

Загальні принципи медичних дій у випадку радіаційної/ ядерної надзвичайної ситуації

МОДУЛЬ 3. Радіаційні та ядерні загрози і організація роботи медичних закладів

ЛЕКЦІЯ 5.

Загальні принципи надання медичної допомоги постраждалим. Характер ушкоджень після вибуху. План реагування закладу на радіаційні і ядерні загрози. Протоколи безпеки працівників. Огляд рівнів ЗІС. Рекомендації щодо використання засобів індивідуального захисту для роботи в різних зонах. ЗІЗ для працівників стаціонарних медичних закладів. ЗІЗ для бригад ЕМД. Порядок одягання і зняття захисного одягу. Прилади для вимірювання радіоактивності і їх підготовка до роботи. Захист персоналу від радіоактивного забруднення.

Загальні принципи надання медичної допомоги постраждалим під час ядерного вибуху

- Немає *надзвичайних невідкладних ситуацій* в медицині, пов'язаних з опроміненням. Може виникнути *нагальна потреба* в медичній допомозі.
- Травми/захворювання, викликані іонізуючим випромінюванням, майже завжди проявляються пізніше.
- Лікування променевих ушкоджень, швидше за все, буде проводитись на вищому рівні медичної допомоги.



Прогнозований розподіл ушкоджень, отриманих внаслідок ядерного вибуху (S.L.Jones et al, 2014)

Види травм	Відсоток від загальної кількості травм
Ізольовані радіаційні	15
Ізольовані опікові	15
Ізольовані раньові	3
Комбінована травма	Відсоток від загальної кількості травм
Опромінення, опіки та рани	17
Опромінення і опіки	40
Опромінення та рани	5
Рани та опіки	5
Тотальна комбінована травма	67

Характер ушкоджень внаслідок ядерного вибуху

- Загальні принципи звичайної вибухової травми
 - Первинні, вторинні, третинні, четвертинні типи травм
- Потужність енергії помітно вища під час ядерного вибуху
- Великі конструкції можуть послабити або посилити наслідки вибуху
- Радіаційні опади можуть створити додаткову загрозу для здоров'я, якої немає при звичайних вибухах

Складові вибухової травми

- Різні характеристики впливу вибуху спричиняють різні модальності травм
- Фактори до врахування
 - Розмір вибуху
 - Відстань від вибуху
 - Розташування жертви по відношенню до вибуху
 - Наявність захисту / укриття



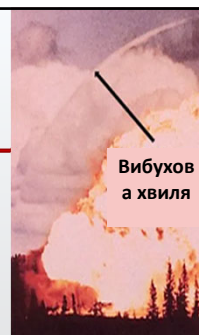
Рівень смертності захищених і незахищених осіб

(Дерев'яні будівлі школи – відстань від нульової точки в Хіросімі)

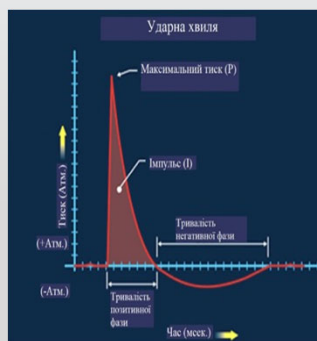
Відстань	Кількість захищених	Померлі або зниклі
0-1.0 км	969	588(60.5%)
1.0-1.5 км	3,959	761(19.2%)
1.5-2.0 км	957	136(14.2%)
2.0-3.0 км	3,922	99(2.5%)
3.0-4.0 км	2,077	11(0.5%)
Відстань	Кількість незахищених	Померлі або зниклі
0-1.0 км	2,436	2,282(93.7%)
1.0-1.5 км	484	413(85.3%)
1.5-2.0 км	135	113(83.7%)
2.0-3.0 км	76	11(14.5%)
3.0-4.0 км	Немає даних	

Первинний тип вибухової травми

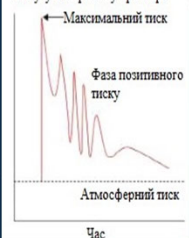
- Механізм ураження – вибухова хвиля
 - Ефект прискорення внаслідок вибуху
 - Швидке підвищення атмосферного тиску
 - Далі «Вакуум» (негативний тиск)
 - У закритому просторі відбиття вибухової хвилі може збільшити і подовжити уражаючий ефект



Вибухова хвиля



Діаграма залежності тиску-часу при вибуху в закритому просторі



Module: Medical Principles in a Nuclear Detonation



Прямі наслідки вибуху

- Розбиті вікна
0.068 атм
- Перевернутий транспорт
0.34 атм
- Зруйновані будинки
0.34 атм
- Розрив барабанної перетинки
0.34 атм
- Пошкодження легень (набряк легенів)
1.02 атм
- Важка травма легень
2.04 атм
- Летальність (ЛД 50)
3.40 атм



Module: Medical Principles in a Nuclear Detonation



Первинний тип вибухової травми

- Характер травми:
 - Органи, наповнені газом, піддаються найбільшому ризику
- Види травм
 - Легенева баротравма (легеня уражена вибухом)
 - Розрив барабанної перетинки
 - Розрив ока (очного яблука)
 - Перфорація шлунково-кишкового тракту (та крововилив)
 - Струс головного мозку без ознак зовнішньої травми



Вторинний тип вибухової травми

Зона
стисненн
я

Зона
розрід
ження

Уламки,
що
розлітают
ься

Вторинний тип вибухової травми

- Механізм:
 - Пориви вітру можуть досягати сотень км/год
 - Уламки - об'єкти різного розміру можуть затягуватись вітром
 - Певні уламки вражають людей
 - Поширені ураження кількома уламками
 - Кінетична енергія $= 1/2mv^2$
 - Швидкість удару об'єктом значною мірою впливає на обсяг пошкоджень



Module: Medical Principles in a Nuclear Detonation



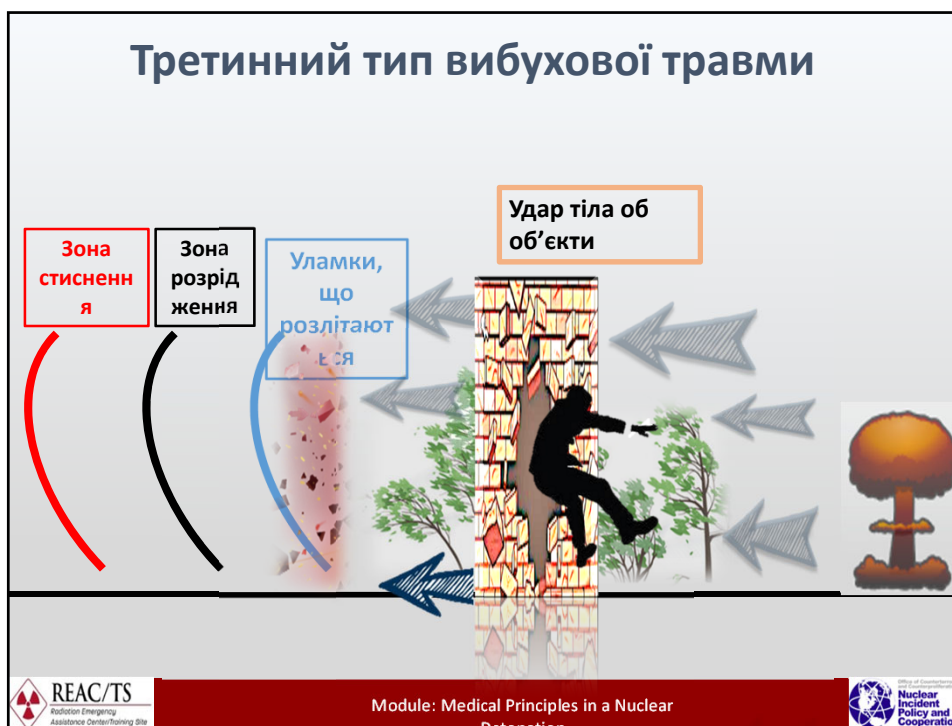
Вторинний тип вибухової травми

- Характер травми:
 - Проникаючі та тупі травми
- Види травм
 - Тупа травма (переломи та забої)
 - Струс мозку (черепно-мозкова травма)
 - Проникаючі осколкові поранення
 - Сторонні предмети у тілі
 - Проникаюча травма ока (частіше прихована)



Module: Medical Principles in a Nuclear Detonation





Третинний тип вибухової травми

- Механізм:
 - Швидкість вітру достатня для підняття тіла в повітря
 - Травма внаслідок відкидання вітром
 - Може вдарити об будівлі/жорсткі конструкції
 - Проволокти по нерівних поверхнях
 - Скинути у водойми/вниз по сходах
 - Скинути з будівель або надбудов – падіння з висоти

REAC/TS
Radiation Emergency Assistance Center/Training Site

Module: Medical Principles in a Nuclear Detonation

Nuclear Incident Policy and Cooperation

Третинний тип вибухової травми

- Характер травми:
 - Переважно тупі травми
- Види травм
 - Травма обличчя
 - Переломи (великих і малих кісток)
 - Закрита та відкрита черепно-мозкова травма (ЧМТ)
 - Ушкодження предметами



Module: Medical Principles in a Nuclear
Detonation



Четвертий тип вибухової травми

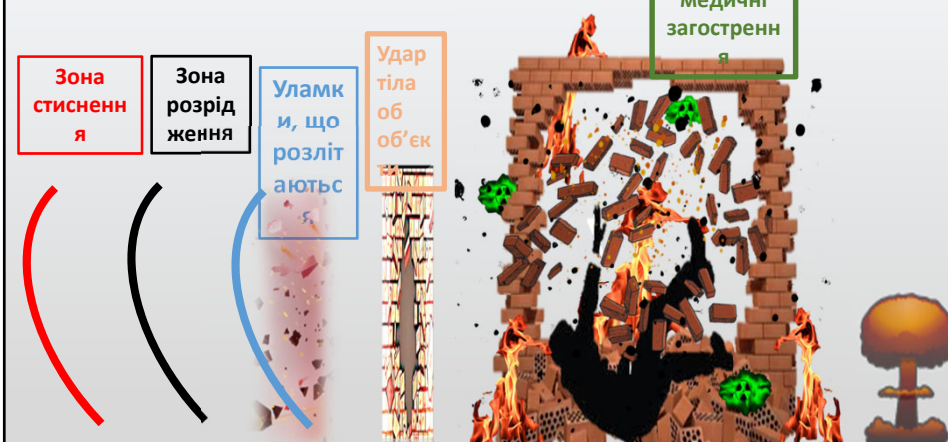
Зона
стисненн
я

Зона
розрід
ження

Уламк
и, що
розліт
аютьс

Удар
тіла
об
об'єк

Усі інші
травми та
медичні
загостренн
я



Module: Medical Principles in a Nuclear
Detonation



Четвертий тип вибухової травми



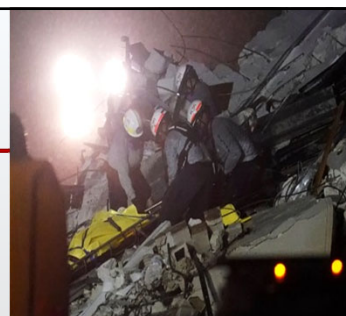
- Механізми (різні):
 - Усі інші травми, хвороби чи захворювання, пов'язані з вибухом
 - Загальні механізми:
 - Ушкодження предметами, що падають
 - Завалення уламками обваленої конструкції
 - Термічні опіки та вдихання диму від пожеж
 - Загострення або неможливість лікування наявних захворювань
 - Іонізуюче випромінювання*
 - *Дехто вважає радіаційні ураження п'ятим типом вибухової травми



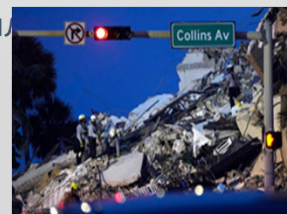
Module: Medical Principles in a Nuclear
Detonation



Четвертий тип вибухової травми



- Характер травми:
 - Типі травми/защемлення
- Види травм
 - Компартмент-синдром / рабдоміоліз
 - Переломи, травми обличчя, черепно-мозкові травми (ЧМТ)
 - Травматична ампутація/крововилив
 - Гіпотермія / зневоднення



