
- в) еквівалентної дози;
- г) ефективної дози.

2. Зважуючі коефіцієнти для тканин і органів використовують при розрахунку:

- а) експозиційної дози;
- б) поглиненої дози;
- в) еквівалентної дози;
- г) ефективної дози.

3. Максимальне значення зваженого коефіцієнта встановлено для:

- а) грудної залози;
- б) щитовидної залози;
- в) легень;
- г) гонад;
- д) кістково червоного мозку.

4. Для визначення середнього значення потужності дози необхідно дозу опромінення:

- а) скласти з часом експозиції;
- б) розділити на час експозиції;
- в) помножити на час експозиції.

5. Біологічний ефект опромінення залежить від:

- а) отриманої дози;
- б) реактивності організму;
- в) часу опромінення, інтервалів між опроміненням;
- г) розмірів і локалізації опроміненої поверхні;
- д) все перераховане вірно.

6. Радіаційний медичний ефект це:

- а) загибель опромінених експериментальних тварин;
- б) інактивація клітин органів і тканин;
- в) зміни в стані здоров'я людини, опроміненої по різних причинах;
- г) радіогенні раки у лабораторних тваринах, натравлених радіостронцієм.

7. Радіаційні медичні ефекти поділяються на:

- а) стохастичні і детерміновані;
- б) порогові і безпорогові;
- в) не безпосередні, найближчі і віддалені;
- г) стохастичні і детерміновані, порогові і безпорогові, найближчі і віддалені, локальні і загальні.

8. Малі дози опромінення характеризуються:

- а) рівнем радіаційного впливу;
- б) індивідуальним ризиком виникнення стохастичних ефектів;
- в) колективним ризиком виникнення стохастичних ефектів;
- г) ефективними дозами;
- д) все перераховане вірно.

9. Стохастичні радіаційні медичні ефекти це:

- а) вроджені вади у новонароджених;
- б) генетично обумовлені вроджені вади;
- в) всі радіаційно індуковані онкологічні захворювання і генетичні ефекти;
- г) різні порушення здоров'я, викликані впливом випромінювання.

10. Радіаційно генетичний ризик це:

- а) вірогідність появи у нащадка опроміненої людини генетичного дефекту;
- б) частота проявлення генетичних дефектів в групі нащадків опромінених людей;
- в) вірогідність появи у нащадка опроміненої людини генетичного дефекту або очікувана частота появи генетичних дефектів в групі нащадків опромінених людей;
- г) небезпека радіаційного мутагенезу.

11. Опромінення в межах, установлених Норм радіаційної безпеки (НРБ - 99):

- а) виключає виникнення променевих лейкозів;
- б) може привести до появи променевої катаракти;
- в) не приведе до появи променевої катаракти;
- г) не приведе до появи променевої хвороби;

д) не приведе до появи променевої катаракти і променевої хвороби.

12. Ефективна доза для персоналу групи А в відповідності з НРБ-99 не повинна перевищувати:

а) 50 мЗв в рік в середньому за різні послідовні 5 років, але не більше 50 мЗв в рік;

б) 20 мЗв за рік;

в) 20 мЗв в середньому за різні послідовні 5 років;

г) 50 мЗв в рік в середньому за різні послідовні 5 років, але не більше 20 мЗв в рік;

д) 2 мЗв в рік в середньому за різні послідовні 5 років, але не більше 50 мЗв в рік.

13. Радіаційний вихід рентгенівського апарату на певній відстані до об'єкта залежить від:

а) величини напруги;

б) сили струму;

в) фільтрації пучка;

г) величини напруги і сили струму.

14. В рентгенівському кабінеті є наступні небезпечні і шкідливі фактори:

а) рентгенівське випромінювання;

б) прискорені електрони;

в) нейтронне випромінювання;

г) ультрафіолетове випромінювання;

д) гамма-випромінювання.

15. Ефективна доза у пацієнта при рентгенологічних дослідженнях не визначається шляхом:

а) прямих вимірювань в момент дослідження;

б) вимірювання поглиненої дози з наступним розрахунком;

в) вимірювання еквівалентної дози з наступним розрахунком;

г) вимірювання експозиційної дози з наступним розрахунком;

д) реєстрація експозиції з наступним розрахунком.

16. Основними принципами радіаційної безпеки пацієнтів є:

а) ризик відмови від проведення дослідження повинен бути більше ризику його проведення;

б) доза, отримана при дослідженні, повинна бути настільки мала, наскільки це можливо для отримання необхідної діагностики інформації;

в) при профілактичних дослідженнях річна ефективна доза не повинна перевищувати 1 мЗв;

г) все перераховане вірно.

Частина III

Вставити пропущено слово. За кожен вірну відповідь 1 бал

1. Зменшення ефективності опромінення в разі передавання дози кількома порціями через певні часові інтервали називають _____ (2 сл.).
2. Для послаблення летального ефекту опромінення організму, в організм перед опромінюванням вводять спеціальні хімічні сполуки, які мають назву _____ (1 сл.), а сам процес послаблення ураження називається хімічним захистом.
3. Головною причиною, яка викликає репродуктивну загибель клітин, вважають _____ (2 сл.).
4. Механізм поглинання енергії молекулами залежить від _____ (2 сл.).
5. Головна відмінність кумулятивних реакцій клітин на опромінення від летальних реакцій клітин на опромінення полягає у тому, що при кумулятивних реакціях _____ (2 сл.) збільшує ступінь прояву реакції, а не кількість клітин, які реагують, а при летальних реакціях при _____ (2 сл.) зростає кількість клітин, які гинуть.

