

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
НАЦІОНАЛЬНА АКАДЕМІЯ ПЕДАГОГІЧНИХ НАУК УКРАЇНИ  
НАУКОВО-МЕТОДИЧНИЙ ЦЕНТР ВФПО  
ЖИТОМИРСЬКИЙ МЕДИЧНИЙ ІНСТИТУТ ЖОР**

**Методичні рекомендації до самостійної роботи здобувачів з освітнього компонента «Основи медичної допомоги в умовах воєнного часу та надзвичайних ситуацій»**

**ТЕМА: ЯДЕРНА ЗБРОЯ. РАДІАЦІЙНІ УРАЖЕННЯ**

**КОНКУРС «Педагогічний ОСКАР–2024»**

**НОМІНАЦІЯ** Сучасні дидактичні підходи до організації практичної підготовки здобувачів освіти у закладі фахової передвищої освіти

**ГАЛУЗЬ ЗНАНЬ** (22 «Охорона здоров'я»)

**СПЕЦІАЛЬНІСТЬ** (223 «Медсестринство»)

**Автор:** Кокоріна Світлана Антонівна, викладач хірургічних дисциплін, кваліфікаційна категорія «спеціаліст вищої категорії»

**Рецензент:** Гуменна Людмила Василівна, викладач хірургічних дисциплін, кваліфікаційна категорія «спеціаліст вищої категорії», викладач-методист, голова ЦК хірургічних дисциплін

Методичні рекомендації до самостійної роботи розроблені для здобувачів фахової передвищої освіти галузі знань 22 «Охорона здоров'я», спеціальності 223 «Медсестринство» на одну із тем робочої програми з освітнього компонента «Основи медичної допомоги в умовах воєнного часу та надзвичайних ситуацій».

Методичні рекомендації містять розгорнутий зміст теми, питання для самоконтролю, тестові завдання, ситуаційні задачі для контролю навичок самостійного отримання знань, що формує пізнавальні здібності здобувачів та їх спрямованість на безперервну самоосвіту.

Рекомендовано цикловою комісією хірургічних дисциплін.  
Протокол № 5 від «28» грудня 2023 р.

## ВСТУП

Однією з найважливіших стратегічних завдань сучасної вищої медичної освіти є формування професійної компетентності майбутніх фахівців. Суспільство висуває високі вимоги до рівня підготовки медичного фахівця, до професійних навичок, здатності приймати самостійні рішення, вмінню вибирати в значному обсязі інформацію, яка необхідна для поставленого завдання, опрацювати її та використовувати.

Самостійна робота здобувачів вищої освіти – це основна форма організації навчання, яка включає різноманітні види індивідуальної й колективної навчальної діяльності, що здійснюється на аудиторних та поза аудиторних заняттях з урахуванням індивідуальних особливостей і пізнавальних можливостей здобувачів вищої освіти під керівництвом викладача або без його безпосередньої участі, постійний зовнішній контроль замінюється самоконтролем і активна роль у навчанні більше належить здобувачу вищої освіти, що формує їх пізнавальні здібності та спрямованість на безперервну самоосвіту.

Самостійна робота здобувачів вищої освіти забезпечується системою навчально-методичного забезпечення, передбаченою робочою програмою навчальної дисципліни: методичними рекомендаціями з організації самостійної роботи, підручниками, навчальними та методичними посібниками, конспектами лекцій, збірниками завдань, практикумами, електронними ресурсами та іншими навчально-методичними матеріалами.

Методичні матеріали для самостійної роботи здобувачів вищої освіти повинні передбачати можливість проведення самоконтролю з боку їх самих. Самостійна робота включає: опрацювання навчального матеріалу згідно методичних рекомендацій до самостійної роботи, виконання індивідуальних завдань, науково-дослідну роботу.

Контроль засвоєння навчального матеріалу з освітнього компонента, віднесеного на самостійну роботу, є обов'язковим. Форми контролю визначаються робочою програмою навчальної дисципліни і можуть включати виконання тестових завдань, ситуаційних задач, індивідуальних завдань, рефератів, винесення самостійно засвоєного матеріалу на підсумковий семестровий контроль (разом з матеріалом, що вивчався при проведенні аудиторних навчальних занять) тощо.

Формування професійних компетенцій знаходиться в тісному зв'язку з досвідом організації самостійної роботи, накопиченим у студентські роки. Тому набуття здобувачем вищої освіти навичок самостійного отримання знань, самоосвіти за роки навчання є важливою складовою вищої освіти.

## ЗМІСТ

1. Актуальність теми.....	5
2. Мета та навчальні цілі самостійної роботи.....	5
3. Перелік компетентностей.....	5
4. Міждисциплінарна інтеграція.....	7
5. Зміст теми.....	8
6. Електронні ресурси для самостійного опрацювання.....	33
7. Матеріали для самоконтролю (питання, тести, задачі).....	34
8. Рекомендовані джерела інформації.....	38

# Тема: Характеристика ядерної зброї. Радіаційні ураження.



## 1. Актуальність теми:

У воєнних доктринах багатьох країн світу важлива роль відводиться застосуванню зброї масового ураження (хімічної, ядерної, бактеріологічної), як зброї великої уражаючої здатності, призначеної для нанесення масових втрат та руйнувань. Особливе значення приділяється ядерній зброї, що є одним з самих руйнівних засобів ведення війни. Ризик застосування такої зброї особливо збільшився після повномасштабного вторгнення росії в Україну в лютому 2022 року.

Зважаючи на це майбутні медичні сестри, в сучасних умовах, повинні знати загальні відомості про ядерну зброю, розуміти суть її уражаючих факторів, вміти застосовувати засоби медичного захисту від неї для попередження уражень, знати наслідки дії на людський організм іонізуючого випромінювання, ефективно надавати першу медичну допомогу на догоспітальному етапі для збереження життя максимальній кількості поранених та уражених.

Радіаційні ураження можуть складати значну частину санітарних втрат як на полі бою так і серед цивільного населення. Вони будуть виникати як у момент ядерного вибуху, так і на сліді радіоактивної хмари. В залежності від дози і характеру випромінювання, а також ряду інших умов опромінення (короткочасне чи тривале, рівномірне чи нерівномірне, одноразове чи повторне, зовнішнє, внутрішнє чи змішане, тощо) клінічний перебіг уражень, методи їхньої діагностики, і лікування характеризуються певними особливостями, для розуміння яких необхідне знання біофізичної характеристики іонізуючих випромінювань і патогенезу променевої хвороби.

## 2. Мета та навчальні цілі самостійної роботи:

Вивчити загальні відомості про ядерну зброю, наслідки дії на людський організм іонізуючого випромінювання, клініку, діагностику, лікування променевої хвороби, надання медичної допомоги військовослужбовцям в осередку ядерного вибуху та на етапах медичної евакуації при гострих радіаційних ураженнях.



### **3. Перелік компетентностей, які повинен засвоїти здобувач освіти:**

#### **Загальні компетентності:**

- Усвідомлення рівних можливостей та гендерних проблем.
- Здатність застосовувати знання у практичних ситуаціях.
- Здатність спілкуватися державною мовою як усно, так і письмово.
- Знання та розуміння предметної області та розуміння професійної діяльності.
- Здатність спілкуватися іноземною мовою.
- Здатність до міжособистісної взаємодії.

#### **Фахові компетентності:**

- Здатність до застосовування професійних стандартів та нормативно-правових актів у повсякденній медичній практиці.
- Здатність до вміння задовольняти потреби пацієнта протягом різних періодів життя (включаючи процес умирання), шляхом обстеження, діагностики, планування та виконання медичних втручань, оцінювання результату та корекції індивідуальних планів догляду та супроводу пацієнта.
- Здатність до самоменеджменту у професійній медичній діяльності.
- Здатність до співпраці з пацієнтом, його оточенням, з іншими медичними й соціальними працівниками на засадах сімейно-орієнтованого підходу, враховуючи особливості здоров'я чи перенесені хвороби та фізичні, соціальні, культурні, психологічні, духовні чинники і фактори довкілля, здійснювати санітарно-просвітницьку роботу.
- Здатність до динамічної адаптації та саморегуляції у важких життєвих і професійних ситуаціях з урахуванням механізму управління власними емоційною, мотиваційно-вольовою, когнітивною сферами.
- Здатність до роботи в мультидисциплінарній команді при здійсненні професійної діяльності, для ефективного надання допомоги пацієнту протягом життя, з урахуванням усіх його проблем зі здоров'ям.
- Здатність до вміння обирати обґрунтовані рішення в стандартних клінічних ситуаціях, спираючись на здобуті компетентності та нести відповідальність відповідно до законодавства.
- Здатність до використання інформаційного простору та сучасних цифрових технологій в професійній медичній діяльності.
- Здатність до використання сукупностей професійних навичок (умінь) при підготовці та проведенні діагностичних досліджень та застосовуванні дезінфікуючих і лікарських засобів у професійній діяльності.
- Здатність до забезпечення безпеки пацієнта, дотримання принципів інфекційної та особистої безпеки, збереження здоров'я у процесі здійснення

догляду, виконання маніпуляцій, процедур, при переміщенні та транспортуванні пацієнта, наданні екстреної медичної допомоги.

- Здатність до застосування сукупностей втручань та дій для забезпечення пацієнту гідного ставлення, конфіденційності, захисту його прав, фізичних, психологічних та духовних потреб на засадах транскультурального медсестринства, толерантної та неосудної поведінки.