Module: Medical Principles in a Nuclear
Detonation



Четвертий тип вибухової травми

- Характер травми:
 - Термічні опіки від детонації або в результаті пожежі від уламків
- Види травм
 - Отримання опіку внаслідок спалаху від ядерного вибуху
 - Термічні опіки шкіри
 - Інгаляційне ураження димом



Module: Medical Principles in a Nuclear
Detonation



Четвертий тип вибухової травми

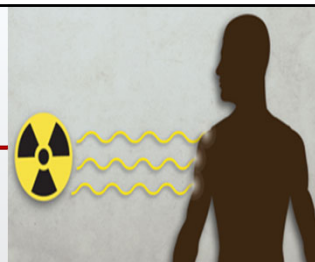
- Характер травми:
 - Стрес або відсутність доступу до медицини загострюють основні медичні проблеми
- Види травм
 - Астма/ХОЗЛ/респіраторні захворювання внаслідок вдихання пилу/димів/токсичних парів
 - Інфаркт міокарда, проблеми з психічним здоров'ям через стрес/страх у постраждалих
 - Діабетичний кетоацидоз, гіпертонія.... Через відсутність ліків або медичної допомоги



Module: Medical Principles in a Nuclear
Detonation



Четвертий тип вибухової травми



- Характер травми:
 - Ураження іонізуючим випромінюванням
 - **Дехто вважає радіаційні ураження п'ятим типом вибухової травми**
- Види травм
 - Гостра променева хвороба
 - Променеве ураження шкіри
 - Внутрішня контамінація



Module: Medical Principles in a Nuclear
Detonation



Принципи медичних дій у разі ядерного вибуху

- Поширеними будуть комбіновані ушкодження внаслідок опромінення та травм
 - Комбіновані ушкодження = менша ймовірність вижити
 - При деяких травматичних ушкодженнях / опіках неможливо вижити
- За розрахунками, вірогідність виживання для 10% потерпілих залежатиме від медичного втручання та надання медичної допомоги



Module: Medical Principles in a Nuclear
Detonation



З чого розпочати?

- Розроблення ДЕТАЛЬНОГО Плану реагування закладу на радіаційні та ядерні загрози і розроблення відповідних Стандартних Операційних Процедур
- У Плані реагування потрібно врахувати такі позиції як кадрове забезпечення та додаткове навчання персоналу, зміни в поводженні з пацієнтами і їх лікуванні, впровадження Правил радіаційного контролю у закладі, у тому числі програма поводження з відходами, організація дозиметрії пацієнтів, їх сортування і дезактивація, безпека персоналу, бригади ЕМД, порядок комунікації всередині установи та з іншими задіяними сторонами, альтернативні способи комунікації за умови сильного ЕМІ, аналіз необхідних матеріальних ресурсів і шляхи та способи їх поповнення, вдосконалення системи якості, та багато інших питань, що їх необхідно врахувати при підготовці до можливих ядерних/радіаційних загроз...
- Бажано розробити типовий шаблон такого плану для різних установ, якщо його немає.

СОПи, Інструкції, Процедури системи менеджменту, Накази (?), що мають бути розроблені на виконання Плану

- Бригада спеціалізованої медичної допомоги (радіологічна) БСМПР
- Організація надання спеціалізованої медичної допомоги постраждалим при радіаційній аварії
- Організації профілактичного режиму ведення хворих при радіаційних ураженнях
- Надання медичної допомоги при радіоактивному забрудненні та інкорпорації радіонуклідів
- Застосування препаратів стабільного йоду для захисту щитовидної залози та організму від радіоактивних ізотопів йоду
- Надання психіатричної та психологічної допомоги при радіаційних аваріях
- Первинне сортування уражених за проявами первинної реакції на опромінення
- Організація санітарно-пропускну режиму, санітарної обробки шкірних покривів та дезактивації засобів індивідуального захисту, приміщень та обладнання
- Організація прийому постраждалих у радіаційній аварії в клініку
- Підготовки спеціального приймального відділення до прийому пацієнтів з радіаційними ураженнями (забруднених радіоактивними речовинами)
- Підготовка спецприймального відділення до прийому постраждалих у радіаційних аваріях

СОПи, Інструкції, Процедури системи менеджменту, Накази (?), що мають бути розроблені на виконання Плану

- Організація прийому постраждалих у радіаційній аварії в клініку
- Підготовки спеціального приймального відділення до прийому пацієнтів з радіаційними ураженнями (забруднених радіоактивними речовинами)
- Підготовка спецприймального відділення до прийому постраждалих у радіаційних аваріях
- Організація прийому постраждалих у радіаційній аварії в спецприймальному відділенні
- Використання ЗІЗ
- Контроль радіоактивного забруднення
- Біологічна дозиметрія?
- Порядок санітарної обробки шкірних покривів
- План комплексного навчання персоналу
- Рекомендований табель оснащення БСМПР медичним майном
- Перелік та рецептурний склад засобів дезактивації
- Засоби індивідуального захисту медперсоналу
- Медична карта радіаційно ураженого пацієнта
- Поводження з радіоактивними відходами
- Поводження з тілами загиблих

Впровадження протоколів безпеки працівників

1. Створення комунікаційної системи для працівників, яка дозволить поширювати інформацію про дозу опромінення.
2. Інформування всіх працівників про критичну необхідність контролю дози опромінення.
3. Оцінка рівнів дози та наявних ресурсів для проведення вимірювань під час інциденту, та забезпечення відповідного навчання/інструктажів.
4. Отримання, розробка додаткових або вдосконалення наявних методів дозиметрії за потреби. Дозиметри повинні бути роздані працівникам, якщо вони є.
5. Визначення способу документування вимірювань/оцінки дози опромінення, щоб працівники могли захистити себе, а посадові особи служб реагування могли приймати обґрунтовані рішення.
6. Встановлення практики ведення записів для обліку дози кожного працівника в міру її накопичення. Це дозволить мінімізувати дозу та забезпечити вжиття відповідних контрзаходів у разі перевищення порогових значень.

Огляд

Зі працівник аварійних бригад (бригад на місці та за межами)

отримали смертельні дози на ЧАЕС

- Не відслідковували свою дозу

- Не проходили навчання

- Не знали лімітів доз та інструкцій

Щоб запобігти подібним трагедіям у майбутньому, захист працівників аварійних бригад має бути частиною

будь-якого планування реагування на надзвичайні ситуації.



<https://www.iaea.org/newscenter/focus/chernobyl/faqs#:~:text=The%20initial%20explosion%20resulted%20in,and%20one%20of%20cardiac%20arrest>

Використання Засобів Індивідуального Захисту (ЗІЗ)

- Вибір і використання відповідних ЗІЗ є важливим заходом безпеки. Використання відповідних ЗІЗ (наприклад, захисних рукавичок, засобів захисту органів дихання тощо) зменшить ризик забруднення шкіри, потрапляння в організм або вдихання.
- Це, в свою чергу, зменшить радіаційне опромінення працівників та осіб, які здійснюють реагування. Зокрема, використання засобів захисту органів дихання зменшить ризик внутрішнього забруднення

Захисний одяг для служб реагування



Огляд рівнів ЗІЗ

ЗІЗ поділяються на чотири категорії (А, В, С і D) залежно від ступеня захисту, який вони забезпечують, ЗІЗ рівня А забезпечують найвищий ступінь захисту. Найвищий рівень небезпеки, наприклад, наявність вибухових речовин або умов, що становлять безпосередню загрозу життю і здоров'ю, завжди повинен вирішуватися в першу чергу.

Огляд рівнів ЗІЗ

Рівень А: Найвищий рівень захисту, забезпечує повний захист від пари, газів, рідин та твердих речовин. Користувач використовує повністю герметичний костюм і автономний дихальний апарат. Рівень А не потрібен для радіологічного захисту, цей рівень може знадобитися для реагування на певні хімічні небезпеки

Рівень В: Забезпечує захист від рідких хімікатів, але не від пари, використовується з дихальним апаратом. На цьому рівні ЗІЗ слід вибирати, коли потрібен найвищий рівень захисту органів дихання, але рівень захисту шкіри нижчий, ніж рівень А. Захист рівня В - це мінімальний рівень захисту, рекомендований при першому вході на об'єкт, поки небезпека не буде додатково визначена за допомогою моніторингу на об'єкті

Рівень В - надлишковий тиск, на все обличчя, затверджений протихімічний респіратор; хімічно стійкий комбінезон з капюшоном; внутрішні та зовнішні хімічно стійкі рукавички; закриті хімічно стійкі композитні черевики з сетаєвим носком; додаткові зовнішні бахіли для черевиків, одноразове використання

Огляд рівнів ЗІЗ

Рівень С: На цьому рівні ЗІЗ варто обирати, якщо відомі типи забруднюючих речовин у повітрі, виміряні їхні концентрації та дотримані критерії використання засобів захисту органів дихання.

Рівень С вимагає використання повнолицьових або напівмаскових респіраторів для очищення повітря, оснащених комбінованим картриджем для захисту від органічних парів, пилу, димів і туманів, наприклад, комбінованим картриджем Р100

Огляд рівнів ЗІЗ

Рівень D: Мінімальний рівень захисту, призначений для роботи в умовах, де немає небезпеки вдихання шкідливих речовин або поглинання їх через шкіру. Рівень D використовується, коли відомі концентрація(ї) і тип(и) речовини(н), що містяться в повітрі, а критерії, що вимагають використання засобів захисту органів дихання, не дотримані.

Рекомендації щодо використання засобів індивідуального захисту

Рекомендовані рівні ЗІЗ для роботи в різних зонах радіактивного забруднення

Зона	Потенційні небезпеки	Можливі завдання	Рекомендовані ЗІЗ
Гаряча зона (2 мР/год - 10 мР/год або більше, ніж рівень Теплої зони)	- Висока концентрація радіоактивних частинок у повітрі протягом перших 15 хв. вибуху - Радіоактивних джерел під час пожеж в погано провітрюваних приміщеннях/на територіях - Забруднення ґрунту радіоактивними частинками, що впали - Поверхнєве забруднення - Гарячі точки навколо радіоактивних осколків	- Встановлення меж гарячих зон - Проведення операцій з безпеки життєдіяльності - Стабілізація/евакуація постраждалих відповідно до схеми сортування - Допомога самоевакуації через вихідні коридори - Боротьба з пожежами - Контроль доступу - Здійснення моніторингу та визначення характеристик об'єкта - Стабілізація інфраструктури	Рівень В або рівень С (за відсутності пожеж, а всі інші небезпеки були ідентифіковані) <i>Інше спеціалізоване спорядження для конкретних небезпек, якщо це необхідно для виявлених небезпек</i>

Рекомендації щодо використання засобів індивідуального захисту

Рекомендовані рівні ЗІЗ для роботи в різних зонах радіактивного забруднення

Тепла зона (< 2 мР/год, але може бути більше, залежно від обставин)	- Радіоактивні частинки в повітрі, можливо, через ре-суспендування - Пил і сміття на людях/одязі, землі та поверхнях через осадження часток з гарячих зон	- Створення коридорів доступу та виходу для команди реагування та працівників - Продовження оцінок зі встановлення меж зон - Допомога працівникам у гарячих зонах та зонах скринінгу/дезактивації	Рівень С (якщо надається допомога у проведенні скринінгу та дезактивації)
Холодна зона ($< 0,1$ мР/год або близько до фонового рівня, якщо це можливо)	Фонові рівні	- Налаштування місця розташування командного пункту з ліквідації наслідків інциденту - Створення місць для скринінгу/дезактивації - Надання допомоги працівникам та громадянам в зонах огляду та дезактивації - Транспортування постраждалих до лікарень - Інструктування населення з самодезактивації та надання інформації про радіаційний стан	Від рівня D до рівня С (залежно від завдань)

Рекомендації щодо використання засобів індивідуального захисту

Рекомендовані рівні ЗІЗ для роботи в різних зонах радіактивного забруднення

Зона моніторингу стану навколишнього середовища	- Радіоактивність може коливатися від фоновому рівня до рівня гарячої зони - Потенційна довгострокова безпека та/або занепокоєння щодо навколишнього середовища	- Отримання результатів детальних радіологічних вимірювань для встановлення та визначення пріоритетності зон для додаткової евакуації, зон для повторного в'їзду, заходів з реабілітації та оцінка навколишнього середовища	Як правило, рівень D або модифікований рівень D; рівень C може знадобитися за певних обставин
---	--	---	--

ЗІЗ для працівників стаціонарних медичних закладів

- Персонал медичного закладу повинен носити захисний одяг, включаючи хірургічний костюм, комбінезон на блискавці (халат, якщо комбінезону немає), хірургічну шапочку, маску, чоботи та засоби захисту очей. Ідеальними є дві пари хірургічних рукавичок; внутрішній комплект рукавичок прикріплюють до халата.
- Респіратори є найбільш важливими для рятувальників, але їх варто також носити і медичним працівникам, якщо є ймовірність контамінації пацієнтів. Кожен співробітник повинен мати дозиметри, оскільки органи чуття не можуть розпізнати радіацію.
- Персонал має відвідувати забруднену зону лише тоді, коли це необхідно, потрібно часто проводити змиву працівників щоб мінімізувати час впливу. Абсолютно забороняється їсти чи пити в забрудненій зоні, а перед входом до такої зони варто відвідати туалет.