ТЕСТИ

1. Під визначення радіаційної аварії підпадає наступний вираз (відмітити невірне):

- а) втрата регулюючого контролю над джерелом;
- б) заплановане підвищення опромінення персоналу об'єкту;
- в) крадіжки поодиноких закритих джерел гамма-випромінювання;
- г) реальне або потенційне опромінення людей, пов'язане з втратою регулюючого контролю над джерелом;

2. До основних груп радіаційних аварій відносять такі вирази: (відмітити зайве):

- а) аварії, що не супроводжуються радіоактивним забрудненням виробничих приміщень;
- б) аварії, що супроводжуються радіоактивним забрудненням середовища виробничої діяльності і проживання людей;
- в) аварії, внаслідок яких втрата регулюючого контролю над джерелом супроводжується додатковим опроміненням людини;
- г) транскордонна радіаційна аварія, в яку не утягується виробниче приміщення і персонал

3. За масштабом радіаційні аварії підрозділяються на (відмітити невірний вираз):

- а) комунальні;
- б) зональні;
- в) транскордонні;
- г) локальні;

4. До комунальних радіаційних аварій відносяться аварії, коли в зоні аварії проживає:

- а) до 1000 чоловік населення;
- б) до 10000 чоловік населення;
- в) до 5000 чоловік населення;
- г) до 100 чоловік населення;

5. До регіональних радіаційних аварій відносяться аварії (відмітити зайве):

- а) коли в зоні аварії проживає до 1000 чоловік населення;
- б) коли в зоні аварії проживає до 100 чоловік населення;
- в) коли в зоні аварії при яких в зоні аварії опиняються території декількох населених пунктів;
- г) коли в зоні аварії проживає більше 10000 чоловік населення;

6. До глобальних радіаційних аварій відносяться аварії (відмітити невірний вираз):

- а) в зоні аварії проживає населення до 1000 чоловік населення;

- б) комунальні аварії;
- в) коли в зоні аварії проживає населення до 5000 чоловік;
- г) трансграничні аварії;

7. До аварій другої групи (групи Б) відносять аварії (відмітити невірний вираз):

- а) аварії на об'єктах, де проводяться роботи в радіоактивними речовинами у відкритому вигляді;
- б) аварії внаслідок розгерметизації закритих джерел гамма-випромінювання;
- в) аварії на об'єктах ядерно-енергетичного циклу, внаслідок яких не відбувається забруднення проммайданчику об'єкту;
- г) внаслідок розгерметизації закритих джерел альфа-випромінювання;

8. Фази радіаційної аварії (відмітити зайве):

- а) середня;
- б) рання;
- в) мобільна;
- г) пізня;

9. До складу аварійного персоналу входить (відмітити невірне):

- а) медичний персонал;
- б) основний персонал;
- в) залучений персонал;
- г) найманий персонал;

10. Заплановане підвищення опромінення осіб аварійного персоналу не повинне перевищувати:

- а) 100 мЗв;
- б) 50 мЗв;
- в) 10 мЗв;
- г) 150 мЗв;

11. Контрзаходи в умовах радіаційних аварій поділяються на:

- а) опосередковані;
- б) прямі;
- в) безпосередні;
- г) непрямі;

12. Які контрзаходи спрямовані на відведення детерміністичних ефектів:

- а) термінові;
- б) довгострокові;
- в) невідкладні;
- г) непрямі;

13. Контрзаходи, спрямовані на відвернення доз хронічного опромінення:

- а) термінові;
- б) довгострокові;
- в) невідкладні;
- г) непрямі;

14. Контрзаходи, спрямовані на відвернення рівнів доз гострого опромінення:

- а) термінові;
- б) довгострокові;
- в) невідкладні;
- г) непрямі;

15. Втручання може бути кваліфіковане як (відмітити зайве):

- а) виправдане;
- б) не виправдане;
- в) безумовно виправдане;
- г) відносно виправдане;

16. Укриття населення відноситься до:

- а) термінових контрзаходів;
- б) не виправданих контрзаходів;
- в) невідкладних контрзаходів;
- г) довгострокових контрзаходів;

17. Евакуація належить до:

- а) термінових контрзаходів;
- б) не виправданих контрзаходів;
- в) невідкладних контрзаходів;
- г) довгострокових контрзаходів;

18. У гострій фазі радіаційної аварії слід застосовувати:

- а) переселення;
- б) довгострокові контрзаходи;
- в) евакуацію;
- г) обмеження поведінки;

19. Дезактивація території відноситься до:

- а) термінових контрзаходів;
- б) не виправданих контрзаходів;
- в) невідкладних контрзаходів;
- г) довгострокових контрзаходів;

20. Період стабілізації радіоактивного забруднення відноситься до:

- а) середньої фази аварії;
- б) ранньої фази аварії;

- в) пізньої фази аварії;
- г) початкової фази аварії;

21. Пізня фаза аварії починається через:

- а) 1-2 роки після початку аварії;
- б) 2-3 роки після початку аварії;
- в) 3 роки після початку аварії;
- г) 10 років після початку аварії;

22. Фаза проникнення радіоактивних речовин у навколишнє середовище кваліфікується як:

- а) середня фаза аварії;
- б) рання фаза аварії;
- в) пізня фаза аварії;
- г) основна фаза аварії;

23. Основним джерелом внутрішнього опромінення у пізній фазі аварії є:

- а) ^{137}Cs ;
- б) ^{90}Sr ;
- в) $^{137}\text{Cs} + ^{90}\text{Sr}$;
- г) ^{134}Cs ;

24. Короткоживучі радіонукліди відсутні у:

- а) середній фазі аварії;
- б) ранній фазі аварії;
- в) пізній фазі аварії;
- г) всіх фазах аварії аварії;

25. Середня фаза аварії завершується через:

- а) 1-2 місяці після початку аварії;
- б) 1-2 роки після початку аварії;
- в) 5 років після початку аварії;
- г) триває до сих пір;

26. Поверхнєве забруднення пасовищ характерне для:

- а) середньої фази аварії;
- б) ранньої фази аварії;
- в) пізньої фази аварії;
- г) всіх фазах аварії;

27. Йодний період характерний для:

- а) середньої фази аварії;
- б) ранньої фази аварії;
- в) пізньої фази аварії;
- г) всіх фазах аварії;

28. Основне джерело зовнішнього опромінення в середній період аварії:

- а) $^{137}\text{Cs} + ^{134}\text{Cs}$;
- б) ^{90}Sr ;
- в) $^{137}\text{Cs} + ^{90}\text{Sr}$;
- г) ^{134}Cs ;

29. Основне джерело зовнішнього опромінення у пізній фазі аварії:

- а) $^{137}\text{Cs} + ^{134}\text{Cs}$;
- б) ^{90}Sr ;
- в) $^{137}\text{Cs} + ^{90}\text{Sr}$;
- г) ^{137}Cs ;