- Здатність до безперервного професійного розвитку фахівців у сфері охорони здоров'я (освіта впродовж життя).

- Здатність до використання професійно профільованих знань, умінь та навичок для здійснення санітарно-гігієнічних і лабораторних досліджень, протиепідемічних та дезінфекційних заходів.

- Здатність до дотримання принципів медичної етики та деонтології.

- Здатність до здійснення профілактичних втручань, спрямованих на зменшення інфекційних захворювань серед дорослого та дитячого населення, зокрема вакцинацію згідно з календарем профілактичних щеплень та екстрену імунопрофілактику, включаючи її популяризацію.

#### 4. Міждисциплінарна інтеграція (знання базових компетентностей необхідних для вивчення теми)

<i><b>Освітній компонент</b></i>	<i><b>Знати</b></i>	<i><b>Вміти</b></i>
Анатомія людини	Будову органів та систем людини.	Визначити важкість і локалізацію ураження.
Фармакологія та медична рецептура	Механізм дії протирадіаційних, знеболювальних, антисептичних засобів, кортикостероїдів, нестероїдних протизапальних засобів, антибіотиків, їх дозу.	Призначати медикаментозні препарати відповідно ураженню.
Фізіологія людини	Фізіологічні основи функціонування органів та систем людини.	Перевірити життєві показники органів та систем людини.
Медсестринство у внутрішній медицині	Клініку, діагностику, лікування променевої хвороби, надання медичної допомоги при гострих радіаційних ураженнях.	Оцінювати загальний стан хворого, проводити огляд та сортування постраждалих.
Медсестринство в хірургії	Опікову хворобу, травматичний шок, комбіновані ураження.	Зупиняти критичні кровотечі, накладати пов'язки на рани, проводити іммобілізацію.

Екстрена та невідкладна медична допомога з основами інтенсивної терапі	Невідкладні стани людини, які загрожують життю.	Надавати невідкладну медичну допомогу при різних критичних станах на до госпітального етапі
--	---	---

## 5. Зміст теми:

### Загальна характеристика ядерної зброї.



Серед сучасних засобів ведення військових дій ядерна зброя має найбільшу руйнівну силу.

В основі ядерної зброї лежить використання внутрішніх ядерних реакцій: поділ важких елементів урану - 233, урану - 235, плутонію -239 і синтезу атомів гелію з легких елементів - дейтерію і тритію. У розрахунку на одиницю результативної маси реакція синтезу дає вихід енергії в 4 рази більше порівняно з реакцією поділу. При рівній кількості реагуючих речовин в процесі ядерних реакцій виділяється у мільйони разів більше енергії, ніж у процесі хімічних реакцій, які відбуваються при вибуху звичайного боєприпасу.

Вся енергія звичайного вибуху витрачається на утворення вибухової хвилі і розлітання уламків снарядів. Енергія ядерного вибуху витрачається на утворення великої кількості уражаючих факторів, основними із яких є вибухова хвиля (припадає 50% всієї енергії вибуху), світлове випромінювання (35%), проникаюча радіація в момент вибуху (5%), утворення продуктів поділу ядерного заряду (10%). На відміну від усіх попередніх видів зброї, ядерна зброя здатна одночасно вирішувати не тільки оперативні і тактичні завдання, але і стратегічні завдання війни.

#### Особливостями уражаючої дії ядерної зброї є:

- 1) одномоментність появи санітарних втрат,
- 2) їх масовий характер,
- 3) складна структура.

Так, при несподіваному нападі із застосуванням ядерної зброї загальні людські втрати можуть сягати до 50-60% від загальної чисельності населення міста. При цьому 1/3 людських втрат будуть незворотні, 2/3 становитимуть



санітарні втрати. У структурі санітарних втрат в епіцентрі ядерного вибуху 50-60% будуть складати комбіновані ураження.

Особливості санітарних втрат у сполученні з важкою ситуацією у зоні ядерного ураження та на сліді радіоактивної хмари будуть зумовлювати складність постанови завдань та визначення характеру дій, спрямованих на захист особового складу військ і населення та надання медичної допомоги потерпілим.

### **Види ядерної зброї.**

Відомі три основних види ядерної зброї:

- 1) власне ядерна (або атомна зброя);
- 2) термоядерна;
- 3) нейтрона.

Ядерні боєприпаси основані на принципі використання енергії поділу ядер урану-235 або плутонію-239, ядра яких легко розчіплюються на дві частки від ударів повільних нейтронів. Ядра природного урану-238 розчіплюються важко, тільки під дією удару дуже швидких нейтронів.

Ланцюгова реакція поділу, що призводить до ядерного вибуху, виникає лише при наявності певної кількості речовини, яка називається критичною масою.

При сферичній формі заряду критична маса для урану-235 становить біля 30 кг, для плутонію-239 - 6 кг. У ядерних боєприпасах вона може бути утворена двома способами: імплзії (направленого в середину вибуху, внаслідок чого збільшується щільність речовини) або зближення, за рахунок вибуху, уранових і плутонієвих півкуль, кожна із яких окремо менша критичної маси і не вибухає.

Вибух ядерного боєприпасу відбувається наступним чином. На певній висоті спрацьовує дистанційний детонатор, підриваються порохові заряди, силою їх вибуху півкулі урану або плутонію зближуються, при цьому утворюється критична маса і відбувається ланцюгова реакція поділу.

Термоядерні боєприпаси містять в собі всі частини ядерної бомби і, крім того, термоядерний заряд і природний уран-238 (у корпусі бомби). Вибух термоядерної бомби відбувається в три стадії (треступенева бомба) на основі реакцій поділ - синтез - поділ.

Термоядерний заряд складається з ізотопів водню (дейтерію -  $2\text{H}$ , тритію -  $3\text{H}$ ) і літію -  $6\text{Li}$ . Найбільш часто застосовуються сполуки літію з дейтерієм - дейтерид літію -  $6\text{Li}2\text{H}$ .

### **Вибух термоядерного боєприпасу протікає в три стадії:**

- 1) вибухає ядерний заряд урану або плутонію (ланцюгова реакція поділу ядер) з утворенням всередині бомби температури в декілька мільйонів градусів;
- 2) під дією високої температури відбуваються термоядерні реакції синтезу ядер гелію із дейтерію, тритію та літію з виділенням дуже швидких нейтронів з енергією 10-20 MeV;
- 3) швидкі нейтрони, бомбардуючи ядра урану -238, визивають поділ урану з додатковим виділенням величезної енергії.

Якщо потужність зарядів, в яких використовуються реакції поділу важких ядер, обмежена (порядку 500 тис. т), то використання реакцій синтезу в термоядерних боєприпасах дозволяє створити зброю практично з необмеженою потужністю.

Нейтронні боєприпаси являють собою малогабаритний термоядерний заряд потужністю не більше 10000 т, у якого основна доля енергії виділяється за рахунок реакції синтезу ядер дейтерію і тритію, а кількість енергії, отриманої внаслідок поділу важких ядер у детонаторі мінімальна, але достатня для початку реакцій синтезу. Нейтронна складова проникаючої радіації такого малого по потужності ядерного вибуху буде основною вражаючою силою для особового складу військ.

Для нейтронного боєприпасу на однаковій відстані від епіцентру вибуху доза проникаючої радіації приблизно в 5-10 разів більша, ніж заряду поділу такої ж потужності. Відповідно, зменшується частка енергії, що припадає на ударну хвилю, світлове випромінювання та радіоактивне зараження місцевості.

Характерною для нейтронної зброї особливістю є утворення наведеної радіоактивності в матеріалах військової техніки і озброєння, деяких видах харчових продуктів і хіміко-фармацевтичних засобах.

Фізичні властивості нейтронів визначають їх високу здатність викликати молекулярні пошкодження в біохімічних структурах клітин організму людини. Внаслідок взаємодії нейтронів з водою, білками, ліпідами, жирами, вуглеводами і іншими біоорганічними сполуками організму проходить своєрідне розподілення в тілі людини поглиненої енергії (دوزи) нейтронного потоку. Оскільки нейтронне випромінювання має значно більшу біологічну дію в порівнянні з гама-випромінюванням, то прояв генетичних наслідків навіть важко уявити.

При дозі опромінення 15 рад (0,15 Гр), яка може бути отримана на відстані 2300 м від епіцентру вибуху нейтронного боєприпасу потужністю 1000 т, гостра променева хвороба не розвивається, проте в майбутньому імовірно виникнення злоякісних пухлин, лейкемії, а також передача опроміненими генетичних дефектів на декілька поколінь нащадків.

Сила вибуху ядерних і термоядерних боєприпасів вимірюється тротиловим еквівалентом, під яким умовно розуміють таку кількість звичайної вибухівки - тротилу, енергія вибуху якого буде рівноцінна вибуху певного ядерного чи термоядерного заряду.

**За силою вибуху ядерні боєприпаси умовно поділяють на п'ять калібрів:**

- 1) надмалий (ТЕ - тротиловий еквівалент – до 1 кт);
- 2) малий – (ТЕ – 1-10 кт);
- 3) середній (ТЕ – 10-100 кт);
- 4) великий (ТЕ – 100 кт-1 Мт);
- 5) надвеликий (ТЕ – більше ніж 1 Мт).

За типом ядерну зброю поділяють: на нейтронну (надмалий та малий калібри), атомну (середній калібр) та термоядерну (великий та надвеликий калібри).