ЗІЗ для працівників екіпажів бригад ЕМД

- Вибір ЗІЗ значною мірою залежить від характеру завдань, що їх будуть виконувати бригади ЕМД, та умов у яких вони будуть працювати



Чи можна ефективно працювати у такому костюмі?



ЗІЗ для членів бригад ЕМД

- Ймовірно, що при виході з брудної зони потрібно мати можливість здійснити дозконтроль, провести дезактивацію, залучати інших осіб до знімання ЗІЗ (залежить від типу використаних засобів)....



REAC/TS
Radiation Emergency Assistance Center/Training Site

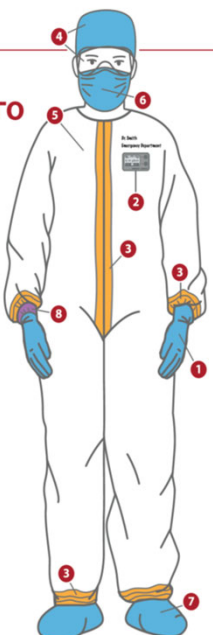
Одягання захисного обмундирування

- 1 Бадни
- 2 Комбінезон або костюм, довгоштанний. Прив'яжіть пояс, закріпіть талончик до пояса одруж до кінця застібки. Застібайте або закріпіть нагачки на чомолі
- 3 Перший комплект рукавичок від маюстами комбінезона або костюма
- 4 Застібайте смички рукавів і маюсти (закріпіть до комбінезона або костюма) (закріпіть до комбінезона або костюма) (закріпіть до комбінезона або костюма)
- 5 Маска на обличчя. Застібайте застібку або еластичну стрічку. Застібайте стрічку на передній та задній панелі комбінезона
- 6 Головне покривало
- 7 Шолом, дивіться на обличчя
- 8 Другий комплект рукавичок. Витягніть, щоб покривати застібку комбінезона або костюма, довгоштанний
- 9 Ідентифікаційний талончик ПІБ та функція на передній і задній панелі комбінезона
- 10 Дозиметр (бачок)

OAK RIDGE INSTITUTE
FOR SCIENCE AND EDUCATION
Shaping the Future of Science



REAC/TS
Radiation Emergency
Assistance Center/Training Site



Зняття захисного одягу

Зовнішню частину всього захисного одягу слід вважати забрудненою

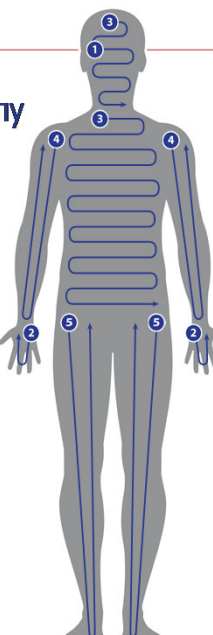
- 1 Зніміть зовнішні рукавички, вивертаючи їх навиворіт під час зняття
- 2 Передайте дозиметр особі на лінії контролю
- 3 Зніміть весь скотч на рукавах, манжетах брюк і блискавці (якщо є)
- 4 Зніміть наголовник і захисний щиток/окуляри, потягнувши їх назад і подальше від обличчя
- 5
 - Комбінезон: Розстібніть блискавку та зніміть, вивертаючи назовні/вниз, залиште бахіли на місці
 - Захисний халат: Відтягніть від шиї/плечей і зніміть, вивертаючи навиворіт
 - Торкайтесь слід лише внутрішньої сторони захисного комбінезону або халата
- 6 Зніміть маску, взявшись за навушники або зав'язки. Не торкайтесь передньої частини маски
- 7
 - Зніміть бахілу з однієї ноги та огляньте нижню частину взуття. Якщо вона не забруднена, поставте ногу через лінію контролю у зону переходу
 - Зніміть другу бахілу і огляньте нижню частину взуття. Якщо вона не забруднена, стійте у зоні переходу, тримаючи руки всередині лінії контролю
- 8 Тримайте руки в контрольованій зоні, зніміть внутрішні рукавички і помістіть їх у забруднений контейнер для сміття
- 9 Виконайте радіаційний контроль від голови до ніг, перш ніж залишити зону переходу



OAK RIDGE INSTITUTE
FOR SCIENCE AND EDUCATION
Shaping the Future of Science



REAC/TS
Radiation Emergency
Assistance Center/Training Site



Контроль персоналу

- Перш ніж вийти із забрудненої зони, перевірте підшви ніг.
- Попросіть людину встати в зоні переходу.
- Попросіть людину встати прямо, ноги злегка розведені, руки витягнуті долонями вгору, пальці випрямлені.
- Перевірте 1 обличчя і 2 руки.
- Перевіряйте р 3 верхньої частини голови, покриття тулуба, 4/2 рук/долонь, 5 ніг. Правильна методика перевірки дуже важлива. Виконуйте контроль 100% площі поверхні тіла повільно і методично.
- Попросіть людину обернутись і повторіть контроль на задній частині тіла.



OAK RIDGE INSTITUTE
FOR SCIENCE AND EDUCATION
Shaping the Future of Science

Огляд приладів

Прилади розрізняються залежно від принципів взаємодії випромінювання з матерією

- Іонізація
- Збудження атомів твердих тіл і рідин
- Зміни в хімічних системах



Огляд приладів

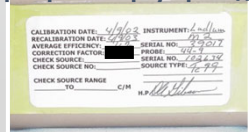
Лічильник Гейгера-Мюллера (ГМ) та вимірювачі з іонізаційною камерою, можуть допомогти виявити та стримати поширення радіаційного забруднення.

- Радометри (Лічильник ГМ, або інші за принципом роботи прилади) дозволяють виявляють виявити альфа-, бета- та гамма-випромінювання, та можуть швидко визначити наявність забруднення
- Прямопоказуючі дозиметри дозволяють визначити безпечний часу, протягом якого персонал може перебувати в забрудненій зоні, або в безпосередній близькості від пацієнта, який має значну контамінацію, до того, як його потрібно буде замінити іншим працівником
- Накопичуючі дозиметри дозволяють встановити кумулятивні дозу опромінення за певний проміжок часу

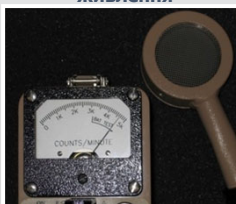
Підготовка приладів до огляду пацієнта

- Перевірка на наявність пошкоджень приладу (особливо зонд і кабель)
- Дата калібрування
- Батарея
- Перевірка роботи

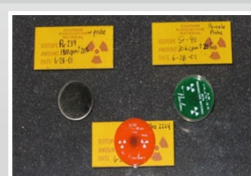
Перевірте повірку приладу



Перевірте елементи живлення



Реакція на контрольне джерело



Module: Practical Radiation Physics and Instrumentation



Module: Basic Radiation Physics





Реакція на контрольне джерело

REAC/TS
Nuclear Emergency
Assistance Center/Training Site

Module: Basic Radiation Physics

Nuclear
Incident
Policy and
Cooperation

Захист персоналу від забруднення

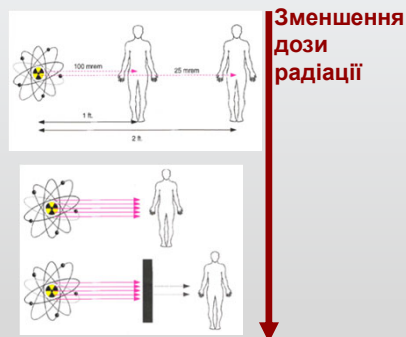
- Дотримуйтесь загальних запобіжних заходів.
- Перевіряйте руки та одяг за допомогою дозиметра.
- Замінюйте забруднені рукавички або одяг.
- Підтримуйте робочу зону в чистоті.

Ключові моменти

- Забруднення легко виявити, і більшу його частину можна видалити.
- Дуже малоймовірно, що медичний персонал отримає великі дози радіації під час лікування забруднених пацієнтів.

Принципи радіаційного захисту

- Час – (Мінімізувати)
- Відстань – (Збільшити)
- Захист – (Правильне екранування)

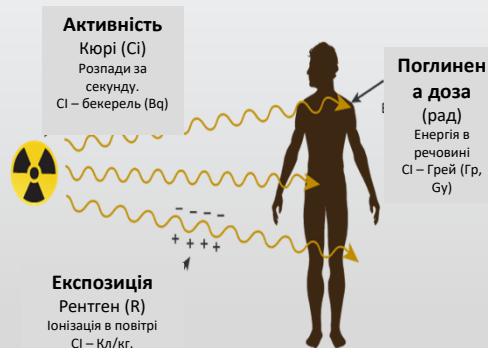


Загальні рекомендації

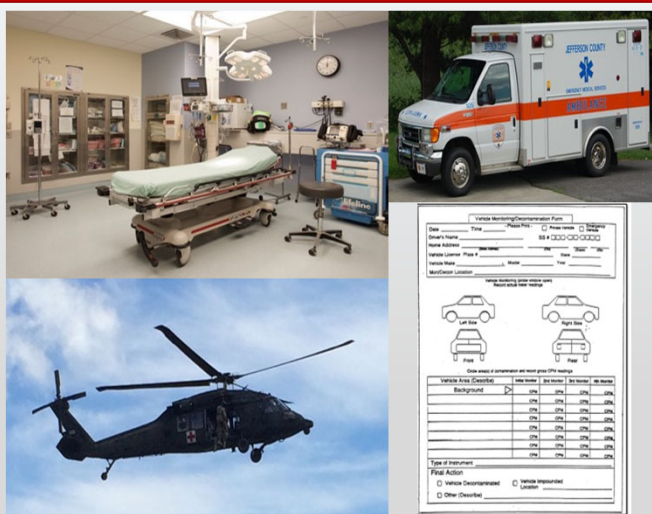
- Мінімізуйте час перебування на забрудненій території
- Максимізуйте відстань від епіцентру
- Використовуйте респіратори та інші ЗІЗ, якщо вони є
- Використовуйте йодид калію за порадою місцевих органів влади

Радіаційне опромінення

- Опромінення - це ТІЛЬКИ поглинена енергія
- Немає додаткових ушкоджень після усунення від джерела
- Опромінений пацієнт НЕ є радіоактивним
- Не становить ризику для медичних працівників



Особливості надання допомоги і транспортування



Загальні принципи медичних дій у випадку радіаційної/ ядерної надзвичайної ситуації

МОДУЛЬ 3. Радіаційні та ядерні загрози і організація роботи медичних закладів

ЛЕКЦІЯ 6.