30. Йодна профілактика відноситься до такого виду контрзаходів:

- а) довгостроковий;
- б) невідкладний;
- в) допоміжний;
- г) терміновий;

ДОДАТКИ

Таблиця 1

Співвідношення між позасистемними та одиницями в системі СІ

Фізична величина	Одиниця, її найменування, позначення (международ., російське)		Співвідношення між одиницями
	позасистемна	СІ	
Активність нукліду в р/а джерелі	Кюри (Сі, Ки)	Бекерель (Вq, Бк)	1 Бк = $2,7 \cdot 10^{-11}$ Ки 1 Ки = $3,7 \cdot 10^{10}$ Бк
Експозиційна доза випромінювання	Рентген (R, Р)	Кулон на кг (C/kg, Кл/кг)	1 К/кг = 3876 Р 1 Р = $2,58 \cdot 10^4$ Кл/кг
Потужність експозиційної дози	Рентген за секунду (R/s, Р/с)	Ампер на кг (A/Kg, А/кг)	1 А/кг = 3876 Р/с 1 Р/с = $2,58 \cdot 10^{-4}$ А/кг
Поглинута доза	Рад (rad, рад)	Грей (Gy, Гр)	1 Гр = 100 рад 1 рад = 0,01 Гр
Потужність поглинутої дози	Рад за секунду (rad/s, рад/с)	Грей за секунду (Gy/s, Гр/с)	1 Гр/с = 100 рад/с 1 рад/с = 0,01 Гр/с
Інтегральна доза	Рад/грамм (rad/g, рад/г)	Джоуль (J, Дж)*	1 Дж = 105 рад/г 1 рад/г = 10^{-5} Дж
Еквівалентна доза	Бэр (rem, бэр)	Зиверт (Sv, Зв)	1 Зв = 100 бэр 1 бэр = 0,01 Зв
Потужність еквівалентної дози	Бэр за секунду (rem/s, бэр/с)	Зиверт за секунду (Sv/s, Зв/с)	1 Зв/с = 100 бэр/с 1 бэр/с = 0,01 Зв/с

Таблиця 2

Ліміти дози опромінення (мЗв/рік)

	Категорія осіб, які зазнають опромінювання		
	А а)б	Б а)	В а)
ЛД Е (ліміт ефективної дози)	20 в)	2	1
Ліміти еквівалентної дози зовнішнього опромінення:			
- ЛД _{lens} (для кристалика ока)	150	15	15
- ЛД _{skin} (для шкіри)	500	50	50
- ЛД _{dextrim} (для кистей та стіп)	500	50	-

Примітки:

а) - розподіл дози опромінення протягом календарного року не регламентується;

б) - для жінок дітородного віку (до 45 років), та для вагітних жінок діють обмеження;

в) - в середньому за будь-які послідовні 5 років, але не більше 50 мЗв за окремий рік (ЛД_{max}).

Таблиця 3

Значення тканинних зважуючих факторів (Wt)

Тканина або орган	Wt
Гонади	0,20
Кістковий мозок (червоний)	0,12
Товста кишка	0,12
Легені	0,12
Шлунок	0,12
Сечовий міхур	0,05
Молочна залоза	0,05
Печінка	0,05
Стравохід	0,05
Щитовидна залоза	0,05
Шкіра	0,01
Поверхня кістки	0,01
Інші органи	0,05

Таблиця 4

Значення радіаційних зважуючих факторів (WR)

Вид випромінювання	WR
Фотони, всі енергії	1
Електрони і мюони, всі енергії	1
Протони з енергією >2 МеВ	5
Нейтрони з енергією <10 кеВ	5
з енергією 10 - 100 кеВ	10
з енергією від 100 кеВ до 2 МеВ	20
з енергією 2 - 20 МеВ	10
з енергією >20 МеВ	5
Альфа-опромінення, важкі ядра віддачі	20

Таблиця 5

**Рівні безумовно виправданого термінового втручання при
гострому опромінненні**

Орган або тканина	Прогнозована поглинена доза в органі чи тканині за період, менший 2-х діб, Гр
Все тіло (кістковий мозок)*	1
Легені	6
Шкіра	3
Щитовидна залоза	5
Кришталік ока	2
Гонади	2
Плід	0,1

* Як правило застосовується до зовнішнього опромінювання.

Таблиця 6

**Рівні відвернутої річної еквівалентної дози хронічного
опроміннення органів та тканин, при яких термінове втручання
безумовно виправдане**

Орган або тканина	Річна еквівалентна доза, Зв.рік в ступені - 1
Гонади	0,2
Кришталік ока	0,1
Кістковий мозок	0,4

Таблиця 7

**Найнижчі межі виправданості та рівні безумовної виправданості
для невідкладних контрзаходів**

Контрзахід	Відвернута доза за перші 2 тижні після аварії					
	Межі виправданості			Рівні безумовної виправданості		
	мЗв	мГр		мЗв	мГр	
	На все тіло	На щито-видну залозу	На шкіру	На все тіло	На щито-видну залозу	На шкіру
Укриття	5	50	100	50	300	500
Евакуація	50	300	500	500	1000	3000
Йодна профілактика						
Діти	-	50*	-	-	200*	-
Дорослі	-	200*	-	-	500*	-
Обмеження перебування на відкритому повітрі						
Діти	1	20	50	10	100	300
Дорослі	2	100	200	20	300	1000

* Очікувана доза при внутрішньому опроміненні радіоізотопами йоду, що надходять до організму протягом перших двох тижнів після початку аварії.