### **Види ядерних вибухів.**



За висотою (глибиною) прийнято розрізняти такі види ядерних вибухів:

- 1) космічні;
- 2) висотні;
- 3) повітряні;
- 4) наземні;
- 5) підземні;
- 6) надводні;
- 7) підводні.

**Космічним** називається вибух, який здійснюється на висоті декількох сотень кілометрів від поверхні землі, тобто в космічному просторі. Оскільки в космічному просторі повітря практично відсутнє, ударна хвиля в такому середовищі не утворюється.

Значна енергія вибуху виділяється у вигляді видимого, ультрафіолетового та інфрачервоного, які перетворюють конструктивні матеріали боєприпасу та його носія (ракети) в сильно іонізований газ. Іонізація в атмосфері порушує роботу космічних засобів радіозв'язку.

**Висотним** називається вибух, що відбувається на висоті декількох десятків кілометрів від поверхні землі, тобто за межами тропосфери.

При висотному ядерному вибуху значна частина енергії виділяється у вигляді світлового, ультрафіолетового та інфрачервоного, тому характерною рисою ядерного вибуху на великій висоті є надзвичайно сильна яскравість вогняної кулі. Її світлове випромінювання може завдати пошкоджень зору на відстані більше 500 км, але опіки шкіри на таких відстанях малоімовірні. Висотний ядерний вибух спричиняє сильну іонізацію у верхньому шарі атмосфери, що призводить до тривалого (протягом декількох годин) порушення радіозв'язку, внаслідок чого можуть виникати корабельні та авіаційні катастрофи.

При висотному ядерному вибуху дія на особливий склад військ та населення таких уражаючих факторів, як ударна хвиля, іонізуюче випромінювання і радіоактивне забруднення місцевості, практично виключені.

**Повітряним** називається вибух, який здійснюється на висоті декількох кілометрів від поверхні землі, тобто в межах тропосфери, але при цьому світлова куля не дотикається до поверхні землі. Повітряні вибухи, у свою чергу, поділяються на високі (відбуваються у верхніх шарах тропосфери) та низькі (відбуваються у нижніх шарах тропосфери).

**Наземним** називається вибух, який здійснюється над землею, коли світлова зона дотикається до неї і, як правило, має форму півкулі, що лежить основою на поверхні землі. При наземному ядерному вибуху велика кількість ґрунту диспергується і втягується повітряними течіями у хмару, змішуючись з радіоактивними продуктами ядерного вибуху. Утворений таким чином радіоактивний пил, осідаючи на поверхню землі, створює сильне радіоактивне зараження місцевості як у самому районі ядерного вибуху, так і на сліді радіоактивної хмари.

Вражаюча дія повітряної ударної хвилі, світлового та початкового іонізуючого випромінювань поширюється на трохи менші відстані, ніж при повітряному вибуху. Але при наземному вибуху утворюється сейсмічна хвиля, котра призводить до руйнувань найбільш міцних споруд у зоні вибуху.

**Підземним** називається вибух, який здійснюється під землею на будь-якій глибині від її поверхні. При цьому слід розрізняти експериментальні і бойові підземні ядерні вибухи. Експериментальні підземні ядерні вибухи проводять у спеціальних шахтах на таких глибинах, при яких не відбувається викиду радіоактивних продуктів у відкритий простір.

Уражаючі фактори бойового підземного вибуху такі ж, як і при наземному вибуху, але більш слабкіші повітряна ударна хвиля, світлове та проникаюче випромінювання і більш потужніші сейсмічні хвилі у ґрунті та сильніше радіоактивне зараження як у районі вибуху, так і на сліді радіоактивної хмари.

**Надводним** називається вибух, під час якого світлова зона торкається поверхні води. Факторами ураження цього вибуху є ударна хвиля, а також хвилі, що утворюються на поверхні води. Дія світлового випромінювання і проникаючої радіації значно послаблюється екрануванням великої маси водяної пари. Сильне радіоактивне зараження води відбувається як у районі вибуху, так і в напрямі руху його хмари.

**Підводним** називається вибух під водою. Під час цього вибуху утворюється порожнистий водяний стовп (султан) з великою хмарою у верхній частині, яка складається з радіоактивної пари і газів. У результаті осідання водяного стовпа утворюється базисна хвиля. Основним фактором ураження є підводна хвиля, яка становить небезпеку для надводних кораблів і підводних човнів та різних споруд. Світлове випромінювання і проникаючу радіацію майже повністю поглинають товща води і водяна пара. Спостерігається сильне радіоактивне зараження води, кораблів та берегової смуги.

**Характеристика факторів ураження ядерного вибуху.**

Уражаючими факторами ядерного вибуху, що приводять до санітарних втрат серед особового складу військ (населення) є:

- 1) ударна хвиля;
- 2) світлове випромінювання;
- 3) проникаюча радіація під час вибуху;
- 4) радіоактивне зараження місцевості;
- 5) електромагнітний імпульс;
- 6) дія ядерного вибуху на психіку;

**Ударна хвиля** основний фактор руйнівної та вражаючої дії. Представляє зону стислого повітря, яка утворюється за рахунок сильного розширення газів у центрі вибуху і розповсюджується з великою швидкістю (надзвуковою). Радіус дії залежить від потужності та виду вибуху, рельєфу місцевості і може бути від 1 до 30 км. По характеру дії на людину ударна хвиля принципово не відрізняється від звичайної зброї, але потужність значно вища.

В залежності від величини надлишкового тиску розрізняють наступні ступені ураження та руйнування:

- 1) 20-40 кПа – легкий ступінь ураження (легка контузія, синяк, тощо) та зона слабких руйнувань;
- 2) 40-60 кПа – середній ступінь ураження (вивихи кінцівок, контузії середньої важкості, кровотеча з вух, носа, тощо),
- 3) 60-100 кПа – важкий ступінь ураження (сильні контузії, травми черепа та скелета, розриви органів черевної порожнини) та зона сильного руйнування;
- 4) >100 кПа – вкрай важкий ступінь ураження (спостерігається пошкодження органів не сумісне з життям) та зона суцільного руйнування.

В залежності від виду вибуху та властивостей середовища, в якому він відбувається, окрім розглянутого уражаючого фактору можливі і інші, до яких відносяться сейсмічні хвилі у ґрунті, ударні хвилі у воді та поверхневі гравітаційні хвилі.

Сейсмічні хвилі виникають при утворенні зони сильного стиску у ґрунті, що має місце при наземних і підземних ядерних вибухах. Поширюючись в усі сторони від центру вибуху, сейсмічні хвилі призводять до руйнування і пошкодження підземних об'єктів, а також до коливання в поверхневому шарі землі, що нагадує землетрус. Руйнування споруд супроводжується виникненням механічних травм у особового складу військ та населення.

Підводний ядерний вибух супроводжується створенням у товщі води потужної ударної хвилі, а на поверхні води - гравітаційних хвиль (до 10-15 м висотою). Ударні хвилі у воді спричиняють руйнування підводних човнів і споруд, а поверхневі гравітаційні хвилі створюють затоплення берегової смуги.

**Світлове випромінювання** - потужний потік ультрафіолетового (13%), видимого (31%) та інфрачервоного (56%) випромінювання. Оскільки

ультрафіолетове випромінювання сильно поглинається повітрям, основну уражуючу дію створюють видиме та інфрачервоне випромінювання.

Радіус дії світлового випромінювання в залежності від потужності та виду вибуху становить від 1 до 30 км. Швидкість розповсюдження – 10-20 с.

В залежності від величини світлового імпульсу опіки поділяються на 3 ступені важкості:

- 1) 100-200 кДж/м<sup>2</sup> викликає опік I ступеню (почервоніння та набряк шкіри);
- 2) 200-400 кДж/м<sup>2</sup> – опік II ступеню (утворення пухирів);
- 3) більше 400 кДж/м<sup>2</sup> – опік III ступеню (омертвіння всіх шарів шкіри та прилеглих тканин).

Слід відзначити, що опіки у людей можуть виникати не лише від безпосередньої дії світлового випромінювання ядерного вибуху, але й внаслідок пожеж, займання одягу та інших чинників.

При дії світлового випромінювання на орган зору можливі три види світлового ураження очей:

- тимчасове осліплення, яке може тривати декілька хвилин;
- опік дна ока при прямому погляді на вибух;
- опіки рогівки та повік.

**Проникаюча радіація.** У момент вибуху, приблизно на протязі 15-20 с, внаслідок ядерних і термоядерних реакцій виходить дуже потужний потік іонізуючих випромінювань: гама-променів, нейтронів, альфа- і бета-частинок. Але до проникаючої радіації відносяться тільки гама-промені і потік нейтронів, так як альфа- і бета-частинки мають короткий пробіг в повітрі і не володіють проникаючою здібністю.

Проникаюча радіація являється головним уражаючим фактором при вибухах нейтронних боеприпасів малої та надмалої потужності. Так при вибуху нейтронної бомби потужністю 1000 т, коли ударна хвиля і світлове випромінювання уражають у радіусі 130-150 м, сумарне гама-нейтронне випромінювання дорівнює: у радіусі 1 км - до 30 Гр; 1,2 км - 8,5 Гр; 1,6 км - 4 Гр; до 2 км - 0,75-1 Гр. При більш потужних вибухах радіус її уражаючої дії для людей буде значно меншим радіуса дії ударної хвилі або світлового випромінювання.

**Радіоактивне зараження місцевості.** Випадання на землю або акваторію радіоактивних речовин ядерного вибуху, а також радіація, наведена нейтронами в хімічних елементах оточуючого середовища, називається радіоактивним зараженням місцевості.