Прийом постраждалих. Дослідження на наявність забруднення. Порядок проведення деконтамінації пацієнта від радіоактивного забруднення. Догоспітальне сортування пацієнтів. Внутрішньо контаміновані пацієнти. Шляхи потрапляння радіоактивного матеріалу в організм. Лікарські препарати для зменшення наслідків внутрішнього забруднення деякими радіонуклідами. Виявлення радіонуклідів у ранах. Попередня оцінка доз опромінення. Повторне сортування. Біодозиметрія на основі високої експозиційної дози фотонного випромінювання. Алгоритм надання екстренної допомоги при радіаційному ураженні. Поховання після ядерного вибуху. Узагальнення.

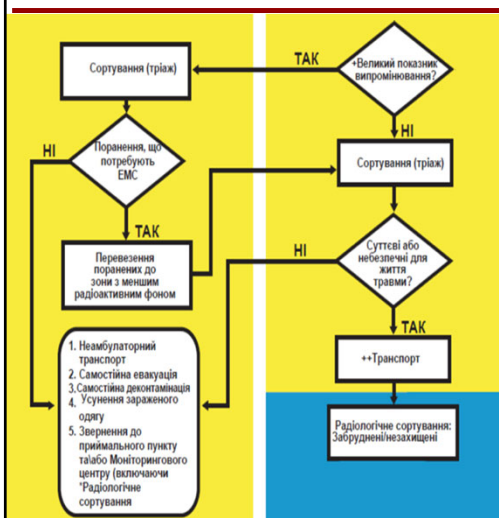
Прийом постраждалих

- Коли пацієнти прибувають після радіоактивного опромінення, пріоритетом є їх стабілізація.
- Пацієнти з невідкладними станами, що загрожують життю, повинні бути доставлені безпосередньо в зону реанімації (до рентгенологічного обстеження та деконтамінації).
- І навпаки, стабільні пацієнти повинні бути деконтаміновані (в окремій зоні деконтамінації, якщо така є) до того, як пацієнт буде доставлений в чисту зону закладу охорони здоров'я.

Прийом постраждалих

- За межами чистих частин об'єкта слід створити окрему **зону сортування** та окрему **зону дезактивації**. Якщо окрема зона дезактивації неможлива, заклади, які приймають постраждалих, повинні мати окрему зону для догляду за пацієнтами після радіаційного інциденту.
- Забруднена територія повинна бути фізично відокремлена від чистої зони чітко визначеними позначками. Для запобігання поширенню радіоактивного матеріалу між забрудненою та чистою територією повинна бути визначена **буферна зона**.
- Усе непотрібне обладнання слід прибрати із забрудненої зони. *Якщо пацієнти не пройшли радіологічне обстеження та дезактивацію до прибуття до приймального закладу, слід вважати, що всі пацієнти контаміновані.*

Догоспітальне сортування



- Де був постраждалий під час події?
- Як довго постраждалий перебував в цьому місці?
- Чи був постраждалий в укритті?
 - Якщо так, який тип укриття? (підвал, наявність вікон, тощо)
- Як довго постраждалий перебував в укритті?
- Як довго перебував на відкритому повітрі?
- Якщо постраждалий виходив із зони, яким шляхом?
- Яким видом транспорту?
- Чи був ще хтось поруч?

Клінічні критерії для повторного сортування

Оскільки при ізольованому променевому ураженні симптоми проявляються не одразу, повторне сортування для визначення ступеня тяжкості гострої променевої хвороби (ГПХ) спирається на конкретні часові прояви:

- **Перші години (первинна реакція):** Головним критерієм стає час до початку блювання та його частота, а також швидкість підвищення температури тіла. Якщо блювання почалося у перші 30–60 хвилин після події, це свідчить про вкрай тяжке або смертельне опромінення.
- **Через 24–48 годин (лабораторний етап):** Повторне сортування проводять у стаціонарі на основі перших аналізів крові. Найнадійнішим індикатором ступеня ураження є швидкість зниження абсолютної кількості лімфоцитів у периферичній крові.

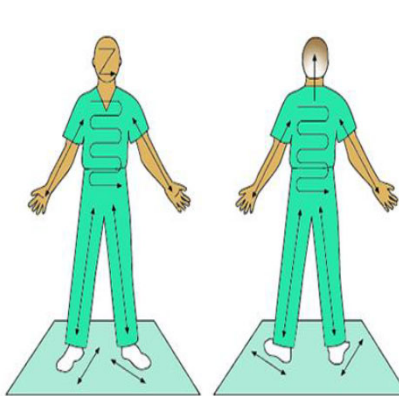
Як проводити огляд



- Переконайтеся, що ви ввімкнули прилад
 - Почніть з найбільш чутливого рівня шкали (змініть за потреби)
 - Завжди знайте, який коефіцієнт ви використовуєте
- Огляд в швидкому режимі
 - 1-2 см від поверхні
 - 2-5 см за секунду
 - Будьте обережні, щоб не забруднити детектор
 - Бета/гамма – накрийте зонд

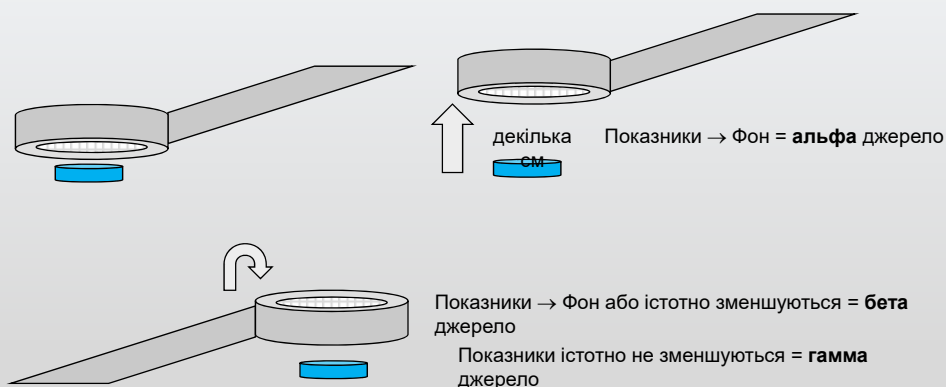
Дослідження забруднення

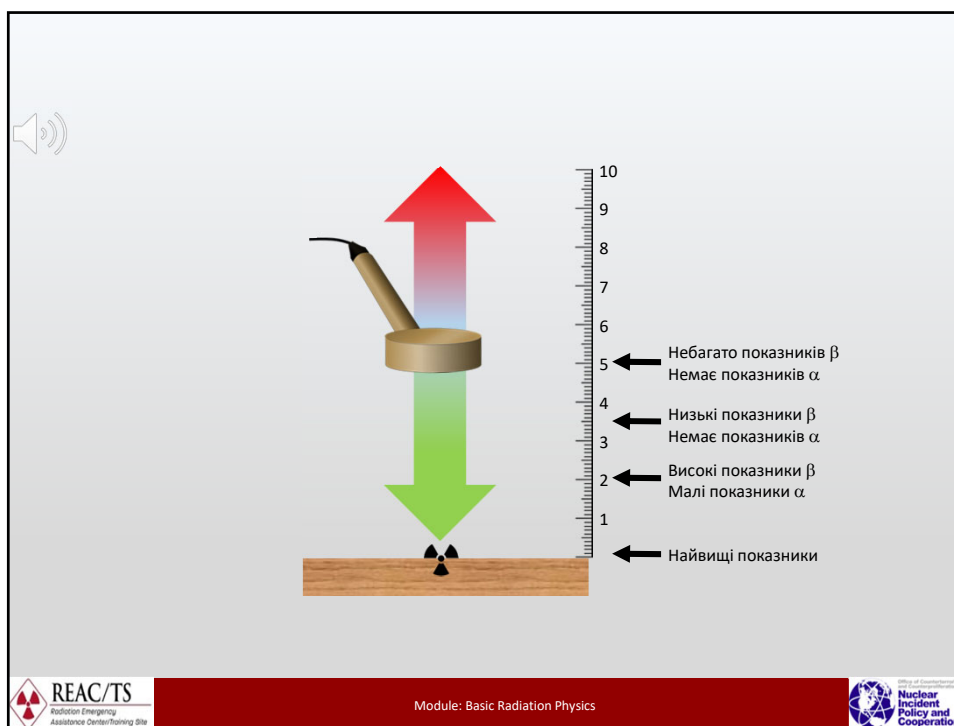
Обстеження за допомогою вимірювальних приладів GM. Обладнанням повинні користуватися особи, які знайомі з використанням приладів для виявлення радіації. Мета — <5 разів нижче фонового рівня. Підготувати протокол обстеження та документацію



Тримайте зонд на відстані приблизно 1-2 см від поверхні. •Рухайтесь зі швидкістю від 2 до 5 см на секунду. •Дотримуйтесь логічної схеми. •Запишіть показання в одиницях виміру.

Альфа, Бета чи Гамма?





Оцінка забруднення



Прийом постраждалих

- Опромінення не є синонімом до слова контамінація
- Зовнішня контамінація (шкіра та одяг) не є ситуацією, що вимагає невідкладної допомоги, оскільки переважна більшість контамінації усувається за рахунок зняття одягу. **Знімаючи одяг, уникайте струшування**, оскільки це може розповсюдити радіаційне забруднення в повітря або назад на пацієнта. Після стабілізації необхідно провести деконтамінацію пацієнта та обстежити пацієнта на предмет зовнішньої контамінації за допомогою датчика з лічильником ГМ, який необхідно ізолювати прозорим, водонепроникним пластиковим пакетом.

ПОРЯДОК ПРОВЕДЕННЯ ДЕКОНТАМІНАЦІЇ ПАЦІЄНТА ВІД РАДІОАКТИВНОГО ЗАБРУДНЕННЯ

1. Спочатку слід промити відкриті рани, а потім деконтамінувати обличчя та отвори на обличчі (очі, ніс, рот і вуха), потім волосся і, нарешті, шкіру.
2. Контаміновані рани можуть призвести до швидкого проникнення радіоактивних речовин в організм і є першочерговим пріоритетом для деконтамінації. Рани слід обережно промити теплою водою або звичайним фізіологічним розчином; слід уникати енергійного очищення.
3. Висічення відкритих ран виправдане для довгоживучих радіонуклеотидів, особливо тих, що містять альфа-частинки.
4. Рот, ніс, очі та вуха потребують особливої уваги під час деконтамінації через можливість більш швидкого проникнення радіоактивного матеріалу з цих місць.
5. Очі та вуха слід зрошувати, рот варто прополоскати, зуби почистити. Ковтати заборонено (щоб запобігти внутрішній контамінації).
6. Волосся слід мити з використанням шампуню, оскільки вірогідність його забруднення досить висока

ПОРЯДОК ПРОВЕДЕННЯ ДЕКОНТАМІНАЦІЇ ПАЦІЄНТА ВІД РАДІОАКТИВНОГО ЗАБРУДНЕННЯ

- Після завершення першого етапу, решту тіла пацієнта можна вимити водою з милом, рухаючись від периферії до центру.
- Всі прикраси також слід зняти і помити.
- Одяг, знятий з пацієнтів, має бути промаркований, упакований у подвійний поліетиленовий пакет і розміщений у спеціально відведеному місці. Якщо можливо, слід зібрати всі стоки, що утворюються під час деконтамінації.

Після завершення деконтамінації потрібно повторити обстеження на наявність забруднень і занести у журнал разом з результатами початкового дослідження рівнів забруднення

Протокол START (Simple Triage and Rapid Treatment)

Протокол START — це міжнародний стандарт медичного сортування дорослих при масових надзвичайних ситуаціях. Він дозволяє швидко оцінити стан десятків постраждалих (витрачаючи до 30-60 секунд на людину) і розподілити їх за пріоритетністю надання допомоги та евакуації.

1. Здатність ходити (**Зелені**): Усім постраждалим, які можуть самостійно пересуватися, присвоюється зелений статус (легкі травми). Їх відводять у безпечну зону, проте їхній стан періодично перевіряють
2. Дихання (**Червоні** або **Мертві**): Оцініть наявність дихання у тих, хто не може ходити: Не дихає: відкрийте дихальні шляхи та спробуйте відновити положення. Якщо постраждалий не починає дихати — статус чорний (загиблий). Дихає (понад 30 разів на хвилину): статус червоний (негайна допомога). Дихає (менше ніж 30 разів на хвилину): переходьте до наступного кроку.