Таблиця 8

Нижні межі виправданості, безумовно виправдані рівні втручання і рівні дії для прийняття рішення про переселення

Критерії для прийняття рішення	Нижні межі виправданості	Безумовно виправдані рівні втручання і рівні дії
Доза, відвернута за період переселення, Зв	0,2	1
Доза, відвернута за перші 12 місяців після аварії, Зв	0,05	0,5

Продовження таблиці 8

Щільність радіоактивного	400	4000
	80	400
	0,5	4
Потужність дози гамма-випромінювання в повітрі на відкритій радіоактивно забрудненій місцевості, нГр.сек в ступені -1: – моноуклідне забруднення ¹³⁷ Cs – забруднення свіжою осколочною сумішшю(на 15-день після початку аварійних випадів)	0,3	3
	5	50

Таблиця 9

Найнижчі межі виправданості і безумовно виправдані рівні втручання і дії для прийняття рішення про тимчасове відселення

Критерії для прийняття рішення	Найнижчі межі виправданості	Безумовно виправдані рівні втручання і дії
Сумарна відвернута доза за період тимчасового відселення*, Зв	0,1	1
Середньомісячна доза на протязі періоду тимчасового відселення*, мЗв.місяць в ступені -1	5	30
Потужність дози гамма-випромінювання в повітрі на відкритій радіоактивно забрудненій місцевості, нГр.сек в ступені -1	3	30

Таблиця 10

Найнижчі межі виправданості і безумовно виправдані рівні втручання і дії для прийняття рішення про вилучення, заміну і обмеження* вживання радіоактивно забруднених продуктів харчування

Критерії для прийняття рішення	Найнижчі межі виправданості	Безумовно виправдані рівні втручання і рівні дії
Відвернута доза внутрішнього опромінення за рахунок вживання радіоактивно забруднених продуктів харчування, мЗв	5	30
- за перший післяаварійний рік	1	30
- за другий і наступні роки після аварії	1	5
Радіоактивне забруднення молока**, кБк.л в ступені -1		
131I	0,4	1
для дорослих	0,1	0,2
для дітей		
134,137Cs	0,1	0,4
90Sr		
для дорослих	0,02	0,2
для дітей	0,005	0,05

* Рішення про обмеження, чи про повне вилучення (або заміну) окремих продуктів харчування є об'єктом оптимізації

** Для інших, немолочних продуктів харчування, рівні дії вдвоє вищі.

Таблиця 11

Допустимі рівні надходження радіонуклідів через органи дихання ДН_{inhal A} та допустимі концентрації у повітрі робочих приміщень ДК_{inhal A} для категорії А*

Радіонуклід	Період напіврозпаду	ДН _{inhal A} (Бк.рік в ст.-1)	ДК _{inhal A} (Бк.куб.м в ст.-3)
Тритій ³ H (усі сполуки року за винятком газу)	12,35	2E+07	9E+03
³ H (газ)	12,35 року	6E+12	2E+09
Вуглець ¹¹ C ¹⁴ C	20,38 хв. 5730 років	3E+08 8E+05	2E+05 4E+02
Натрій ²² Na ²⁴ Na	2,602 року 15 годин	8E+05 1E+07	3E+02 5E+03
Фосфор ³² P	14,29 доби	2E+06	8E+02
Сірка ³⁵ S	87,44 доби	1E+06	7E+02
Хлор ³⁶ Cl	3,01E5 року	7E+05	3E+02
Калій ⁴² K ⁴³ K	12,36 години 22,6 години	1E+07 6E+07	4E+03 3E+04
Кальцій ⁴⁵ Ca ⁴⁷ Ca	163 доби 4,53 доби	8E+05 2E+06	4E+02 9E+02
Хром ⁵¹ Cr	27,104 доби	1E+08	7E+04
Марганець ⁵⁴ Mn ⁵⁶ Mn	312,5 доби 2,5785 години	3E+06 5E+07	1E+03 2E+04
Залізо ⁵⁹ Fe	44,529 доби	9E+05	5E+02

Продовження таблиці 11

Кобальт ⁵⁷ Co	270,9 доби	5E+06	2E+03
⁵⁸ Co	70,8 доби	2E+06	1E+03
⁶⁰ Co	5,271 року	2E+05	7E+01
Нікель ⁵⁹ Ni	7,5E4 року	1E+07	5E+03
⁶³ Ni	96 років	3E+06	2E+03
Цинк ⁶⁵ Zn	243,9 доби	2E+06	1E+03
Бром ⁸² Br	35,3 години	8E+06	4E+03
Рубідій ⁸⁶ Rb	18,66 доби	6E+06	3E+03
Стронцій ⁸⁰ Sr	100 хв.	7E+07	3E+04
⁸¹ Sr	25,5 хв.	2E+08	1E+05
⁸² Sr	25 діб	5E+05	2E+02
⁸³ Sr	32,4 години	2E+07	9E+03
⁸⁵ Sr	64,84 доби	6E+06	3E+03
^{85m} Sr	69,5 хв	2E+09	9E+05
^{87m} Sr	2,805 години	3E+08	1E+05
⁸⁹ Sr	50,5 доби	7E+05	3E+02
⁹⁰ Sr	29,12 року	3E+04	1E+01
⁹¹ Sr	9,5 години	2E+07	8E+03
⁹² Sr	2,71 години	3E+07	1E+04
Цирконій ⁹⁵ Zr	63,98 доби	7E+05	3E+02
Ніобій ⁹⁶ Nb	35,15 доби	2E+06	1E+03
Молибден ⁹⁹ Mo	66 годин	4E+06	2E+03
Технецій ⁹⁹ Tc	2,12E5 року	4E+05	2E+02
^{99m} Tc	6,02 години	2E+08	1E+05
Рутеній ¹⁰³ Ru	39,28 доби	1E+06	5E+02
¹⁰⁶ Ru	368,2 доби	7E+04	3E+01