Особливість цього фактору полягає в тому, що радіоактивному зараженню місцевості піддаються дуже великі території і його дія продовжується довготривалий час (місяці і навіть роки).

Існує три джерела радіаційного зараження:

- продукти поділу ядерного заряду;
- радіація, наведена нейтронами;



- непрореагувавши частина ядерного заряду.

Розрізняють два види радіоактивного зараження:

- зараження в районі вибуху;

- зараження у напрямку руху радіоактивної хмари.

При повітряних та висотних вибухах продукти поділу, що мають спочатку газоподібну форму, піднімаються разом з основною кулею у верхні шари тропосфери або у стратосферу. Коли вогняна куля охолоджується, радіоактивні речовини шляхом конденсації і коагуляції утворюють дуже дрібні частинки, які повільно осідають на різних відстанях від місця вибуху у вигляді локальних, напівглобальних і глобальних опадів.

Частинки, розміром до 1 мікрона, знаходяться в завислому стані місяці і роки. За цей час вони перемішуються з земною атмосферою і випадають рівномірно по всій земній кулі. По цій причині вони названі глобальними.

Частинки порядку 5-20 мікрон знаходяться в завислому стані декілька тижнів і встигають обійти земну кулю по тій географічній широті, на якій стався вибух. Такі опади називаються напівглобальними або кільцевими.

Частинки більших розмірів знаходяться в завислому стані приблизно добу і за цей час встигають випасти на місцевість, безпосередньо прилягаючу до району вибуху. Вони називаються локальними або місцевими.

На радіоактивно зараженій місцевості можливі три види уражень:

- зовнішнє опромінення;

- інкорпорація радіоактивних речовин;

- контактне ураження тіла (при забрудненні тіла і одягу).

Спад активності на радіаційно-зараженій місцевості відбувається за правилом Вейя-Вігнера (правило сімок): при збільшенні часу в 7 разів рівні радіації зменшуються у 10 разів. Так, якщо через годину після вибуху потужність дози 100 Р/год., то через 7 годин буде 10 Р/год., а через 49 годин - 1 Р/год.

Особливо швидко рівень радіації знижується в перші години і дні після вибуху, а потім залишаються речовини з довгим періодом напіврозпаду і зниження рівня радіації відбувається дуже повільно.

Доза опромінення (гама-променями) незахищеного особового складу на зараженій території буде залежати від рівня радіації, часу знаходження на зараженій території, швидкості спаду рівня радіації.

**Електромагнітний імпульс.** При ядерних вибухах внаслідок іонізації повітря і руху електронів з великими швидкостями виникають електромагнітні поля, які утворюють імпульсні електричні розряди і струми. Електромагнітний імпульс, який утворюється в атмосфері подібно блискавиці, може наводити сильні струми в антенах, електромережах тощо.

Цей фактор уражає, перш за все, електронну і радіотехнічну апаратуру, яка знаходиться на озброєнні, військовій техніці та інших об'єктах. Радіус дії

електромагнітного імпульсу при повітряних вибухах потужністю 1 мегатона може поширюватися до 32 км, при вибуху потужністю 10 мегатон - до 115 км.

Якщо ядерні вибухи відбуваються поблизу ліній електромереж, зв'язку, які мають велику протяжність, то наведена в них напруга може розповсюджуватись по мережам на багато кілометрів і викликати ураження апаратури і особового складу, розташованого на безпечній відстані по відношенню до інших уражаючих факторів ядерної зброї.

**Іонізуюче випромінювання** – це випромінювання невидимих радіоактивних променів, які при взаємодії з речовиною передають їй енергію, яка прямо чи опосередковано викликає іонізацію її атомів або молекул. **Іонізація** – це відрив електрона від атома або молекули, що призводить до пошкодження їх структури та утворення вільних радикалів, які мають підвищену реакційну здатність і виконують роль оксидантів.

Всі випромінювання поділяються на два класи: **корпускулярні і електромагнітні (фотонні)**. До корпускулярних відносяться  $\alpha$ -випромінювання,  $\beta$ - випромінювання (електрони ( $\beta^-$ ) і позитрони ( $\beta^+$ )), протони (Pr), нейтрони ( $n_0$ ) та інші (понад 200 різновидів). До фотонного випромінювання належать: квантове- $\gamma$  та рентгенівське випромінювання.

Кожний вид випромінювання має певні властивості: 1) **енергію**; 2) **проникаючу** здатність у повітрі та речовині; 3) **іонізуючу** здатність утворювати певну кількість пар іонів при взаємодії з атомами середовища; 4) **фотохімічну** здатність активувати молекули бромиду срібла або інших хімічних сполук; 5) **люмінесцентну** здатність – світитися; 6) **теплову** здатність – перетворюватись на тепло; 7) **біологічну** здатність – викликати структурно-метаболичні та функціональні зміни на різних рівнях організації біологічних об'єктів (від молекулярного до рівня організму).

Альфа-випромінювання – це потік позитивно заряджених часток. Вони рухаються з швидкістю до 20 000 км/сек.; мають велику енергію; здатні до надвисокої іонізуючої спроможності в середовищі, в якому рухаються; пробіг часток досить малий, вкрай небезпечна його дія на живий організм при інгаляційному надходженні або інкорпорації (попаданні всередину організму) радіонуклідів.

Бета-випромінювання – це потік негативно (електронний бета розпад) або позитивно (позитивний бета розпад) заряджених електронів. Швидкість руху бета-часток 200-300 000 км/сек. Довжина пробігу у повітрі може досягати 20 м. Різні матеріали (скло, залізо, бетон товщиною в кілька міліметрів) повністю поглинають їх. В живі тканини проникають на глибину до 1 см. Одяг майже на половину ослаблює проникнення бета-часток. Іонізуюча здатність в сотні разів менша ніж у альфа-часток. Гамма і рентгенівські випромінювання – це електромагнітні випромінювання, які поширюються зі швидкістю світла; мають однакову енергію, проявляють однакові властивості, мають високу проникливу та іонізуючу



здатність. В повітрі поширюються на сотні метрів, слабо поглинаються захисними матеріалами. В живих тканинах, проникаючи на десятки сантиметрів, утворюють різноманітні чужорідні сполуки, які негативно впливають на життєдіяльність організму. При впливі дуже жорстких випромінювань глибокі ураження можуть бути більш виражені, ніж поверхневі.

Потік нейтронів є потоком електрично нейтральних часток. Він діє протягом долі секунди, має надзвичайно високу проникливу здатність та щільність іонізації. В повітрі їх потік поширюється на відстань до 3 км, в живих організмах – на десятки сантиметрів. Оскільки нейтрони є електрично нейтральними частками, то вони легко проникають в атоми і взаємодіють з ядром. Утворюються радіоактивні ізотопи і виникає, так звана, наведена радіоактивність. Стабільні ядра перетворюються в радіоактивні ізотопи, випускаючи  $\beta$ -частки та  $\gamma$ -кванти.

Отже, всі види радіоактивних випромінювань мають ряд спільних ознак, де основні з них – проникаюча та іонізуюча здатність.

### **Одиниці виміру іонізуючого випромінювання.**

**Дозиметрія** – визначення кількісних та якісних характеристик іонізуючих випромінювань. Для кількісної оцінки дії іонізуючого випромінювання на об'єкт, який опромінюється, в дозиметрії введено поняття —доза. Розрізняють експозиційну, поглинуту, еквівалентну та ефективну (інтегральну) дози випромінювання. Під —дозою іонізуючих випромінювань розуміють енергію, передану випромінюванням елементарному об'єму або масі опроміненої речовини. Форма і ступінь променевого пошкодження біологічних об'єктів залежить від поглинутої енергії випромінювань. Для її кількісної характеристики використовують декілька показників.

**Поглинута доза (D)** – енергія випромінювання, поглинута одиницею маси середовища. Це поняття стосується будь-якого виду випромінювання і є розрахунковою величиною. За одиницю цієї дози в СІ прийнято грей (Гр.). Позасистемною одиницею поглинутого випромінювання є рад. Таким чином  $1\text{Гр}=100\text{рад}$  або  $1\text{рад}=0,01\text{Гр}$ . Потужність поглинутої дози виражається Гр/с або рад/с та похідних від них мрад/с, мкрад/с, тощо.

**Еквівалентна доза (H)** –поглинута доза будь-якого випромінювання в умовах довгострокового (хронічного) опромінення у невеликих дозах, яка зумовлює такий же біологічний ефект, як 1 Гр. поглинутої дози рентгенівського чи гамма-випромінювання. Одиниця еквівалентної дози в СІ – зіверт (Зв.). Позасистемна одиниця еквівалентної дози – біологічний еквівалент рада – 1 бер.  $1\text{Зв}=100\text{ бер}$ .

### **Біологічна дія іонізуючого випромінювання на живі організми.**

Іонізуючі випромінювання мають здатність до біологічної дії, тобто здатності викликати структурно-функціональні зміни в організмі. Різні види іонізуючих випромінювань викликають в опроміненому субстраті той самий процес іонізації, проте біологічний ефект їх різний і залежить від щільності іонізації. При малій

щільності виникають швидко згасаючі реакції, а при великій - виникає реакція автокаталітичного типу, що перебігає із самоприскоренням і призводить до виражених біологічних змін. Найбільша щільність іонізації властива альфа-частинкам і нейтронам.