Протокол START (Simple Triage and Rapid Treatment)

3. Кровообіг (**Червоні** або **Жовті**): Перевірте пульс на променевій артерії або оцініть наповнення капілярів: Пульс відсутній або капілярне наповнення понад 2 секунди: статус червоний. Пульс є і капілярне наповнення менше ніж 2 секунди: переходьте до наступного кроку.

4. Свідомість (**Червоні** або **Жовті**): Оцініть здатність виконати просту команду (наприклад: "Стисніть мою руку"): Не виконує команди / без свідомості: статус червоний. Виконує прості команди: статус жовтий (відтермінована допомога).

Вітчизняні документи, що стосуються сортування постраждалих

- В Україні медичне сортування при масовому надходженні постраждалих на ранньому госпітальному етапі у відділенні екстреної (невідкладної) медичної допомоги здійснюється відповідно до Наказу МОЗ України 368 від 24 лютого 2022 року
- Медичне сортування пацієнтів різних вікових груп у відділенні екстреної (невідкладної) медичної допомоги - відповідно до Наказу МОЗ України 210 від 3 лютого 2022 року.

КОМЕНТАРІ:

- Документи стосуються загальних АЛГОРИТМІВ сортування, але не містять зразка затвердженої форми медичного сортування
- Документи не враховують специфіку радіаційних уражень, та комбінованих уражень (поромінення+травми_

Сортувальні категорії за вірогідною дозою опромінення

У медичних протоколах постраждалих поділяють на категорії для визначення пріоритетності надання допомоги (наприклад, за класифікацією МЕТРЕПОЛ або Центру з контролю та профілактики захворювань США (CDC)):

- Очікувана доза до 2 Гр: Не потребують екстреної евакуації, прогноз сприятливий, стан стабільний.
- Очікувана доза 2–4 Гр: Ізоляція, симптоматичне лікування, можливе призначення антибактеріальної та стимулюючої терапії після евакуації.
- Очікувана доза 4–6 Гр: Постраждалі потребують невідкладного лікування в спеціалізованих гематологічних/радіологічних центрах.
- Очікувана доза понад 6–8 Гр: Прогноз вкрай несприятливий, надання паліативної допомоги, оскільки гостра променева хвороба супроводжується ураженням кишківника або судинним синдромом

Категорії сортування, що включають травми, травми і/або опіки та променеві ушкодження

(Triage and Treatment Tools for Use in a Scarce Resources-Crisis Standards of Care Setting After a Nuclear Detonation, 2011).

Колір	Категорія сортування	Опис
Червоний	Негайна	Поранені (уражені), життя яких знаходиться у небезпеці, але їх можна врятувати, якщо надати невідкладну медичну допомогу (невідкладні). Отримують МД в першу чергу на основі оцінки тільки травми/опіку, тільки опромінення або комбінованого ураження
Жовтий	Відтермінована	Поранені (уражені), яким допомога може бути відтермінована на термін надання допомоги попередній категорії (термінові). Отримують МД в другу чергу на основі оцінки травми/опіку або комбінованого ураження
Зелений	<u>Мінімальна відтермінована В</u> (доза опромінення 1-2 Гр, або КМФ I ст)	Поранені (уражені), які потребують відтермінованої медичної допомоги (ходячі). Мінімальна травма/опік чи її відсутність, можливе мінімальне опромінення, проводиться біодозиметрія (встановлюється за гематологічними показниками у визначені терміни та клінічної переоцінки, особливо при наявності опроміненої дози близько до 2 Гр).
	<u>Мінімальна відтермінована А</u> (доза опромінення <0,5-1Гр, або ГПР)	Мінімальна травма/опік чи її відсутність, можливе мінімальне опромінення, з оцінками дози випромінювання нижче 0,5-1 Гр, не потребують МД та підлягають лише спостереженню.
Чорний	З несприятливим прогнозом	Поранені (уражені), які отримали ушкодження, несумісні з життям, асують. Хворих забезпечують лише паліативною допомогою (симптоматичним лікуванням). Евакуація тільки після «червоних» і «жовтих», якщо до цього часу збереглися життєві функції основних систем організму.

Надання допомоги для різних категорій уражених після аварії

- Уражені «Червоної» та «Жовтої» категорії отримуватимуть медичну допомогу в умовах лікувальних закладів до одужання, зокрема в спеціалізованих закладах.
- Уражені «Зеленої» категорії, як правило, не будуть потребувати лікування, оскільки цитопенія в них взагалі не розвинеться, або не буде досягати значень, що супроводжується клінічними проявами. Такі уражені можуть бути направлені в підрозділ (військовий) чи на амбулаторне лікування (цивільні) для медичного спостереження.
- Уражені «Чорної» категорії мають несприятливий прогноз та, здебільшого, потребуватимуть лише симптоматичного лікування, що може здійснюватися в лікувальних закладах будь-якого рівня.

Категорії сортування стосуються доз, поглинених усім тілом або значною частиною всього тіла.

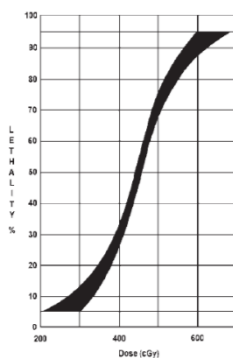
Навіщо потрібна попередня оцінка дози опромінення?

- Розраховується швидко та являє собою потенційну дозу
- Не варто відкладати медичну допомогу в очікуванні більш точних результатів оцінки дози радіації
- Медичному персоналу потрібна попередня оцінка, щоб належно планувати медичне втручання
- Чи є причина для занепокоєння з медичної точки зору?
- Наскільки терміново потрібна медична допомога?
- Точність можна відкоригувати пізніше за результатами досліджень

Оцінка дози може допомогти у сортуванні, якщо є велика кількість постраждалих

	Діапазон ураження	Симптоми	Прихований період
R1	0.5 - 0.7 Гр	Безсимптомно	немає маніфестної стадії
R2	0.7 - 1.25 Гр	Незначні тимчасові ефекти, якщо є	~ 1 місяць
R3	1.25 - 3 Гр	Від легкої до середньої	3-4 тижні
R4	3 - 5.3 Гр	Середня тяжкість	~ 2 тижні
R5	5.3 - 8.3 Гр	Від середньої до важкої	< 1 тиждень
R6	8.3 - 15 Гр	Важка, летальний результат за кілька тижнів	Немає

Летальність без медичного втручання як функція дози опромінення



Джерело: MULTISERVICE TACTICS, TECHNIQUES, AND
PROCEDURES FOR TREATMENT OF NUCLEAR
AND RADIOLOGICAL CASUALTIES (2024)

Як оцінити дозу опромінення?

Дозу можна оцінити за:

- Місцезнаходженням потерпілого та дії щодо укриття під час детонації та під час випадання радіонуклідів
- Часом появи та тяжкість ознак і симптомів ГПХ
- Біодозиметрія: лабораторні дослідження, цитогенетичний аналіз

Швидке сортування при високій дозі опромінення всього тіла

Доза в Грєях (Гр)	Час до блювання (годин)	% постраждалих	Вживання ЛД 50/60
0	0	-	
1	Не застосовується	19	
2	4.63	35	
3	2.62	54	
4	1.74	72	3 інтенсивним лікуванням
5	1.27	86	
6	0.99	94	
7	0.79	98	
8	0.66	99	
9	0.56	100	
10	0.48	100	

Біодозиметрія фотонного опромінення (*Biodosimetry Based on Acute Photon-Equivalent Exposures ; Waselenko JK "Medical Management of the Acute Radiation Syndrome: Recommendations of the Strategic National Stockpile Radiation Working Group", Ann Intern Med, 2004).*

Обсяг надання медичної допомоги залежить від наявних ресурсів

Наявність ресурсів	Обсяг надання медичної допомоги
Повна	Допомога надається в повному обсязі
Задовільна	Обсяг медичної допомоги підтримується за допомогою заходів, що підвищують можливість заміни та збереження ресурсів
Недостатня	Перевага надається тим, у кого наявні ураження з помірною загрозою для життя, оскільки особи з ураженнями, що значно загрожують життю, будуть мати більш високі потреби в ресурсах і гірший прогноз лікування
Мінімальна	Перевага надається тим, у кого наявні ураження з помірною загрозою для життя. Хворі з тяжкими черепно-мозковими, опіковими і радіаційними ураженнями сортуються в паліативну категорію

Картки сортування постраждалих від опромінення

- **Рекомендовано (ДІАГНОСТИКА ТА ЛІКУВАННЯ ГОСТРОЇ ПРОМЕНЕВОЇ ХВОРОБИ, КЛІНІЧНА НАСТАНОВА, ЗАСНОВАНА НА ДОКАЗАХ, 2024) протягом перших 4 днів використовувати Картки сортування, що враховують також і наявні матеріальні ресурси .**

Сортувальна карта 1. Лише радіаційне ураження – категорії сортування постраждалих після отримання ними променевого ураження та урахування наявності ресурсів

Доза опромінення (Гр)	Сортувальні заходи			
>10, або летальні форми ГПХ	З несприятливим прогнозом Негайна	З несприятливим прогнозом	З несприятливим прогнозом	З несприятливим прогнозом
>6 – 10, або КМФ IV	Негайна	Негайна	Відтермінована	З несприятливим прогнозом
>2 – 6, або КМФ II-III	Негайна	Негайна	Негайна	Негайна
>1 – 2 Гр, або КМФ I	Мінімальна на B	Мінімальна на B	Мінімальна на B	Мінімальна на B
<0,5 – 1 Гр, або ГПР	Мінімальна на A	Мінімальна на A	Мінімальна на A	Мінімальна на A
Наявна забезпеченість ресурсами:	Повна	Задовільна	Недостатня	Мінімальна

Сортувальна карта 2. Категорії сортування постраждалих внаслідок травми і комбінованого ураження, в залежності від тяжкості травми, дози опромінення та урахування наявності ресурсів

Тяжкість травми	Травма + опромінення = комбіноване ураження			
≥ травма середньої тяжкості* + доза опромінення >2 Гр, або КМФ II	Негайна	Відтермінована Негайна	З несприятливим прогнозом Відтермінована	З несприятливим прогнозом
Травми та опіки	Тільки травма	Опік >20% площі тіла погіршує категорію сортування на 1-2 пункти		
Тяжка травма	Негайна	Негайна	Відтермінована	З несприятливим прогнозом
Травма середньої тяжкості	Відтермінована	Відтермінована	Негайна	Негайна
Легка травма	Мінімальна	Мінімальна	Мінімальна	Мінімальна
Наявна забезпеченість ресурсами:	Повна	Задовільна	Недостатня	Мінімальна

Внутрішня контамінація

Потрапляння радіоактивного матеріалу всередину організму

Типові шляхи:

- Вдихання
- Ковтання
- Всмоктування через рани або шкіру
- Якщо радіаційний інцидент спричинив вибух або пожежу, слід припустити вдихання радіоактивного матеріалу.