Продовження таблиці 11

Срібло ¹⁰⁸ mAg	127 років	1E+05	6E+01
¹¹⁰ mAg	249,9 доби	4E+05	
Телур ¹²⁷ mTe	109 діб	4E+05	2E+02
¹²⁹ mTe	33,6 доби	5E+05	3E+02
¹³¹ mTe	30 годин	4E+06	2E+03
¹³² Te	78,2 години	2E+06	1E+03
Йод ¹²³ I	13,2 години	4E+07	1E+04
¹²⁶ I	60,14 доби	4E+05	2E+02
¹²⁹ I	1,57E7 року	7E+04	3E+01
¹³¹ I	8,04 доби	4E+05	2E+02
¹³² I	2,3 години	1E+07	4E+03
¹³³ I	20,8 години	1E+06	6E+02
¹³⁵ I	6,61 години	5E+06	2E+03
Цезій ¹²⁵ Cs	45 хв.	3E+08	2E+05
¹²⁶ Cs	1,64 хв.	4E+09	2E+06
¹²⁷ Cs	6,25 години	2E+08	8E+04
¹²⁸ Cs	3,9 хв.	2E+09	1E+06
¹²⁹ Cs	32,06 години	9E+07	5E+04
¹³⁰ Cs	29,9 хв.	5E+08	2E+05
¹³¹ Cs	9,69 доби	1E+08	6E+04
¹³² Cs	6,475 доби	3E+07	1E+04
¹³⁴ Cs	2,062 року	2E+05	1E+02
¹³⁴ mCs	2,9 години	6E+07	3E+04
¹³⁵ Cs	2,3E6 року	6E+05	3E+02
¹³⁵ mCs	53 хв.	5E+08	3E+05
¹³⁶ Cs	13,1 доби	1E+06	6E+02
¹³⁷ Cs	30 років	1E+05	6E+01
¹³⁸ Cs	32,2 хв.	2E+08	9E+04
Барій ¹³³ Ba	10,74 року	4E+05	2E+02
¹⁴⁰ Ba	12,74 доби	8E+05	4E+02
Церій ¹⁴¹ Ce	32,501 доби	8E+05	4E+02
¹⁴⁴ Ce	284,3 доби	9E+04	4E+01
Золото ¹⁹⁸ Au	2,696 доби	5E+06	2E+03

Продовження таблиці 11

Свинець ^{210}Pb	22,3 року	8E+02	4E-01
Полоній ^{210}Po	138,38 доби	6E+02	3E-01
Радій ^{226}Ra ^{228}Ra	1600 років 5,75 років	1E+02 3E+02	6E-02 2E-01
Торій ^{232}Th	1,405E10 року	6E+01	3E-02
Уран ^{234}U ^{235}U ^{238}U	2,445E5 року 703,8E6 року 4,468E9 року	4E+02 4E+05 5E+02	2E-01 2E-01 2E-01
Нептуній ^{237}Np ^{239}Np	2,14E6 року 2,355 доби	1E+02 3E+06	7E-02 1E+03
Плутоній ^{238}Pu ^{239}Pu ^{240}Pu ^{241}Pu	87,74 року 24065 років 6537 років 14,4 року	6E+01 6E+01 6E+01 3E+03	3E-02 3E-02 3E-02 1E+00
Америцій ^{241}Am	432,2 року	7E+01	3E-02

* В таблиці запис вигляду 2E-02 означає 2.10 в ступені -2, 2E00 означає 2.10 в ступені 0.

Таблиця 12

Допустимі рівні надходження радіонуклідів через органи дихання ДНinhal В, органи травлення ДНinhal В, допустимі концентрації у повітрі ДКinhal В та питній воді ДКingest В для категорії В*

Радіонуклід	Період напіврозпаду	ДНinhal В (Бк.рік в ст.-1)	ДНinhal В (Бк.рік в ст.-1)	ДКinhal А (Бк.куб. м в ст.-3)	ДКinhal А (Бк.куб. м в ст.-3)
Тритій ³ H	12,35 року	2E+05	8E+06	1E+02	3E+07
Вуглець ¹¹ C ¹⁴ C	20,38 хв. 5730 років	3E+06 1E+04	4E+06 6E+05	2E+03 5E+00	2E+07 2E+06
Натрій ²² Na ²⁴ Na	2,602 року 15 годин	5E+04 2E+05	5E+04 3E+05	1E+01 1E+02	2E+05 1E+06
Фосфор ³² P	14,29 доби	1E+04	3E+04	1E+01	1E+05
Сірка ³⁵ S	87,44 доби	1E+04	1E+05	8E+00	6E+05
Хлор ³⁶ Cl	3,01E5 року	6E+03	1E+05	4E+00	5E+05
Калій ⁴² K ⁴³ K	12,36 години 22,6 години	4E+05 4E+05	1E+05 4E+05	1E+02 3E+02	2E+05 2E+06
Кальцій ⁴⁵ Ca ⁴⁷ Ca	163 доби 4,53 доби	8E+03 1E+04	9E+04 8E+04	5E+00 1E+01	3E+05 3E+05
Хром ⁵¹ Cr	27,104 доби	1E+06	3E+06	8E+02	1E+07
Марганець ⁵⁴ Mn ⁵⁶ Mn	312,5 доби 2,5785 години	4E+04 4E+05	2E+05 4E+05	2E+01 3E+02	8E+05 2E+06
Залізо ⁵⁹ Fe	44,529 доби	9E+03	3E+04	6E+00	1E+05

Продовження таблиці 12

Кобальт ⁵⁷ Co	270,9 доби	6E+04	3E+05	3E+01	2E+06
⁵⁸ Co	70,8 доби	3E+04	1E+05	1E+01	6E+05
⁶⁰ Co	5,271 року	3E+03	2E+04	1E+00	8E+04
Нікель ⁵⁹ Ni	7,5E4 року	2E+05	2E+06	7E+01	7E+06
⁶³ Ni	96 років	5E+04	6E+05	2E+01	1E+06
Цинк ⁶⁵ Zn	243,9 доби	3E+04	3E+04	1E+01	1E+05
Бром ⁸² Br	35,3 години	8E+04	3E+05	5E+01	1E+06
Рубідій ⁸⁶ Rb	18,66 доби	4E+04	3E+04	3E+01	1E+05
Стронцій ⁸⁰ Sr	100 хв.	4E+05	3E+05	3E+02	1E+06
⁸¹ Sr	25,5 хв.	1E+06	1E+06	1E+03	5E+06
⁸² Sr	25 діб	5E+03	1E+04	3E+00	6E+04
⁸³ Sr	32,4 години	1E+05	3E+05	1E+02	1E+06
⁸⁵ Sr	64,84 доби	7E+04	1E+05	3E+01	6E+05
⁸⁵ mSr	69,5 хв.	2E+07	2E+07	1E+04	1E+08
⁸⁷ mSr	2,805 години	2E+06	4E+06	2E+03	2E+07
⁸⁹ Sr	50,5 доби	7E+03	3E+04	4E+00	1E+05
⁹⁰ Sr	29,12 року	6E+02	4E+03	2E+01	1E+04
⁹¹ Sr	9,5 години	1E+05	2E+05	9E+01	9E+05
⁹² Sr	2,71 години	2E+05	3E+05	2E+02	1E+06
Цирконій ⁹⁵ Zr	63,98 доби	6E+03	1E+05	4E+00	5E+05
Ніобій ⁹⁶ Nb	35,15 доби	2E+04	2E+05	1E+01	1E+06
Молибден ⁹⁹ Mo	66 годин	3E+04	2E+05	2E+01	8E+05
Технецій ⁹⁹ Tc	2,12E5 року	5E+03	1E+05	2E+00	5E+05
⁹⁹ mTc	6,02 години	2E+06	5E+06	1E+03	2E+07
Рутеній ¹⁰³ Ru	39,28 доби	1E+04	1E+05	6E+00	6E+05
¹⁰⁶ Ru	368,2 доби	9E+02	1E+04	5E+01	5E+04