Визнані 2 шляхи взаємодії іонізуючого випромінювання з органічними сполуками:

а) прямий (безпосередній) вплив;

б) непрямий вплив, опосередкований дією вільних радикалів, що утворюються внаслідок радіолізу води.

У момент безпосередньої дії іонізуючого випромінювання особливо вражаються життєво важливі високополімерні структури клітини (нуклеїнові кислоти - особливо ДНК, РНК, деякі ферменти – зокрема, що містять залізо – ферменти цитохромної системи), від стану яких залежить функція клітинних органел, перебіг процесів синтезу енергії, метаболізму і відновлення тканин.

Непряма дія іонізуючого випромінювання на біоструктури обумовлена радіолізом води, утворенням активних окислювачів типу  $\text{HO}_2$  з наступною інактивацією різних молекул, що приймають участь в обміні речовин.

### **Вплив іонізуючого випромінювання на тканини організму.**



**Заряджені частинки.** Проникаючі в тканини організму альфа- і бета-частинки втрачають енергію внаслідок електричних взаємодій з електронами тих атомів, поблизу яких вони проходять (Гамма-випромінювання і рентгенівські промені передають свою енергію речовині декількома способами, які в кінцевому рахунку також призводять до електричних взаємодій).

**Електричні взаємодії.** За час близько десяти трильйонних секунди після того, як проникаюче випромінювання досягне відповідного атома в тканині організму, від цього атома відривається електрон. Останній заряджений негативно, тому інша частина вихідного нейтрального атома стає позитивно зарядженою. Цей процес називається іонізацією. Відірваний електрон може далі іонізувати інші атоми.

**Фізико-хімічні зміни.** І вільний електрон, і іонізований атом зазвичай не можуть довго перебувати в такому стані і протягом наступних десяти мільярдних часток секунди беруть участь у складному ланцюзі реакцій, в результаті яких утворюються нові молекули, включаючи й такі надзвичайно реакційноздатні, як "вільні радикали"

**Хімічні зміни.** Протягом наступних мільйонних часток секунди вільні радикали, що утворилися, реагують як один з одним, так і з іншими молекулами і через ланцюжок реакцій, ще не вивчених до кінця, можуть викликати хімічну модифікацію важливих у біологічному відношенні молекул, необхідних для нормального функціонування клітини.

**Біологічні ефекти.** Біохімічні зміни можуть відбутися як через кілька секунд, так і через десятиліття після опромінення і стати причиною негайної загибелі клітин, або такі зміни в них можуть призвести до раку.

Клітини однієї і тієї ж тканини, залежно від її стану в момент опромінення і клітини різних тканин по різному реагують на опромінення. За ступенем радіоураження тканини розподіляються в такому порядку: лімфоїдна тканина, кістковий мозок, епітелій статевих залоз, епітелій кишечника, шкіра, кришталік, ендотелій, серозні оболонки, паренхіматозні органи, м'язи, сполучна тканина, хрящі, кістки, нервова тканина. Варто розрізнити поняття радіоураження тканини і радіочутливість тієї або іншої системи. Так нервова тканина найменш піддається ураженню, проте вона є найбільш радіочутливою у цілісному організмі.

**Червоний кістковий мозок** та інші елементи кровотворної системи найбільш уразливі і втрачають здатність нормально функціонувати вже при дозах опромінення 0,5-1 Гр. На щастя вони мають також чудову здатність до регенерації, і якщо доза опромінення не настільки велика, щоб викликати пошкодження усіх клітин, кровотворна система може повністю відновити свої функції. Якщо ж опроміненню піддалося не все тіло, а якась його частина, то уцілілих клітин мозку буває достатньо для повного відшкодування пошкоджених клітин.

**Репродуктивні органи.** Найбільш радіочутливі клітини - сперматогонії, найбільш радіорезистентні - сперматозоїди. Після одноразового опромінення в дозі 0,15 Гр кількість сперми може зменшитися. Після опромінення в дозі 3,5-6 Гр настає постійна стерильність.

**Яєчники** менш чутливі до дії радіації, принаймні у дорослих жінок. Але вплив однократного опромінення в дозі 1-2 Гр на обидва яєчники викликає тимчасове безпліддя і припинення менструацій на 1-3 роки. При гострому опроміненні в діапазоні доз 2,5-6 Гр розвивається стійке безпліддя. Хоча ще більші дози при дробовому опроміненні ніяк не позначаються на здатності до дітородіння.

**Шлунково-кишковий тракт.** Шлунково-кишковий синдром, що приводить до загибелі при опроміненні дозами 10-100 Гр, обумовлений в основному радіочутливістю тонкого кишечника. Далі по зниженню радіочутливості йдуть порожнина рота, язик, слинні залози, стравохід, шлунок, пряма і ободова кишки, підшлункова залоза, печінка.

**Серцево-судинна система.** У судинах більшої радіочутливістю володіє зовнішній шар судинної стінки, що пояснюється високим вмістом колагену - білка

сполучної тканини, який забезпечує виконання стабілізуючої і опорної функцій. Серце вважається радіорезистентним органом, однак при локальному опроміненні в дозах 5-10 Гр можна виявити зміни міокарда. При дозі 20 Гр відзначається ураження ендокарда.

**Органи дихання.** Легені дорослої людини - стабільний орган з низькою проліферативною активністю, тому наслідки опромінення легенів проявляються не відразу. При локальному опроміненні може розвинути радіаційна пневмонія, яка супроводжується загибеллю епітеліальних клітин, запаленням дихальних шляхів, легневих альвеол і кровоносних судин. Ці ефекти можуть викликати легеневу недостатність і навіть загибель протягом декількох місяців після опромінення грудної клітки. При одноразовому впливі гамма-випромінюванні ЛД50 для людини становить 8-10 Гр.

**Сечовидільна система.** Вплив опромінення на нирки, за винятком високих доз, проявляється пізно. Опромінення в дозах більше 30 Гр за 5 тижнів може призвести до розвитку хронічного нефриту.

**Орган зору.** Найбільш вразливою частиною ока є кришталік. Загиблі клітини стають непрозорими, а розростання помутнілих ділянок призводить спочатку до катаракти, а потім і до сліпоти. Помутнілі ділянки можуть утворитися при дозах опромінення 2 Гр, а прогресуюча катаракта - близько 5 Гр. Найбільш небезпечним в плані розвитку катаракти є нейтронне опромінення.

**Нервова система.** Нервова тканина високо спеціалізована і, отже, радіорезистентна. Загибель нервових клітин спостерігається при дозах опромінення понад 100 Гр.

**Ендокринна система.** Ендокринні залози характеризуються низькою швидкістю оновлення клітин і у дорослих в нормі є відносно радіорезистентними, проте в зростаючому або проліферативному стані вони значно більш радіочутливі.

**Кістково-м'язова система.** У дорослих кісткова, хрящова і м'язова тканини радіорезистентні. Однак у проліферативному стані (в дитячому віці або при загоєнні переломів) радіочутливість цих тканин підвищується. Найбільша радіочутливість скелетної тканини характерна для ембріонального періоду (38-85 добу внутрішньоутробного розвитку).

### Загальна класифікація радіаційних уражень.



#### I. **Гострі радіаційні ураження:**

- а) ГПХ, що викликана впливом зовнішнього рівномірного опромінення;

б) ГПХ, що викликана впливом зовнішнього рівномірного пролонгованого опромінення;

в) ГПХ, що викликана впливом зовнішнього нерівномірного опромінення;

г) гострі місцеві радіаційні ушкодження.

## II. Хронічні радіаційні ураження:

а) ХПХ, що викликана впливом зовнішнього рівномірного опромінення;

б) ХПХ, що викликана впливом переважно місцевого опромінення.

Променеві ураження поділяють на гострі та хронічні, які у свою чергу бувають загальними й місцевими. Гострі ураження розвиваються при короткочасному опроміненні високою дозою, а хронічні - при тривалій променевій дії. Величина поглинутої дози є основним фактором, що формує особливості клінічної картини та патогенез захворювання. Загальні ураження виникають при опроміненні великих об'ємів тіла і називаються **променевою хворобою**, а місцеві (при локальному впливі) – **променевим ураженнями або променевими опіками**, оскільки за клінікою вони подібні до термічних.

Розрізняють класифікацію ГПХ за етіологічним фактором та за кількістю поглиненої дози іонізуючого випромінювання (ІВ).

**За етіологічним фактором виділяють наступні форми ГПХ залежно від:**

- локалізації джерела опромінення (зовнішнє, внутрішнє, змішане);
- розподілу дози опромінення в часі (короткочасне, фракціоноване, пролонговане);
- геометрії опромінення (рівномірне, нерівномірне, місцеве або локальне);
- виду випромінювання (гамма, рентгенівське-, нейтроне-, бета-, альфа-опромінення). Відповідно до зазначених умов опромінення можливий розвиток наступних основних клінічних форм променевих уражень людини:

- гостра променева хвороба (ГПХ);
- хронічна променева хвороба (ХПХ);
- місцеві радіаційні ураження (МРУ);
- поєднані радіаційні ураження (ПРУ);
- комбіновані радіаційні ураження (КРУ).

Вказані клінічні форми радіаційних уражень мають, в свою чергу, певні особливості перебігу, які, насамперед залежать від виду, часу дії і розташування джерела іонізуючого випромінювання.

### **Визначення гострої променевої хвороби.**

Гостра променева хвороба (ГПХ) – це захворювання, яке виникає після відносно рівномірного одноразового, повторного, чи пролонгованого (від декількох годин до 3 діб) опромінення всього тіла чи більшої його частини іонізуючим випромінюванням ( $\gamma$ -, рентгенівські промені, нейтрони) в дозі, що перевищує 1Гр. Після гострого опромінення в дозі від 1 до 10 Гр. виникає кістково-мозкова форма ГПХ.