Як виявити внутрішню контамінацію

- Вимірювання рівня радіації всього тіла
 - Застосовується для нуклідів, які випромінюють проникаючі рентгенівські промені або гамма-промені
 - Також дієвий для нуклідів, що випромінюють бета-частинки з високою енергією
- Біологічний аналіз
 - Аналіз сечі – найпоширеніший метод
 - Аналіз калу
 - Взяття матеріалу із ран

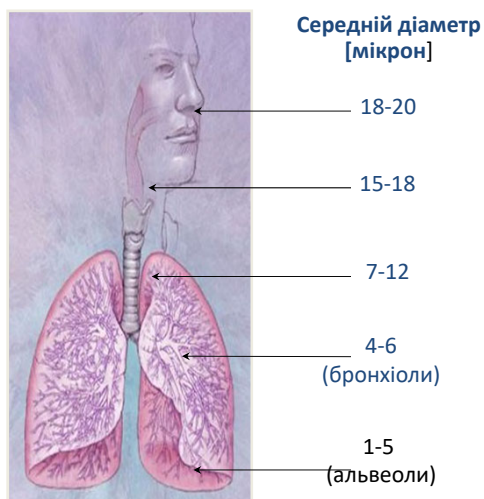
Негайна діагностика

- Назальні мазки
- Виділення з носа
- Обстеження обличчя
- Мокрота
- Аналіз сечі

Інгаляційний шлях

- Розмір частинки визначає, де вона осяде
- Нерозчинні частинки залишаються в легенях тривалий період часу
- Невеликі частинки транспортуються до трахео-бронхіальних лімфатичних вузлів легеневиими макрофагами
- Деякі проходять через дихальні шляхи, ковтаються та виводяться з калом

Розмір частинок і їх розподілення у дихальних шляхах



Час проходження - Носоглотка

Область	Час до проковтування
Ніздрі	60 хв
Носоглотка	10 хв

Час проходження – дихальні шляхи

Область	Час
Трахея	0.1 години
Бронхи	1 година
Бронхіоли	4 години
Термінальні бронхіоли	10 годин
Альвеоли	100 днів +

Час проходження – ШКТ

Область	Час проходження [в годинах]
Шлунок	6
Тонка кишка	14
Верхній відділ товстого кишечника	18
Нижня частина товстого кишечника	22

Середній час перебування в шлунково-кишковому тракті становить 48 годин (1-5 днів), тому основна проблема з ковтанням полягає в тому, щоб видалити контамінацію або прискорити час проходження, щоб зменшити вплив на навколишні тканини

Загальні принципи

- **Нерозчинні речовини**, як правило, виводяться через **шлунково-кишковий тракт (кал)**
- **Розчинні речовини**, як правило, виводяться через **ниркову систему (сечу)**

Методи боротьби з внутрішньою контамінацією

- Зменшує та/або пригнічує всмоктування з шлунково-кишкового тракту – (Берлінська лазур)
- Блокує поглинання органом – (Йодид калію)
- Хелатування – (ДТПА)
- Видалення радіонукліда з рани – хороший метод для альфа-випромінювачів

Ефективне лікування залежить від типу радіонукліду. Варто випадках слід розглянути можливість консультації з гематологами, онкологами та спеціалістами променевої медицини

Берлінська лазур

- Схвалена Управлінням з санітарного нагляду за якістю харчових продуктів та медикаментів (США) для протидії **цезію (Cs) і талію (Tl)**
- Ці ізотопи є розчинними – вони потрапляють у печінку, потім у жовч і назад у тонкий кишечник
- Берлінська лазур зв'язує **розчинний** цезій або талій у шлунково-кишковому тракті, **роблячи його нерозчинним** і виводиться через ШКТ (минаючи ентерогепатичну циркуляцію)
- Виводить 70% при кожному проходженні через ШКТ і скорочує біологічний період виведення

Йодид калію

- Радіоактивний йод¹³¹
 - Ізотоп, поширений при аварії на реакторі або ядерному вибуху
 - ¹³¹I пов'язують із раком щитоподібної залози (особливо протягом перших 20 років життя)
- Йодид калію блокує або насичує щитовидну залозу стабільним йодом
- При застосуванні безпосередньо перед і через 2, 8 і 24 години після опромінення йодид калію запобігає кумулюванню радіоїоду на 100, 80, 40 і 7 відсотків відповідно.
- Забезпечує захист приблизно на 24 години
- Пріоритет лікування йодидом калію визначається віком, при цьому першочергова увага надається немовлятам, дітям, вагітним і годуючим жінкам через підвищений ризик раку щитовидної залози
- Лікування потрібно продовжувати до тих пір, поки пацієнт не перестане піддаватися значному впливу радіоактивного йоду

Рекомендації ВООЗ щодо прийому йодиду калію за віковими групами

Вікова категорія	Маса йоду, мг	Маса KI, мг	Маса KIO ₃ , мг	Частина пігулки яка містить 100 мг йодиду	Частина пігулки яка містить 50 мг йодиду
Немовлята (від народження до 1 місяця)	12,5	16	21	1/8	¼
Діти від 1 місяця до 3 років	25	32	42	1/4	½
Діти 3-12 років	50	65	85	1/2	1
Діти старше 12 років та дорослі	100	130	170	1	2

Блокування йодом щитовидної залози Рекомендації щодо планування та реагування на радіологічні та ядерні надзвичайні ситуації ISBN 978 92 4 155018 5 © Всесвітня організація охорони здоров'я, 2017 р.

ДТПА

(Диетилентріамінпентаоцтова кислота)



ДТПА (Діетилентриамінпентаоцтова кислота)

- Протидія плутонію, америцію, кюрію, ітрію – схвалено Управлінням з санітарного нагляду за якістю харчових продуктів та медикаментів (США)
- Усі мають довгий біологічний період напіврозпаду
- Націлені на кістки → введення в найкоротші терміни (< 2 годин)
- Кальцій ДТПА (Ca-DTPA) та цинк ДТПА (Zn-DTP) - хелатотерапія

Кальцій ДТПА (Ca-DTPA)

- Діетилентриамінпентаоцтова кислота кальцію тринатрію пентат
- Приблизно в 10 разів > ефективніше ніж цинк ДТПА для першої дози
- Після 24 годин кальцій ДТПА = цинк ДТПА за ефективністю
- Багаторазове введення кальцію ДТПА може виснажити цинк, магній і марганець
 - Відслідковуйте рівень мікроелементів
 - Перейдіть на цинк ДТПА для подальшого застосування

Як щодо ран?

- **СПОЧАТКУ** лікуйте стани, що загрожують життю
- Одразу перевірте усі рани та опіки на предмет забруднення
 - Пошкодження захисного бар'єру шкіри може сприяти швидкому поглинанню радіоактивних частинок
- Різні швидкості/ступені поглинання
 - Розчинність
 - Розмір
 - Кровотік
 - Розглядаємо кожен випадок окремо



Module: Early Internal/External Dose Magnitude Estimation



Видалення радіоактивного стороннього тіла

- Локалізація джерела випромінювання може бути утруднена з альфа-частинками
- Радіоактивне забруднення з рани може потрапити до регіонарних лімфатичних вузлів
- Промивайте рани ДТПА/сольовим розчином
- Знезаражуйте – не пошкоджуйте тканини
- Закриття рани залежить від медичних потреб
- Рекомендовано консультації хірургів

Виявлення радіонуклідів у ранах

- Забруднені рани можуть бути дуже маленькими, і їх важко буде побачити
- Гамма-випромінювання можна легко виявити
- Альфа і бета важко виміряти, якщо вони глибоко або покриті кров'ю
 - Зазвичай деякі альфа- або бета-ізотопи будуть на поверхні рани і можуть вказувати на показники забруднення



Діагностичне Референтне Значення (Похідні референтні межі (DRL) – термін REAC/TS

- DRL = Активність у рані, яка у підсумку має:
 - Ефективну дозу 20 або 50 мЗв
 - Або очікувану еквівалентну дозу в органі 500 мЗв
- Припускаємо, що
 - Лікування проводитися не буде
 - В результаті всі речовини потрапляють в систему кровообігу

Оцінка внутрішньої дози

- Оцінка внутрішньої дози базується на фізиці та біології
 - Який орган?
 - Маса матеріалу?
 - Як довго?
 - Енергія опромінення?



Інгаляційно або перорально



Референтне значення поглиненої дози опромінення

- Визначений рівень вимірюваної радіоактивності
- Референтні значення дози (RLI) базуються на рівнях радіоактивності, які можуть становити ризик для здоров'я пацієнта
- Досягнення RLI часто потребує медичного втручання
- Допомагає у прийнятті рішень щодо застосування декорпорації
- На міжнародному рівні необхідність оперативного втручання - досягнення референтного значення дози



Module: Early Internal/External Dose Magnitude Estimation



Приклади референтного значення дози

- Річні основні дозові межі (ALI)
 - За оновленими документами МКРЗ рекомендовано 20 мЗв на рік
 - «Кількість радіоактивних речовин, які при потраплянні в організм, призведуть до досягнення річних дозових меж»
- Примітка: Керівництво МАГАТЕ з безпеки RS-G-1.1: Професійний радіаційний захист 50 мЗв за будь-який один рік



Module: Early Internal/External Dose Magnitude Estimation



Річні основні дозові межі

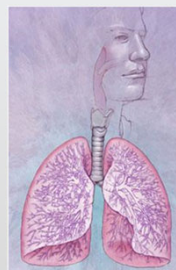
Ізотоп	Інгаляційні річні дозові межі Бк (Bq)	Річні пероральні дозові межі Бк (Bq)
H-3	1×10^9	1×10^9
Sr-90	6×10^4	6×10^5
I-131	1×10^6	8×10^5
Cs-137	2×10^6	1×10^6
Ra-226	9×10^3	9×10^4
U-235	6×10^2	7×10^5
Am-241	3×10^2	3×10^4

Звідки ми беремо інгаляційні дані?

- Назальні мазки
 - Гамма – ручні детектори, ефективні для скринінгу
 - Альфа/Бета – рідинна сцинтиляційна спектрометрія для скринінгу
 - Подальші методи вимірювання можуть підвищити точність
- Дає орієнтовні, але клінічно корисні показники дози

Розрахунок інгаляційної дози

- 25% одразу видихається
- Розмір частинок/фактори розчинності
 - >10 мкм - верхні дихальні шляхи, очищається доходячи до шлунково-кишкового тракту
 - Нерозчинні менші частинки залишаються глибоко в легеневій тканині
- Назальні мазки є хорошим інструментом скринінгу



<https://med.stanford.edu/news/all-news/2013/12/staph-can-lurk-deep-within-nose-study-finds.html>

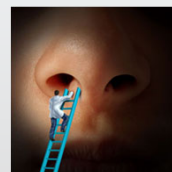


Module: Early Internal/External Dose Magnitude Estimation



Розрахунок потрапляння

- Під час першої години мазки з носа відображають близько 10% потрапляння
- Враховуйте показники обох ніздрів
 - Різні показники для кожної ніздрі вказують на механічне перенесення (перевірте руки)
- Позитивні результати вказують на внутрішнє забруднення
- Негативні результати (особливо із запізненням) нейтральні



<https://med.stanford.edu/news/all-news/2013/12/staph-can-lurk-deep-within-nose-study-finds.html>



Module: Early Internal/External Dose Magnitude Estimation



Збір даних

- Візьміть назальні мазки за допомогою портативного вимірювального приладу
 - Переведіть показники в мкКі (μCi) або МБк (MBq)
 - Помножте на ефективність детектора (припускаємо 10%)
 - Застосуйте емпіричне правило (10%)
 - Порівняйте із інгаляційними річними дозовими межами
 - Чи знаєте ви радіонуклід?
- Потрапляння Бк (Bq) = Швидкість імпульсів (відліки за секунду, cps) × Ефективність (розпади за секунду, dps/відліки за секунду, cps) × 10



Module: Early Internal/External Dose Magnitude Estimation



Повторне сортування за деякими параметрами, що стосуються біодозиметрії

- Час до появи першої блювоти
- Зниження загальної кількості лімфоцитів протягом кількох годин або днів після опромінення
- Виникнення хромосомних аберацій (дицентричних та кільцевих) в лімфоцитах периферичної крові



Module: Acute Radiation Syndrome (ARS)



Біодозиметрія на основі високої експозиційної дози фотонного випромінювання

Доза (Гр)	Час початку блювання		Кількість лімфоцитів ($\times 10^9/\text{літр}$) за день*						Швидкість зниження кількості лімфоцитів	Кількість дисентериків	
	%	Час (год)	0.5	1	2	4	6	8		На 50 клітин	На 1000 клітин
0	-	-	2.45*	2.45	2.45	2.45	2.45	2.45	—	0.05-0.1	1-2
1	19	-	2.30	2.16	1.90	1.48	1.15	0.89	0.126	4	88
2	35	4.63	2.16	1.90	1.48	0.89	0.54	0.33	0.252	12	234
3	54	2.62	2.03	1.68	1.15	0.54	0.25	0.12	0.378	22	439
4	72	1.74	1.90	1.48	0.89	0.33	0.12	0.04	0.504	35	703
5	86	1.27	1.79	1.31	0.69	0.20	0.06	0.020	0.63	51	1024
6	94	0.99	1.68	1.15	0.54	0.12	0.03	0.006	0.756		
7	98	0.79	1.58	1.01	0.42	0.072	0.02	0.002	0.881		
8	99	0.66	1.48	0.89	0.33	0.044	0.006	<0.001	1.01		
9	100	0.56	1.39	0.79	0.25	0.030	0.003	<0.001	1.13		
10	100	0.48	1.31	0.70	0.20	0.020	0.001	<0.001	1.26		

*Нормальна кількість лімфоцитів у крові людини становить від 1.4 до 3.5×10^9 на літр.