Продовження таблиці 12

Срібло ^{108}mAg	127 років	3E+03	5E+04	8E+01	2E+05
^{110}mAg	249,9 доби	5E+03	4E+04	2E+00	2E+05
Телур ^{127}mTe	109 діб	3E+03	2E+04	2E+00	1E+05
^{129}mTe	33,6 доби	5E+03	2E+04	3E+00	1E+05
^{131}mTe	30 годин	4E+04	5E+04	2E+01	2E+05
^{132}Te	78,2 години	2E+04	2E+04	1E+01	9E+04
Йод ^{123}I	13,2 години	6E+05	5E+05	4E+02	2E+06
^{126}I	60,14 доби	2E+04	2E+04	6E+00	4E+04
^{129}I	1,57E7 року	6E+03	5E+03	1E+00	7E+03
^{131}I	8,04 доби	8E+03	6E+03	4E+00	2E+04
^{132}I	2,3 години	5E+05	3E+05	1E+02	1E+06
^{133}I	20,8 години	3E+04	2E+04	2E+01	9E+04
^{135}I	6,61 години	1E+05	1E+05	7E+01	4E+05
Цезій ^{125}Cs	45 хв.	3E+06	3E+06	2E+03	1E+07
^{126}Cs	1,64 хв.	3E+07	1E+07	2E+04	5E+07
^{127}Cs	6,25 години	1E+06	6E+06	9E+02	3E+07
^{128}Cs	3,9 хв.	1E+07	7E+06	1E+04	3E+07
^{129}Cs	32,06 години	8E+05	2E+06	5E+02	1E+07
^{130}Cs	29,9 хв.	4E+06	3E+06	3E+03	1E+07
^{131}Cs	9,69 доби	1E+06	2E+06	7E+02	1E+07
^{132}Cs	6,475 доби	2E+05	4E+05	1E+02	2E+06
^{134}Cs	2,062 року	3E+03	4E+04	1E+00	7E+04
^{134}mCs	2,9 години	6E+05	5E+06	4E+02	2E+07
^{135}Cs	2,3E6 року	7E+03	2E+05	3E+00	6E+05
^{135}mCs	2,3E6 року	4E+06	8E+06	3E+03	3E+07
^{136}Cs	53 хв.	1E+04	7E+04	8E+00	3E+05
^{137}Cs	13,1 доби	2E+03	5E+04	8E-01	1E+05
^{138}Cs	30 років	1E+06	9E+05	1E+03	4E+06
	32,2 хв.				
Барій ^{133}Ba	10,74 року	7E+03	5E+04	3E+00	2E+05
^{140}Ba	12,74 доби	7E+03	3E+04	5E+00	1E+05
Церій ^{141}Ce	32,501 доби	7E+03	1E+05	5E+00	6E+05
^{144}Ce	284,3 доби	1E+03	2E+04	6E-01	7E+04

Продовження таблиці 12

Золото ¹⁹⁸ Au	2,696 доби	4E+04	1E+05	3E+01	5E+05
Свинець ²¹⁰ Pb	22,3 року	1E+01	1E+02	5E-03	5E+02
Полоній ²¹⁰ Po	138,38 доби	6E+00	4E+01	3E-03	2E+02
Радій ²²⁶ Ra	1600 років	2E+00	2E+02	7E-04	1E+03
²²⁸ Ra	5,75 років	6E+00	3E+01	2E-03	2E+02
Торій ²³² Th	1,405E10 року	2E+00	2E+04	4E-04	7E+02
Уран ²³⁴ U	2,445E5 року	5E+00	3E+03	2E-03	1E+04
²³⁵ U	703,8E6 року	6E+00	3E+03	3E-03	1E+04
²³⁸ U	4,468E9 року	6E+00	3E+03	3E-03	1E+04
Нептуній ²³⁷ Np	2,14E6 року	4E+00	5E+02	8E-04	2E+03
²³⁹ Np	2,355 доби	3E+04	1E+05	2E+01	5E+05
Плутоній ²³⁸ Pu	87,74 року	2E+00	3E+02	4E-04	1E+03
²³⁹ Pu	24065 років	2E+00	2E+02	4E-04	1E+03
²⁴⁰ Pu	6537 років	2E+00	2E+02	4E-04	1E+03
²⁴¹ Pu	14,4 року	1E+02	2E+04	2E-02	8E+04
Америцій ²⁴¹ Am	432,2 року	2E+00	3E+02	4E-04	1E+03

* В таблиці запис вигляду 2E-02 означає 2.10 в ступені -2, 2E00 означає 2.10 в ступені 0.