Це захворювання характеризується періодичністю перебігу і полісиндромністю клінічних проявів, серед яких головними є симптоми ураження системи кровотворення, кишечника, серцево-судинної і нервової систем. Особливості клінічних проявів і ступінь тяжкості захворювання визначаються багатьма факторами: сумарною дозою опромінення, потужністю, видом випромінювання, рівномірністю опромінення тіла й індивідуальними особливостями організму.

### **Патогенез променевої хвороби.**

У зв'язку з неоднаковим радіаційним ураженням різних тканин при зовнішньому відносно рівномірному опроміненні виявляється залежність ураження тієї або іншої системи (критичний орган) від сумарної поглинутої дози опромінення. Це зумовлює певну різноманітність клінічних форм ураження. Так при опроміненні людини в дозі від 1 до 10 Гр. головними патогенетичними чинниками є порушення кровотворення, геморагічний синдром та інфекційні ускладнення. Кровотворні органи для даного діапазону доз є критичними. При впливі доз радіації в межах 10-20Гр. поряд з кровотворною системою уражається епітелій шлунково-кишкового тракту, що є критичним органом для даної дози опромінення, а післярадіаційний ентерит визначає розвиток всієї клінічної картини хвороби. Смерть настає протягом 8-16 днів. При опроміненні в дозі 20-80 Гр. в патогенезі ГПХ чільне місце займають різка азотемія та інтоксикація організму продуктами білкового розпаду. Ураження центральної нервової системи, в цьому випадку, носить переважно вторинний опосередкований характер і обумовлений розладом церебральної лікворної гемодинаміки і токсемією. Смерть настає на 4-8 добу після опромінення. Безпосереднє пряме радіаційне ураження центральної нервової системи є провідною причиною порушення регуляції кровообігу та дихання при опроміненні в дозі понад 80 Гр. Смерть настає протягом перших трьох днів. Крім того, при значних дозах опромінення, поряд з первинними, велике значення мають вторинні фактори. Серед останніх на першому місці стоять судинні порушення, особливо в ділянці головного мозку. Це веде до його масивного набряку, ранніх геморагій, важкого гіпотензивного шокоподібного стану.

Нейроендокринні розлади в початковому періоді променевої хвороби є провідними. Висока реактивність нервової системи при радіаційному впливі в поєднанні з подразненням аферентних рецепторів, що супроводжується патологічною інтрацептивною імпульсацією за участю ендокринних залоз і особливо гіпофізарно-наднирникової системи призводить до розвитку прогресуючих змін в діяльності різних органів і тканин. Вони супроводжуються, насамперед, трофічними розладами, розладами судинної і тканинної проникності, змінами в системі крові, обмінними розладами, зниженням імунної опірності, дистрофічними змінами.



Важливою ланкою в патогенезі радіаційних уражень є розвиток інтоксикації, внаслідок якої порушується функція органів і систем, формуються синдроми, властиві радіаційному ураженню. Найбільш чітко вони проявляються при гострій променевої хворобі середнього і важкого ступеня: спустошення кровотворних органів, геморагічні прояви, радіаційні ускладнення, дистрофічні зміни в органах і тканинах, порушення репаративних процесів, мутагенні і генетичні прояви. Інтегральний ефект біологічної дії іонізуючого випромінювання на організм реалізується розвитком променевої хвороби (гострої або хронічної) з її полісиндромними проявами (при рівномірному опроміненні) або місцевим ураженням (при локальному опроміненні). Багато органів і тканин спроможні до післярадіаційного відновлення (внутрішньоклітинного, клітинного), проте при масовій загибелі паренхіматозних клітин відзначається зріст більш стійких до впливу радіації фібробластів, що призводить до розвитку вогнищ фіброзу і неможливості, в ряді випадків, повного відновлення (зокрема кісткового мозку). Незворотні зміни порушеної функції організму відповідають 10% отриманої дози. Ця, так звана, залишкова радіація може викликати розвиток різних віддалених (генетичних і соматичних) наслідків радіаційних уражень – розвиток пухлин, пізніх променевих виразок, прискореного старіння організму.

### **Клініка гострої променевої хвороби. Періоди гострої променевої хвороби.**

Характерною рисою перебігу гострої променевої хвороби є етапність її розвитку. Цей розподіл не завжди чіткий і не відображає дійсних змін в організмі. У типових випадках захворювання, викликаного загальним відносно рівномірним опроміненням, спостерігається 5 періодів:

- 1 – початковий або період загальної первинної реакції на опромінення (ЗПР);
- 2 – латентний (прихований) або період уявного клінічного благополуччя;
- 3 – період розпалу хвороби або виражених клінічних проявів захворювання;
- 4 – період виходів (прогресування, стабілізація, раннє одужання - повне або часткове);
- 5 – період віддалених наслідків.

Виразність цих періодів при різному ступені важкості і різних формах променевої хвороби неоднакова. Найбільш чіткою періодизацією перебігу характеризується кістково-мозкова форма ГПХ середнього і важкого ступеня. При легкому, а також у край важкому ступеню кістково-мозкової форми гострої променевої хвороби окремі періоди виражені недостатньо чітко. Такими ж особливостями характеризується перебіг кишкової, судинно-токсемічної і церебральної форми променевого ураження. Так, при легкому ступені ГПХ слабо виражені клінічні прояви розпалу захворювання, а при кишковій, судинно-токсемічній і церебральній формах практично відсутній латентний період і на бурхливі прояви ЗПР нашаровуються симптоми розпалу.

### **1. Період загальної первинної реакції на опромінення.**

Через короткий термін (хвилини-години) після опромінення в організмі розвиваються первинні радіохімічні перетворення, що знаходять своє відображення в клінічних проявах, що носять назву періоду загальної первинної реакції на опромінення (ЗПР). Симптоми ЗПР можуть бути розподілені на чотири групи: - диспепсичні - нудота, блювота, пронос; - загальноклінічні - непритомність, слабкість, головний біль, зміни рухливої активності, підвищення температури тіла; - гематологічні - лімфоцитопенія (відносна та абсолютна), нейтрофільний лейкоцитоз;- місцеві - зміни шкіри, слизових оболонок та інших тканин в місцях найбільшого опромінення.

Інтенсивність і тривалість проявів ЗПР залежать від сумарної поглинутої дози опромінення (мінімальна - 1-2 Гр.), розподілу її в органах і тканинах опроміненого (переважного опромінення того або іншого сегменту тіла), загального стану пацієнта на момент опромінення, статі, віку. Так, синдром нерідко обумовлений переважним опроміненням живота; головний біль, порушення свідомості, адинамія - опроміненням голови, тощо. При рівновеликому впливі доз іонізуючого випромінювання більш виражені прояви ЗПР у дітей і жінок, а також у людей із неврівноваженою нервовою системою.

Найбільш характерними проявами ЗПР є симптоми гострих функціональних розладів центральної нервової системи, шлунково-кишкового тракту, серцево-судинної системи, дихання і терморегуляції.

Найбільш демонстративним симптомом ЗПР при ГПХ є **блювота** (час появи, частота і тривалість її). Вона має вирішальне діагностичне та прогностичне значення. Біль в епігастральній ділянці, відсутність або раптова одноразова блювота, яка з'являється через 2 години і пізніше після опромінення свідчить про легкий ступінь ураження, тоді як нестримна виснажлива блювота, що виникає рано (через 5-20 хвилин) – про вкрай важкий ступінь ГПХ. У проміжках між блювотними актами самопочуття може залишатися задовільним. Блювоті часто передують нудота, яка не має прогностичного значення. Пренос, парез шлунка або кишечника характерні для вкрай важкого ураження.

Серед загальноклінічної симптоматики слід особливо виділити загальний стан, свідомість та температуру тіла. Спрага, сухість у роті, млявість, сонливість, пригнічення, субфебрилітет характерний для формування другого і третього ступеня важкості ГПХ, а запаморочення, більш висока температура (38-39°C) свідчить про розвиток важкого та вкрай важкого ураження. Серцебиття, біль в ділянці серця, суглобах - показник вкрай важкого ураження. Як непряму ознаку, що має також діагностичне значення, варто виділити загальну м'язову слабкість - від легкої, при дозах 1-2 Гр., до вираженої (зниження фізичної активності) - при дозах понад 4 Гр. Гіпо- і адинамія пов'язана з розладами функцій центральної нервової системи і нервово-м'язового тону, включаючи попереково-смукасту мускулатуру. Велике значення для оцінки важкості променевого ураження у фазі ЗПР приділяється показникам крові. Протягом декількох годин після опромінення



з'являється нейтрофільний лейкоцитоз із зсувом вліво, відносна й абсолютна лімфоцитопенія, схильність до ретикулоцитозу. Виразність та стійкість відносної (від 1 до 20 %) та абсолютної ( $0,1-1 \cdot 10^9/\text{л}$ ) лімфоцитопенії в перші 2-3 доби досить чітко свідчать про ступінь важкості ГПХ. При середньому та важкому ступенях ГПХ в формулі крові спостерігається лейкоцитоз більше  $12 \cdot 10^9/\text{л}$  з перевагою нейтрофілів (сегменто- і паличкоядерних) і зсувом вліво. В кістковому мозку спостерігається зменшена кількість мієлокаріоцитів, еритробластів, числа мітозів, зниження мітотичного індексу, зникнення молодих форм клітин, підвищений цитоліз. Стан шкірних покривів у потерпілих в період ЗПР є надійним об'єктивним діагностичним показником променевого впливу. Наявність і виразність первинної еритеми ("радіаційна засмага") шкіри та видимих слизових, гіпергідроз, лабільність вазомоторів в значній мірі залежать від дози локального опромінення. У вкрай тяжких випадках з'являється іктеричність склер. Тривалість проявів ЗПР на опромінення коливається від декількох годин, у легких випадках, до 2 і більше днів при важких формах ГПХ. Варто враховувати, що на прояви і виразність симптомів ЗПР істотно впливають лікувальні заходи (наприклад, застосування протиблювотних засобів знижує прояви, аж до повного їх усунення).