Швидкість зниження кількості лімфоцитів базується на моделі $L_t = 2.45 \times 10^9 \text{ літр} \times e^{-kt}$, де L_t — рівноважна кількість лімфоцитів ($\times 10^9/\text{літр}$), $2.45 \times 10^9/\text{літр}$ дорівнює константі a , що представляє середню кількість лімфоцитів від загальної сукупності, k дорівнює константі швидкості зниження кількості лімфоцитів для конкретної дози фотонного випромінювання, а t — це час після опромінення (в днях)

Біодозиметрія експозиційної дози фотонного випромінювання

Доза (Гр)	Час початку блювання		Кількість лімфоцитів ($\times 10^9/\text{літр}$) за день*						Швидкість зниження кількості лімфоцитів	Кількість дисентериків	
	%	Час (год)	0.5	1	2	4	6	8		На 50 клітин	На 1000 клітин
0	-	-	2.45*	2.45	2.45	2.45	2.45	2.45	—	0.05-0.1	1-2
1	19	-	2.30	2.16	1.90	1.48	1.15	0.89	0.126	4	88
2	35	4.63	2.16	1.90	1.48	0.89	0.54	0.33	0.252	12	234
3	54	2.62	2.03	1.68	1.15	0.54	0.25	0.12	0.378	22	439
4	72	1.74	1.90	1.48	0.89	0.33	0.12	0.04	0.504	35	703
5	86	1.27	1.79	1.31	0.69	0.20	0.06	0.020	0.63	51	1024
6	94	0.99	1.68	1.15	0.54	0.12	0.03	0.006	0.756		
7	98	0.79	1.58	1.01	0.42	0.072	0.02	0.002	0.881		
8	99	0.66	1.48	0.89	0.33	0.044	0.006	<0.001	1.01		
9	100	0.56	1.39	0.79	0.25	0.030	0.003	<0.001	1.13		
10	100	0.48	1.31	0.70	0.20	0.020	0.001	<0.001	1.26		

*Нормальна кількість лімфоцитів у крові людини становить від 1.4 до 3.5×10^9 на літр.

Швидкість зниження кількості лімфоцитів базується на моделі $L_t = 2.45 \times 10^9 \text{ літр} \times e^{-kt}$, де L_t — рівноважна кількість лімфоцитів ($\times 10^9/\text{літр}$), $2.45 \times 10^9/\text{літр}$ дорівнює константі a , що представляє середню кількість лімфоцитів від загальної сукупності, k дорівнює константі швидкості зниження кількості лімфоцитів для конкретної дози фотонного випромінювання, а t — це час після опромінення (в днях)

Біодозиметрія експозиційної дози фотонного випромінювання

Доза (Гр)	Час початку блювання		Кількість лімфоцитів ($\times 10^9/\text{літр}$) за день*						Швидкість зниження кількості лімфоцитів	Кількість дисцитриків	
	%	Час (год)	0.5	1	2	4	6	8		На 50 клітин	На 1000 клітин
0	-	-	2.45*	2.45	2.45	2.45	2.45	2.45	--	0.05-0.1	1-2
1	19	-	2.30	2.16	1.90	1.48	1.15	0.89	0.126	4	88
2	35	4.63	2.16	1.90	1.48	0.89	0.54	0.33	0.252	12	234
3	54	2.62	2.03	1.68	1.15	0.54	0.25	0.12	0.378	22	439
4	72	1.74	1.90	1.48	0.89	0.33	0.12	0.044	0.504	35	703
5	86	1.27	1.79	1.31	0.69	0.20	0.06	0.020	0.63	51	1024
6	94	0.99	1.68	1.15	0.54	0.12	0.03	0.006	0.756		
7	98	0.79	1.58	1.01	0.42	0.02	0.01	0.002	0.881		
8	99	0.66	1.48	0.89	0.33	0.04	0.006	<0.001	1.01		
9	100	0.56	1.39	0.79	0.25	0.03	0.003	<0.001	1.13		
10	100	0.48	1.31	0.70	0.20	0.02	0.001	<0.001	1.26		

*Нормальна кількість лімфоцитів у крові людини становить від 1.4 до 3.5×10^9 на літр. Швидкість зниження кількості лімфоцитів базується на моделі $L_t = 2.45 \times 10^9 \text{ літр} \times e^{-ktD}$, де L_t дорівнює кількості лімфоцитів ($\times 10^9/\text{літр}$), $2.45 \times 10^9/\text{літр}$ дорівнює константі a , що представляє середню кількість лімфоцитів від загальної сукупності, k дорівнює константі швидкості зниження кількості лімфоцитів для конкретної дози фотонного випромінювання, а t – це час після опромінення (в днях)



Module: Acute Radiation Syndrome (ARS)



Біодозиметрія експозиційної дози фотонного випромінювання

Доза (Гр)	Час початку блювання		Кількість лімфоцитів ($\times 10^9/\text{літр}$) за день*						Швидкість зниження кількості лімфоцитів	Кількість дисцитриків	
	%	Час (год)	0.5	1	2	4	6	8		На 50 клітин	На 1000 клітин
0	-	-	2.45*	2.45	2.45	2.45	2.45	2.45	--	0.05-0.1	1-2
1	19	-	2.30	2.16	1.90	1.48	1.15	0.89	0.126	4	88
2	35	4.63	2.16	1.90	1.48	0.89	0.54	0.33	0.252	12	234
3	54	2.62	2.03	1.68	1.15	0.54	0.25	0.12	0.378	22	439
4	72	1.74	1.90	1.48	0.89	0.33	0.12	0.044	0.504	35	703
5	86	1.27	1.79	1.31	0.69	0.20	0.06	0.020	0.63	51	1024
6	94	0.99	1.68	1.15	0.54	0.12	0.03	0.006	0.756		
7	98	0.79	1.58	1.01	0.42	0.02	0.01	0.002	0.881		
8	99	0.66	1.48	0.89	0.33	0.04	0.006	<0.001	1.01		
9	100	0.56	1.39	0.79	0.25	0.03	0.003	<0.001	1.13		
10	100	0.48	1.31	0.70	0.20	0.02	0.001	<0.001	1.26		

*Нормальна кількість лімфоцитів у крові людини становить від 1.4 до 3.5×10^9 на літр. Швидкість зниження кількості лімфоцитів базується на моделі $L_t = 2.45 \times 10^9 \text{ літр} \times e^{-ktD}$, де L_t дорівнює кількості лімфоцитів ($\times 10^9/\text{літр}$), $2.45 \times 10^9/\text{літр}$ дорівнює константі a , що представляє середню кількість лімфоцитів від загальної сукупності, k дорівнює константі швидкості зниження кількості лімфоцитів для конкретної дози фотонного випромінювання, а t – це час після опромінення (в днях)



Module: Acute Radiation Syndrome (ARS)



Біодозиметрія експозиційної дози фотонного випромінювання

Доза (Гр)	Час початку блювання		Кількість лімфоцитів ($\times 10^9$ /літр) за день*						Швидкість зниження кількості лімфоцитів	Кількість дисцентріків	
	%	Час (год)	0.5	1	2	4	6	8		На 50 клітин	На 1000 клітин
0	-	-	2.45*	2.45	2.45	2.45	2.45	2.45	--	0.05-0.1	1-2
1	19	-	2.30	2.16	1.90	1.48	1.15	0.89	0.126	4	88
2	35	4.63	2.16	1.90	1.48	0.89	0.54	0.33	0.252	12	234
3	54	2.62	2.03	1.68	1.15	0.54	0.25	0.12	0.378	22	439
4	72	1.74	1.90	1.48	0.89	0.33	0.12	0.044	0.504	35	703
5	86	1.27	1.79	1.31	0.69	0.20	0.06	0.020	0.63	51	1024
6	94	0.99	1.68	1.15	0.54	0.12	0.03	0.006	0.756		
7	98	0.79	1.58	1.01	0.42	0.02	0.01	0.002	0.881		
8	99	0.66	1.48	0.89	0.33	0.04	0.006	<0.001	1.01		
9	100	0.56	1.39	0.79	0.25	0.03	0.003	<0.001	1.13		
10	100	0.48	1.31	0.70	0.20	0.02	0.001	<0.001	1.26		

*Нормальна кількість лімфоцитів у крові людини становить від 1.4 до 3.5×10^9 на літр. Швидкість зниження кількості лімфоцитів базується на моделі $L_t = 2.45 \times 10^9 \text{ літр} \times e^{-kt}$, де L_t – порівнює кількість лімфоцитів ($\times 10^9$ /літр), 2.45×10^9 /літр – порівнює константі a , що представляє середню кількість лімфоцитів від загальної сукупності, k – порівнює константі швидкості зниження кількості лімфоцитів для конкретної дози фотонного випромінювання, а t – це час після опромінення (в днях).



Module: Acute Radiation Syndrome (ARS)



Біодозиметрія на основі високої експозиційної дози фотонного випромінювання

Доза (Гр)	Час початку блювання		Кількість лімфоцитів ($\times 10^9$ /літр) за день*						Швидкість зниження кількості лімфоцитів	Кількість дисцентріків	
	%	Час (год)	0.5	1	2	4	6	8		На 50 клітин	На 1000 клітин
0	-	-	2.45*	2.45	2.45	2.45	2.45	2.45	--	0.05-0.1	1-2
1	19	-	2.30	2.16	1.90	1.48	1.15	0.89	0.126	4	88
2	35	4.63	2.16	1.90	1.48	0.89	0.54	0.33	0.252	12	234
3	54	2.62	2.03	1.68	1.15	0.54	0.25	0.12	0.378	22	439
4	72	1.74	1.90	1.48	0.89	0.33	0.12	0.044	0.504	35	703
5	86	1.27	1.79	1.31	0.69	0.20	0.06	0.020	0.63	51	1024
6	94	0.99	1.68	1.15	0.54	0.12	0.03	0.006	0.756		
7	98	0.79	1.58	1.01	0.42	0.02	0.01	0.002	0.881		
8	99	0.66	1.48	0.89	0.33	0.04	0.006	<0.001	1.01		
9	100	0.56	1.39	0.79	0.25	0.03	0.003	<0.001	1.13		
10	100	0.48	1.31	0.70	0.20	0.02	0.001	<0.001	1.26		

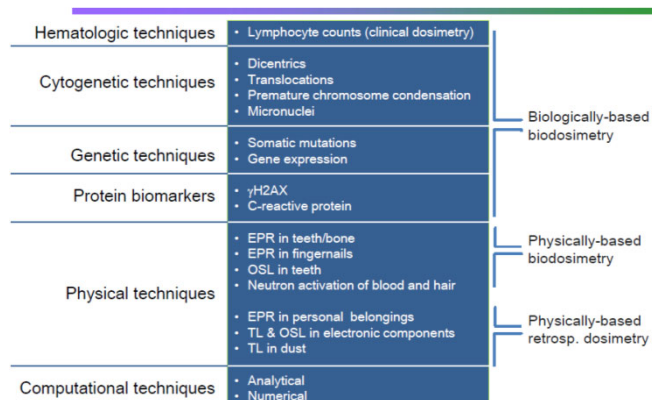
*Нормальна кількість лімфоцитів у крові людини становить від 1.4 до 3.5×10^9 на літр. Швидкість зниження кількості лімфоцитів базується на моделі $L_t = 2.45 \times 10^9 \text{ літр} \times e^{-kt}$, де L_t – порівнює кількість лімфоцитів ($\times 10^9$ /літр), 2.45×10^9 /літр – порівнює константі a , що представляє середню кількість лімфоцитів від загальної сукупності, k – порівнює константі швидкості зниження кількості лімфоцитів для конкретної дози фотонного випромінювання, а t – це час після опромінення (в днях).