Таблиця 13

Дозові коефіцієнти різних радіонуклідів

Радіонукліди	Період напіврозпаду (роки)	Надходження з повітрям (Зв/Бк)	Надходження з водою та їжею (Зв/Бк)
Тритій ^3H	12,3	$2,7 \cdot 10^{-10}$	$4,8 \cdot 10^{-11}$
Карбон ^{14}C	5730	$2,5 \cdot 10^{-9}$	$1,6 \cdot 10^{-9}$
Калій ^{40}K	$1,28 \cdot 10^9$	$1,7 \cdot 10^{-8}$	$4,2 \cdot 10^{-8}$
Кобальт ^{60}Co	5,27	$1,2 \cdot 10^{-8}$	$2,7 \cdot 10^{-8}$
Стронцій ^{90}Sr	29,1	$5 \cdot 10^{-8}$	$8 \cdot 10^{-8}$
Цезій ^{137}Cs	30	$4,6 \cdot 10^{-9}$	$1,3 \cdot 10^{-8}$
Радій ^{226}Ra	1600	$4,5 \cdot 10^{-6}$	$1,5 \cdot 10^{-6}$
Уран ^{238}U	$4,47 \cdot 10^9$	$7,4 \cdot 10^{-6}$	$1,2 \cdot 10^{-7}$
Торій ^{232}Th	$1,4 \cdot 10^{10}$	$2,5 \cdot 10^{-5}$	$4,5 \cdot 10^{-7}$
Плутоній ^{239}Pu	$2,41 \cdot 10^4$	$5 \cdot 10^{-5}$	$4,2 \cdot 10^{-7}$
Америцій ^{241}Am	432	$4,2 \cdot 10^{-5}$	$3,7 \cdot 10^{-7}$

Таблиця 14

Значення коефіцієнтів переходу до ефективної дози для рентгенодіагностичних процедур різноманітних органів і систем.

<i>Вік пацієнта від народження до 0,5-ти року</i>						
Тип процедури	Проекція	Розмір поля (a · b), кв. см	Фокусна відстань, см	Напруга на трубіці, кВ	Ke, $\frac{мкЗв}{мР \cdot кв.м}$	Kd, $\frac{мкЗв}{сГр \cdot кв.см}$
Легені (г)	З	13 x 18	100	50-70	2,8	13
Легені (г)	Б	18 x 24	100	60-80	4,3	11
Легені (с)	П	15 x 15	40	60	20,7	15
Череп (г)	З	13 x 18	100	50-70	1,0	5,0
Череп (г)	Б	13 x 18	100	50-70	0,7	3,0
<i>Вік пацієнта від 0,5-ти до 3-х років</i>						
Тип процедури	Проекція	Розмір поля (a · b), кв. см	Фокусна відстань, см	Напруга на трубіці, кВ	Ke, $\frac{мкЗв}{мР \cdot кв.м}$	Kd, $\frac{мкЗв}{сГр \cdot кв.см}$
Шийний відділ хребта (г)	З	9 x 13	80	50-70	0,30	1,8
Шийний відділ хребта (г)	Б	9 x 13	80	50-70	0,50	3,2
Грудний відділ хребта (г)	П	18 x 24	100	50-70	3,7	9,4
Грудний відділ хребта (г)	Б	18 x 24	100	50-70	1,7	4,4
Стегно (г)	П	13 x 18	100	50-60	0,10	0,5
<i>Вік пацієнта від 3-х до 8-ми років</i>						
Тип процедури	Проекція	Розмір поля (a · b), кв. см	Фокусна відстань, см	Напруга на трубіці, кВ	Ke, $\frac{мкЗв}{мР \cdot кв.м}$	Kd, $\frac{мкЗв}{сГр \cdot кв.см}$
Шлунок (с)	П	20 x 20	40	60-70	9,0	3,2

Продовження таблиці 14

Шлунок (г)	П	18 x 24	100	50-70	1,3	3,2
Шлунок (г)	З	18 x 24	100	50-70	2,3	5,7
Шлунок (г)	Б	18 x 24	100	50-70	1,4	3,8
Кишечник (с)	П	20 x 20	40	60-70	13	4,4
Кишечник (г)	З	18 x 24	100	50-70	1,5	3,8
Кишечник (г)	П	18 x 24	100	50-70	2,6	6,4
<i>Вік пацієнта від 8-ми до 13-ти років</i>						
Тип процедури	Проекція	Розмір поля (a · b), кв. см	Фокусна відстань, см	Напруга на трубці, кВ	Ke, $\frac{мкЗв}{мР \cdot кв \cdot м}$	Kd, $\frac{мкЗв}{сГр \cdot кв \cdot см}$
Плече, ключиця (г)	П	13 x 18	80	50-60	0,30	0,86
Стегно (г)	З	13 x 18	80	50-60	0,02	0,1
Шлунок (с)	П	15 x 15	40	60-70	3,3	2,3
Шлунок (г)	П	18 x 24	100	50-70	0,80	2,0
Шлунок (г)	Б	18 x 24	100	50-70	0,87	2,3
<i>Вік пацієнта від 13-ти до 19-ти років</i>						
Тип процедури	Проекція	Розмір поля (a · b), кв. см	Фокусна відстань, см	Напруга на трубці, кВ	Ke, $\frac{мкЗв}{мР \cdot кв \cdot м}$	Kd, $\frac{мкЗв}{сГр \cdot кв \cdot см}$
Шлунок (с)	П	20 x 20	40	60-70	3,3	1,3
Шлунок (г)	П	18 x 24	100	50-70	0,80	2,0
Шлунок (г)	Б	18 x 24	100	50-70	0,87	2,3
Кишечник (г)	П	18 x 24	100	50-70	1,1	2,8
Кишечник (с)	З	20 x 20	40	60-70	9,2	3,6

Продовження таблиці 14

Вік пацієнта більше 19-ти років (дорослі)						
Тип процедури	Проекція	Розмір поля (а · b), кв. см	Фокусна відстань, см	Напруга на трубіці, кВ	$K_e, \frac{мкЗв}{мР \cdot кв \cdot м}$	$K_d, \frac{мкЗв}{сГр \cdot кв \cdot см}$
Легені (г)	П	30 x 40	100	80-90	2,1	2,0
Легені, груд-на клітка (г)	П	30 x 40	150	80-90	0,86	1,9
Легені (г)	Б	30 x 40	150	90-100	0,69	1,5
Легені (с)	П	30 x 30	60	80	4,7	2,1
Череп (г)	П	24 x 30	100	60-70	0,44	0,71
Череп (г)	Б	24 x 30	100	60-70	0,20	0,30

Примітка.

1. г – рентгенографія, с – рентгеноскопія.
2. П – передня проекція, З – задня проекція, Б – бокова проекція (в даному випадку наведено середнє значення ефективної дози з двох значень розрахованих для опромінення зліва і справа).
3. а – ширина поля, b – висота поля.
4. Значення дозових коефіцієнтів приведені для додаткового фільтра 2 мм Al.