## **2. Прихований (латентний) період.**

ГПХ характеризується відносно задовільним станом опроміненого. При легких променевих ураженнях явища більшості симптомів ЗПР зменшуються або зникають, а при вкрай тяжких - на симптоми ЗПР нашаровуються симптоми періоду розпалу хвороби.

У прихованому періоді, незважаючи на поліпшення самопочуття хворих, при спеціальному обстеженні виявляються ознаки прогресуючих порушень функціонального стану нервової, ендокринної систем, змін в крові, дистонічних і обмінних розладів. Водночас, можуть зберігатися загальна слабкість, знижена толерантність до навантажень, пітливість, періодичний головний біль, нестійкість настрою, розлади сну, зниження апетиту, диспепсичні розлади.

Характерна лабільність пульсу з тенденцією до тахікардії, схильність до гіпотонії, ослаблення тонів серця. Лейкоцитоз, що спостерігався в першому періоді, змінюється лейкопенією, знижується кількість ретикулоцитів і тромбоцитів. Відбуваються якісні зміни клітин крові: гіперсегментація ядер нейтрофілів, поліморфізм ядер лімфоцитів, вакуолізація ядра і цитоплазми, хроматиноліз, токсична зернистість у протоплазмі нейтрофілів. Закономірні зміни в периферичній крові і в кістковому мозку протягом 1-1,5 тижнів після опромінення дозволяють прогнозувати важкість ГПХ із достатнім ступенем вірогідності.

Тривалість прихованого періоду складає при легких опроміненнях 3-4 тижні, а при вкрай важких - він може бути відсутнім.

**3. Період розпалу.** ГПХ починається з погіршення загального стану хворих. Згодом виявляються ознаки прогресуючого розладу кровотворення й обміну

речовин, приєднуються інфекційні ускладнення, у важких випадках розвивається картина сепсису, виникає кровоточивість. У хворих порушуються сон і апетит, з'являються різка загальна слабкість, адинамія, головний біль, запаморочення, серцебиття, біль в ділянці серця.



### **Діагностика ступеня важкості ГПХ у латентний період.**

Характерне підвищення температури тіла, яке набуває вигляду постійної або гектичної лихоманки з мерзлякуватістю і проливним потом. Пульс прискорюється, серце розширюється у розмірах, тони його стають глухими, а над верхівкою вислуховується систолічний шум. Часто приєднується бронхіт і вогнищева пневмонія. У тяжких випадках на фоні диспепсичних розладів і різкого зниження апетиту виникають виразковий або виразково-некротичний стоматит, глосит, тонзиліт і ентероколіт. Через різку болючість слизової ясен і біль при ковтанні хворий не може приймати їжу. Різка пітливість, висока лихоманка, призводять до зневоднення організму і розладу електролітного гомеостазу.

Кровоточивість раніше виявляється на слизовій рота, пізніше крововиливи утворюються на шкірі пахвових ділянок, на внутрішніх поверхнях стегон, гомілок, передпліч, у нижньому трикутнику живота; часто приєднуються носові і кишкові кровотечі, гематурія. Волосся починає випадати на голові, лобку, потім на підборідді, у пахвових ділянках і на тулубі.

При неврологічному дослідженні визначаються виражена загальмованість хворих, астенізація, іноді симптоми подразнення мозкових оболонок, анізорефлексія, зниження сухожильних і периостальних рефлексів, м'язова гіпотонія. На очному дні - застійні явища з дрібними крововиливами.

На електрокардіограмі реєструються ознаки погіршення функціонального стану міокарда: зниження вольтажу, поширення шлуночкового комплексу, подовження систолічного показника, зниження зубців Т і Р, зміни сегменту S-T.

Розлади кровотворення досягають найбільшого ступеня виразності. У важких випадках виникає панцитопенія. Кількість лейкоцитів знижується до  $0,2-0,5 \cdot 10^9/\text{л}$ , тромбоцитів до  $5-10 \cdot 10^9/\text{л}$ , прогресує анемія, кістковий мозок стає гіпо- і апластичним. На висоті захворювання визначаються ознаки розладу процесу гемокоагуляції у всіх його фазах. Загальна кількість білку в сироватці крові зменшена, знижена кількість альбумінів і збільшена кількість  $\alpha_1$ - і особливо  $\alpha_2$ -глобулінів.

При бактеріологічному дослідженні в період виражених клінічних проявів виявляється активізація інфекції. З крові і кісткового мозку висівається різноманітна флора.

Період розпалу продовжується від 2 до 4 тижнів. Далі настає тривалий період одужання.

#### **4. Період виходів.**

Покращення кровотворення - позитивна прогностична ознака. У периферичній крові з'являються спочатку поодинокі мієлобласти, промієлоцити, мієлоцити, ретикулоцити. Потім швидко (протягом 1-3 днів) збільшується кількість лейкоцитів. Відновлення кількості гранулоцитів починається з 4-5 тижня. Йому на 1-2 добі передують підйом рівня тромбоцитів. З відновленням функції кісткового мозку відбувається нормалізація температури тіла, поліпшення самопочуття, зникнення ознак кровоточивості. Повільно нормалізується функція нервової системи. Протягом тривалого часу зберігається астенія, дратівливість. У деяких випадках спостерігаються вегето-судинні пароксизми, дієнцефальний синдром, вестибулярні розлади. Період одужання у більшості хворих з кістковомозковою формою ГПХ I-II ступеня завершується до 3-4 міс. Тривалішого лікування потребують пацієнти з важкими променевими опіками й ознаками ГПХ III-IV ступеня. Тривале лікування пацієнтів з ГПХ III ступеня, в тому числі виконання пластичних операцій, обумовлене місцевими променевими ураженнями. У хворих, що вижили після важкого КМС довго зберігаються лабораторні ознаки імунodefіциту, зокрема низьке співвідношення хелпери/супресори. Хворі ГПХ I та II ступеня показники фізичної працездатності відновлюють вже на 8-9 тижні. Хворі після ГПХ III ступеня важкості навіть до кінця року не досягають цього відновлення. Небездатність постраждалих на найближчі 1-2 роки обумовлюється, головним чином, наявністю наслідків місцевих променевих уражень або поєднанням їх з іншими захворюваннями.

До **періоду віддалених наслідків** відносять залишкові явища або соматичні і генетичні зміни. У віддалені терміни можуть спостерігатись помірна нестійка лейкопенія, рідше тромбоцитопенія. Протягом багатьох років виявляються неврологічні синдроми (астено-вегетативний, дієнцефальний, післярадіаційний енцефаломієлоз), розвиток катаракти, виникнення лейкозів, новоутворень. Скорочується тривалість і погіршується якість життя.

Генетичні наслідки, звичайно, не виявляються у самого постраждалого, а у його нащадків. Вони проявляються підвищенням кількості новонароджених із вадами розвитку, збільшенням дитячої смертності, кількості викиднів і мертвонароджених. Кількість соматичних і генетичних наслідків збільшується в міру зростання дози радіаційного ураження.

Діагноз гострої променевої хвороби будується на підставі анамнезу (контакт хворого з іонізуючими випромінюваннями), даних фізичної дозиметрії і клінічних проявів захворювання.

### **Загрозливим для життя в період загальної первинної реакції є:**



- ранній розвиток симптомів ЗПР;
- рання поява поносу з кров'ю; - рання поява блювоти з кров'ю;
- променева засмага на обличчі;
- втрата свідомості при опроміненні;
- рання адинамія.

### **Загрозливим для життя постраждалого в латентний період є:**

- розвиток панцитопенії;
- короткий латентний період;
- відсутність латентного періоду.

### **Загрозливим для життя постраждалого в період розпаду є:**

- ранній початок періоду розпаду;
- важкі інфекційні ускладнення;
- важка загальна інтоксикація;
- важкий геморагічний та гемопоетичний синдроми;
- різка вираженість гастроінтестинального синдрому;
- розлади серцево-судинної та дихальної діяльності;
- виникнення олігурії, анурії.

### **Загрозливим для життя постраждалого в період виходів є:**

- погіршення показників гемопоетичних показників;
- погіршення клінічного перебігу ГПХ;
- відсутність позитивної динаміки гемопоетичних показників.