Module: Acute Radiation Syndrome (ARS)



МЕТОДИ РЕТРОСПЕКТИВНОЇ ДОЗИМЕТРІЇ



Джерело: Ainsbury et al. Review of Retrospective Dosimetry Techniques for External Ionising Radiation Exposures, Rad Protection Dosimetry 2011;147:573-592.

ЧУТЛИВІСТЬ І ЧАС ВИКОНАННЯ АНАЛІЗУ ДЕЯКИМИ МЕТОДАМИ РЕТРОСПЕКТИВНОЇ ДОЗИМЕТРІЇ

Assay	Specificity to radiation	Sensitivity to radiation	Signal stability	Time for 50 samples (days)
Dicentric	Excellent	0.1 – 5 Gy	Months	4-6
FISH	Good	0.5 – 5 Gy	Years	4
Micro nuclei	Good	0.5 – 5 Gy	Weeks	6
γ -H2AX	Good	0.01 - 10 Gy	hours	1
Proteomics	Good	0.5 – ca 10 Gy	Hours	1
EPR/OSL	Excellent	0.05 - > 50 Gy	Months – years	1

Джерело: Ainsbury et al. Review of Retrospective Dosimetry Techniques for External Ionising Radiation Exposures, Rad Protection Dosimetry 2011;147:573-592.

Медичні аналізи опроміненого пацієнта

Тест	Точка (місце) деконтамінації	Лікувально-профілактичне Відділення (MCu/Role 2)	Госпіталь (MCu/Role 3)	Третинна медична допомога (MCu/Role 4)
Мазки з носа для верифікації інгаляції радіоактивних речовин	+			
Оцінка зовнішнього забруднення	+	+	+	
Радіохімічний аналіз сечі та калу на внутрішню контамінацію радіонуклідами		Провести первинний базовий забір	24-годинний зразок	+
Загальний аналіз крові (ЗАК)/тромбоцити	Якщо може бути виконано	Первинний базовий забір, а потім щодня	Щодня протягом 2	Щодня протягом 2 тижнів
Абсолютна кількість лімфоцитів		Кожні 4-12 годин	Кожні 4-12 годин протягом 3	
Субтипуювання лейкоцитарного антигену людини		Провести забір крові для аналізу	Взяти зразок крові до того, як впаде кількість лімфоцитів	Взяти зразок крові до того, як впаде кількість лімфоцитів

Позначення: MCu/Role – рівень надання медичної допомоги

Медичні аналізи опроміненого пацієнта

Тест	Точка (місце) деконтамінації	Лікувально-профілактичне Відділення (MCu/Role 2)	Госпіталь (MCu/Role 3)	Третинна медична допомога (MCu/Role 4)
Цитомегаловірус			+	+
Гемоглобін аглютинін			+	+
Антитіла до респіраторно-інципіального вірусу людини				+
Цитогенетика а лімфоцитів		Провести забір крові для аналізу	Візьміть зразок до того, як кількість	+

Позначення: MCu/Role – рівень надання медичної допомоги

Медичні контрзаходи, що застосовуються в різних сценаріях аварійних ситуацій
(National stockpiles for radiological and nuclear emergencies: policy advice World Health Organization 2023)

Сценарій	Потенційно залучені ізотопи	Основний вплив на здоров'я	Рекомендований фармацевтичний засіб	Кількість потенційно постраждалих людей (згідно попереднім досвідом або даними моделювання)
Аварія на АЕС	Високий вплив: I, Cs Обмежений вплив: Pu, Sr, багато інших	Зовнішнє та внутрішнє забруднення, психічний та психологічний вплив, підвищений ризик онкозахворювань	Блокування щитоподібної залози за допомогою KI (йодна профілактика)	Населення поблизу ядерної установки - зона термінових захисних заходів (ЗТЗЗ)
Ядерна детонація (≤ 10 кт) ⁹	Численні ізотопи з коротким періодом напіврозпаду: наприклад I, Cs, Su, Pu, U	Масові ураження: летальні випадки, термічні опіки, травми, комбіновані ушкодження, ГПС, шкірно-променеви синдром, психічні наслідки, підвищений ризик онкозахворювань	Гранулоцитарний колонієстимулюючий фактор (Г-КСФ) для пацієнтів з ГПС; KI для працівників екстрених служб	$\leq 200\,000$ осіб, які потребують невідкладної допомоги в місті населенням в 2 млн
Радіологічний розсіювальний пристрій	Cs, Am, Su, I та інші ізотопи, що використовуються в дослідженнях; Ir, Co, Po, Pu, а також інші ізотопи можуть бути використані.	Зовнішнє забруднення радіоактивними частинками, пилом, порошком; рани, забруднені радіоактивними уламками; психічні та психологічні ефекти	Для внутрішнього забруднення Cs: Берлінська лазур Am, Pu: Са ДТРА, Zn ДТРА; Po: 2,3-димеркаптопропансулфонат натрію, Sr: альгірати	Під час аварії в Гомії, Бразилія, < 1% вимагало декорувати Берлінською лазур'ю при внутрішній контамінації радіоізотопами Cs. У змодельованому сценарії 60000 людей можуть потребувати лікування ДТРА протягом 30 або 90 днів
Отруєння радіоактивним ізотопом		Внутрішня контамінація (орган-мішень залежно від ізотопу); можливий летальний результат із випромінювачами (наприклад, отруєння Po-210); підвищений ризик онкозахворювань		Відсутні доступні приклади через велику варіативність сценаріїв

Медичні контрзаходи, що застосовуються в різних сценаріях аварійних ситуацій
(National stockpiles for radiological and nuclear emergencies: policy advice World Health Organization 2023)

Сценарій	Потенційно залучені ізотопи	Основний вплив на здоров'я	Рекомендований фармацевтичний засіб	Кількість потенційно постраждалих людей (згідно попереднім досвідом або даними моделювання)
Пристрій радіологічного опромінення	Будь-який γ -випромінювач Без ізотопної обробки	Може призвести до високодозового зовнішнього опромінення всього тіла та ГПС. Кількість постраждалих залежатиме від сценарію, дози радіоактивності, джерела/потужності опромінення та часу перебування поблизу	Цитокіни та фактори росту для пацієнтів з ГПС	Повідомляється про декілька випадків випадкового локального опромінення (наприклад, неправильне використання промислових радіоактивних джерел Ir-192 і Co-60). Для навмисного сценарію не знайдено даних моделювання



Тіла померлих слід помістити в окремий морг, наприклад, у причіп-рефрижератор. Якщо тіла не можуть бути повністю деконтаміновані, їх необхідно поховати. Кремація не знищить ядерний матеріал.

Поховання після ядерного вибуху

- Ставлення з гідністю і повагою до знайдених людських останків
- Зведення до мінімуму поширення забруднення
- Персонал долучений до поховань повинен бути навчений радіаційним заходам безпеки
- По можливості слід використовувати польові морги
- Холодильні установки (сховища) не ближче 10 метрів від робочої зони
- Для всіх останків < 1 мЗв/год (100 мР/год)



Module: Medical Principles in a Nuclear
Detonation



Рекомендації щодо контамінації померлих

Понад 1 мЗв/год (100 мбер/год)

- Помістіть померлого в холодильну установку
- Короткоживучі ізотопи мають розпастись
- Повинен бути спеціальний план роботи, що відповідатиме радіаційній безпеці та медичній фізиці

Нижче від 1 мЗв/год (100 мбер/год)

- Визначте межі доз опромінення працівників

Менше 300 імп./хв з вирахуванням фону - поховання без обмежень

Транспортування:

- Немає особливих вимог до транспортних контейнерів
- Звичайне маркування на основі дози зовнішнього опромінення



Module: Medical Principles in a Nuclear
Detonation



Узагальнення

- Вплив іонізуючого випромінювання можна зменшити шляхом мінімізації часу опромінення, максимальної відстані до джерела та екранування.
- Заходи радіаційної безпеки повинні бути розроблені таким чином, щоб обмежити радіаційне зараження та опромінення пацієнтів, персоналу лікарні, обладнання лікарні та закладу.
- **Спочатку лікуйте травми, які загрожують життю. Надавайте перевагу загрозливим життю та серйозним медичним станам, а не зусиллям з деконтамінації.**
- Вважається, що всі пацієнти контаміновані, якщо до прибуття до приймального закладу вони не пройшли радіологічне обстеження та дезактивацію.

Узагальнення

- Попередня деконтамінація (наприклад, зняття одягу, миття потерпілого) має розпочатися до входу в медичний заклад і може видалити від 90 до 95% зовнішнього забруднення та обмежити додаткові радіаційні ураження.
- Повторне сортування пацієнтів є ключовим
- Гостра променева хвороба включає наступні стадії: продромальну, латентну, маніфестації захворювання та відновлення.
- Гостра променева хвороба супроводжується високим ризиком гіповолемії, інфекції та кровотечі
- Лікуйте цих пацієнтів, як пацієнтів з ослабленим імунітетом
- Повторна біодозиметрія має прогностичне значення при гострій променевій хворобі.
- Слідкуйте за появою уражень, схожих на опіки, протягом декількох тижнів

ПОСИЛАННЯ НА ВИКОРИСТАНІ ДЖЕРЕЛА

<https://orise.orau.gov/reacts/>

Triage and Treatment Tools for Use in a Scarce Resources-Crisis Standards of Care Setting After a Nuclear Detonation, 2011

National stockpiles for radiological and nuclear emergencies: policy advice World Health Organization 2023

Діагностика і лікування гострої променевої хвороби. Клінічна настанова, заснована на доказах, 2024

ПОСИЛАННЯ НА ВИКОРИСТАНІ ДЖЕРЕЛА

<https://orise.orau.gov/reacts/>

Triage and Treatment Tools for Use in a Scarce Resources-Crisis Standards of Care Setting After a Nuclear Detonation, 2011

National stockpiles for radiological and nuclear emergencies: policy advice World Health Organization 2023

Діагностика і лікування гострої променевої хвороби. Клінічна настанова, заснована на доказах, 2024

ДОВІДКОВІ МАТЕРІАЛИ

Керівництво з планування реагування на ядерну детонацію (3-є видання) 2022. Федеральне агентство з надзвичайних ситуацій США, Департамент охорони здоров'я та соціальних служб США (FEMA Planning Guidance for Response to a Nuclear Detonation (3rd ed.) 2022. U.S Federal Emergency Management Agency, U.S. Health and Human Services). https://www.fema.gov/sites/default/files/documents/fema_nuc-detonation-planning-guide.pdf

МАГАТЕ та Всесвітня організація охорони здоров'я (ВООЗ). (1998). Діагностика та лікування радіаційних уражень (Серія звітів з безпеки № 2) (IAEA & World Health Organization (WHO). (1998). Diagnosis and Treatment of Radiation Injuries (Safety Reports Series No. 2)). http://www-pub.iaea.org/MTCD/publications/PDF/P040_scr.pdf

МАГАТЕ. (2006). Посібник для служб реагування на радіологічну надзвичайну ситуацію. МАГАТЕ (IAEA. (2006). Manual for First Responders to a Radiological Emergency. IAEA.)

<https://www.iaea.org/publications/7606/manual-for-first-responders-to-a-radiological-emergency>

<https://nkrzu.gov.ua/res/nor/pma>

[https://www.cdc.gov/radiation-](https://www.cdc.gov/radiation-emergencies/?CDC_AAref_Val=https://www.cdc.gov/nceh/radiation/emergencies/pdf/population-monitoring-guide.pdf)

[emergencies/?CDC_AAref_Val=https://www.cdc.gov/nceh/radiation/emergencies/pdf/population-monitoring-guide.pdf](https://www.cdc.gov/nceh/radiation/emergencies/pdf/population-monitoring-guide.pdf)

https://www.epa.gov/sites/default/files/201701/documents/epa_pag_manual_final_revisions_01-11-2017_cover_disclaimer_8.pdf

ДЯКУЮ ЗА УВАГУ!

Контактна інформація:

sorochynskyib@who.int

050 7444212