Таблиця 15

Технічні параметри рентгенівських апаратів

Назва рентгенівського устаткування	Ф, сГр·кв.см.	U _k , кВ	U(k+1), кВ	$R_k, \frac{мР \cdot кв \cdot м.}{(мА \cdot с)}$	$R(k+1), \frac{мР \cdot кв \cdot м.}{(мА \cdot с)}$	i · t, мА·с
Рентгенівський апарат EDR-750 В	1400	70	90	5,6	8,3	15
Рентгенівський апарат РЕНЕКС	1600	80	100	7,9	10,3	22
Рентгенівський апарат Image X System	1450	60	80	6,8	9,2	18
Рентгенівський апарат РУМ-20М	1500	50	70	4,4	6,2	20

Таблиця 16
Коефіцієнти переходу від значення DLP у фантомі діаметром 16 см до значення ефективної дози у дітей різноманітного віку

Область дослідження	eDLP для дорослих, мЗв · мГр ⁻¹ ·см ⁻¹	Множник в залежності від віку, роки					
		> 15	15	10	5	1	0
Голова	0,0023	1,0	1,2	2,0	3,2	5,1	9,5
Тулуб	0,0081	1,0	1,2	1,8	2,6	4,0	7,9

Таблиця 17
Вихідні дані для задачі на визначення ефективної дози опромінення пацієнтів під час проведення комп'ютерної томографії

Вік пацієнта, роки	Область дослідження	nCTDI _w , мГр/мАс	d, см	N	Значення мАс на один скан
3, 10, 23, 35, 45	Головний мозок	0,068	2,0	6	682
12, 18, 21, 38	Хребет	0,065	3,0	13	750
4, 15, 29, 37, 42	Стегно	0,088	3,5	18	930
14, 16, 21, 32	Нога (коліно)	0,079	2,3	11	723
0,8, 2, 4,2, 24, 42	Голова (пухлина)	0,053	2,0	8	638

Посилання на нормативний документ

№ задачі	Посилання на нормативний документ
1	СП 2.6.1.758-99, п. 3.2
2	СП 2.6.1.758-99, п. 3.1.8., СП 2.6.1.799-99, п. 7.8. СанПин 2.6.1.1192-03, пп. 6.4., 6.5.
3	СанПин 2.6.1.1192-03, пп. 7.1., 7.4., 7.5., 7.15., 7.18.
4	СанПин 2.6.1.1192-03, пп. 7.1., 7.4., 7.5., 7.15., 7.21
5	СП 2.6.1.799-99, п. 7.1., 7.2., 7.8., 7.9. СанПин 2.6.1.1192-03, пп. 6.3., 6.4.
6	СанПин 2.6.1.1192-03, пп. 7.1., 7.13., 7.15., 7.16.
7	СанПин 2.6.1.1192-03, пп. 7.1., 7.4., 7.5., 7.19., 7.20
8	СанПин 2.6.1.1192-03, пп. 7.1., 7.4., 7.5., 7.9., 7.15., 7.18., 7.21
9	СП 2.6.1.758-99, п. 3.1.2., 3.1.3. СанПин 2.6.1.1192-03, пп. 2.2.1., 2.19.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ТА РЕКОМЕНДОВАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Норми радіаційної безпеки України; доповнення: Радіаційний захист від джерел потенційного опромінення (НРБУ-97/Д-2000). Режим доступу: <https://zakon.rada.gov.ua/rada/show/v0116488-00#Text>.
2. Про введення в дію Державних гігієнічних нормативів «Норми радіаційної безпеки України (НРБУ-97)». Режим доступу: <https://zakon.rada.gov.ua/rada/show/v0062282-97#Text>.
3. Про затвердження державних санітарних правил «Основні санітарні правила забезпечення радіаційної безпеки України». Режим доступу: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0552-05#Text>.
4. Гродзинський Д.М. Радіобіологія. К.: Либідь, 2000, 446 с.
5. Лановенко О. Г., Остапішина О. О. Радіаційна безпека населення. Словник-довідник з екології: навч.-метод. посіб. Херсон: ПП Вишемирський В. С., 2013. С. 150.
6. Технічні засоби для забезпечення радіаційної безпеки. Митна енциклопедія: у 2 т. / І.Г. Бережнюк (відп. ред.) та ін.. Хм.: ПП Мельник А.А., 2013. Т. 2 : М Я. С. 395. 536 с. ISBN 978-617-7094-10-3
7. Батлук В. А. Радіаційна екологія: навч. посіб.. К.: Знання, 2009. 309 с.: табл. Бібліогр.: с. 298–309 (167 назв). ISBN 978-966-346-707-8.
8. Кутлахмедов Ю.О., Корогодін В.І., Кольтовер В.К. Основи радіоекології. К.: Вища школа, 2003. 320 с.
9. Калетник М. М. Основи лісової радіоекології / відп. ред. М. М. Калетник. К. : Ярмарок. 1999. 252 с.
10. Калетник М. М., Краснов В. П., Савущик М. П. Рекомендації з ведення лісового господарства в умовах радіоактивного забруднення. К. : Держкомлісгосп, 1998. 80 с.
11. Краснов В. П. Радіоекологія лісів Полісся України. Житомир : Волинь, 1998. 112 с.
12. Краснов В. П., Орлов А. А., Бузун В. А. и др. Прикладная радиозология леса / под ред. В. П. Краснова : монография. Житомир : Полісся, 2007. 680 с.
13. Куликов Н. В., Молчанова И. В. Континентальная радиозология. Почвенные и пресноводные экосистемы. М.-Л. : Наука, 1975. 184 с.

Навчальне видання

КУРБЕТ Тетяна Володимирівна
МЕЛЬНИК Вікторія Вікторівна

РАДІАЦІЙНА БЕЗПЕКА

Навчальний посібник

Технічне редагування – Мельник В.В.

Коректор – Курбет Т.В.

Комп'ютерна верстка – Курбет Т.В.

Формат 60x84/16 Гарнітура Times New Roman
Умовн. друк. арк. 4,07. Обл.-вид. арк. 5,12