### **Кишкова форма гострої променевої хвороби.**

**Клініка.** Ця форма ГПХ розвивається після опромінення в дозі 10-20 Гр. і проявляється раннім порушенням функції шлунково-кишкового тракту. ЗПР на опромінення виникає в перші хвилини, перебігає вкрай важко, триває 4-5 днів. З самого початку переважають безперервна блювота, пронос, болі в животі. Турбують прогресуюча загальна слабкість, головний біль, біль у м'язах і суглобах, лихоманка. Об'єктивно: гіподинамія, гіперемія шкіри обличчя і слизових,

іктеричність склер, сухий обкладений язик, тахікардія, артеріальна гіпотензія, болючість при глибокій пальпації живота. Латентний період практично відсутній і відразу переходить в період розпалу. З'являється виразковий стоматит, орофарингеальний синдром. Зростає загальна інтоксикація внаслідок прориву —кишкового бар'єру. Фебрильна лихоманка і ентерит ведуть до зневоднення організму. Виражена кровоточивість. Психомоторні розлади змінюються загальмованістю, сопором, комою. Летальний наслідок звичайно припадає на 8-16 добу при явищах ентериту, парезу або динамічної кишкової непрохідності, водно-електролітних порушень та серцево-судинної недостатності. При гістологічному дослідженні кишечника загинлих відзначається повна втрата кишкового епітелію через припинення фізіологічної регенерації клітин.

**Діагностика** кишкової форми гострої променевої хвороби проводиться на підставі клінічної картини, дози опромінення, лабораторних даних.

### **Токсемічна форма гострої променевої хвороби**

**Клініка.** Токсемічна форма гострої променевої хвороби розвивається після опромінення в дозі 20-80 Гр. Загальна первинна реакція на опромінення розвивається в перші 5-20 хвилин: запаморочення, адинамія, можлива втрата свідомості. Вже в першу годину з'являється безперервна блювота, пронос, артралгії, гіпертермія. Надалі, розвиваються важкі гемодинамічні порушення з різко вираженою тахікардією, артеріальною гіпотонією і колаптоїдним станом. Рано виявляється аутоінтоксикація внаслідок глибоких порушень обмінних процесів і розпаду тканин. Порушується функція нирок, з'являється олігоанурія, підвищується залишковий азот та сечовина крові. Характерна виражена первинна еритема, іктеричність склер. В перші 3 доби зникають лімфоцити, розвивається агранулоцитоз, глибока тромбоцитопенія, аплазія кісткового мозку. При явищах важкої токсемії, токсико-гіпоксичної енцефалопатії, гострої серцево-судинної недостатності летальний наслідок настає на 4-7 добу.

**Діагностика** проводиться на підставі клінічної картини, дози опромінення, лабораторних даних.

### **Церебральна форма гострої променевої хвороби.**

**Клініка.** Ця форма ГПХ виникає після опромінення в дозі 80 Гр. і більше. В момент опромінення - колапс із втратою свідомості. Після повернення до свідомості - виснажлива блювота та діарея. Надалі - апатія, затьмарена свідомості, набряк головного мозку, прогресуюча гіпотонія, анурія. Смерть настає на 1-3 добу від розладу дихання, серцево-судинної діяльності.

Ураження іонізуючим випромінюванням в дозі понад 120 Гр. викликає смерть в момент опромінення - так звану "смерть під променем". У її патогенезі провідне місце належить ураженню клітин головного мозку і мозкових судин з розвитком важких порушень вітальних функцій.

**Діагностика** церебральної форми гострої променевої хвороби проводиться на підставі клінічної картини, дози опромінення, лабораторних даних.

### **Місцеве радіаційне ураження.**

Типовими проявами місцевого радіаційного ураження є променеві опіки, радіодерматит, які можуть розвиватися без проявів гострої променевої хвороби. Тяжкість ураження залежить від поглиненої дози, енергії та виду опромінення, площі опіку, локалізації, особливостей організму. Особливо радіочутлі шкіра рук, ніг, пахові ділянки. Нейтронне і  $\gamma$ -випромінювання викликає найбільш важкі форми опіків з глибоким ураженням підшкірної клітковини і підлеглих тканин.  $\beta$ -частинки проникають не глибше базального шару шкіри. Тому вони викликають хоч і неглибокі, але великі за площею опіки.  $\beta$ -частинки майже повністю поглинаються верхнім шаром епідермісу шкіри і практично не здатні викликати ураження шкіри.

### **Клінічний перебіг гострих радіаційних уражень шкіри має 4 періоди:**

- рання променева реакція (початкових судинних проявів - первинна еритема шкіри, набряк підшкірної клітковини, м'язів);
- прихований період;
- період розпалу клінічних проявів (запалення шкіри, виникнення пухирів, виразок);
- період повного або часткового відновлення.

У патогенезі місцевих променевих уражень важливе місце займають:

- зміни шкіри, підшкірної клітковини, м'язів;
- інтоксикація, що залежить від обсягу уражених тканин;
- плазморея, втрата білка;
- порушення гемодинаміки;
- інтерстиціальний набряк і ендоперібронхіт з гіпоксемією;
- анемія і тромбоцитопенія;
- електролітні розлади.

**Рання променева реакція** розвивається в 1-2 добу після опромінення в дозі не менше 3 Гр і являє собою набрякову еритему, супроводжується незначною сверблячкою; закінчується без слідів через кілька годин.

**Променева алопеція** характеризується випаданням довгого волосся через 2-4 тижні після опромінення в дозі не менше 3,75 Гр. Ріст волосся починається через 1,5-2 місяці.

Тяжкість і перебіг гострого та хронічного **радіаційного дерматиту** залежать від виду іонізуючого випромінювання та його відносної біологічної ефективності, дози опромінення, її розподілу в обсязі і часу, індивідуальної чутливості до радіації, що залежить від віку хворого і здатності накопичувати пігмент (бліда шкіра найбільш чутлива). Чим більше доза, тим раніше виникають зміни.

По тяжкості клінічного перебігу розрізняють 4 ступеня пошкоджень шкіри:

- I ступінь (легка) - гострий сухий еритематозний радіодерматит;
- II ступінь (середня) - гострий бульозний радіодерматит;



III ступінь (важка) - некротично-виразковий радіодерматит;

IV ступінь (вкрай важка) - некротичний радіодерматит.

### **Серед хронічних променевих ушкоджень шкіри розрізняють:**

- хронічні променеві дерматити;

- пізні променеві дерматози (індуративний набряк, пізня променева виразка, променевий рак), що розвиваються на місці гострих дерматитів і довгоіснуючих хронічних дерматитів.

Хронічний променевий дерматит – частіше розвивається ураження кістей рук в результаті впливу м'яких променів і бета-частинок радіоактивних речовин. Клінічно він проявляється розвитком сухості, атрофії шкіри, дисхромії, утворенням тріщин. На цьому тлі нерідко розвиваються гіперкератоз, папіломатоз, які є основою для розвитку раку.

Індуративний набряк розвивається в результаті ураження дрібних лімфатичних судин і порушення відтоку лімфи. Клінічно він проявляється щільним набряком.

Пізня променева виразка утворюється на тлі трофічних змін шкіри, що виникли в результаті дії іонізуючої радіації, і характеризується вираженими больовим відчуттям.

Променевий рак розвивається на тлі довгоіснуючих виразок при гострому і хронічному дерматиті або в області хронічного променевого дерматиту.

### **Комбіновані і поєднані радіаційні ураження.**

Особливу групу складають комбіновані і поєднані радіаційні ураження. Перші є наслідком спільного впливу різних факторів ядерного вибуху (іонізуючих та світлового випромінювань, а також ударної хвилі), другі - результатом впливу вражаючих факторів ядерної зброї та радіоактивних продуктів, що утворюються в момент вибуху при аварії реакторної установки і потім потрапляють всередину або на поверхню тіла людини.

Поєднані радіаційні ураження виникають при одночасному впливі на організм зовнішнього гамма-випромінювання, інкорпорації радіоактивних речовин та місцевого ураження зовнішнім бета-випромінюванням шкіри. Основними шляхами проникнення радіонуклідів всередину організму є органи дихання і травлення, а також рани.

Клінічна картина такої форми захворювання вельми поліморфна, що визначається різним внеском у інтегральну дозу опромінення поглинутої різних видів радіаційних компонентів і різною структурою радіонуклідів, що проникають всередину організму.

Характерними рисами гострої променевої хвороби від поєданого опромінення є велика вираженість гастроінтестинального синдрому (при інкорпорації радіонуклідів) в період первинної реакції, наявність кон'юнктивітів, поява в початковому періоді бета-уражень верхніх дихальних шляхів, виникнення в різні терміни від моменту опромінення проявів бета-уражень шкіри (три хвили

еритеми: первинна, вторинна основна і поворотна або пізня еритема), розвиток ознак ураження, в критичних для окремих радіонуклідів органах. Так остеотропні речовини - стронцій, ітрій і цирконій накопичуються в кістках; церій, лантан - в печінці; уран - в нирках; йод практично повністю поглинається щитовидною залозою. При значній дозі радіоактивних речовин функціональні зміни в "критичних" органах і системах прогресивно наростають, аж до появи в них органічних порушень. Потрапляння в організм остеотропних радіоізотопів може призвести до деструктивних змін в кістках, появи в них новоутворень і виникнення системних захворювань крові. З особливостей необхідно відзначити зрушення максимальних гематологічних змін на більш пізні терміни і сповільнене відновлення кровотворення. Процес одужання таких хворих характеризується повільним перебігом, хвороба нерідко набуває хронічної форми. Прогноз залежить від кількості та виду інкорпорованих радіоактивних речовин. В якості окремих наслідків у великому числі випадків будуть мати місце лейкози, анемії, астеничні стани з вегетативними порушеннями, склеротичні і пухлинні зміни паренхіматозних органів, дисгормональні стани, негативний вплив на потомство.

Комбіновані радіаційні ураження (КРУ) викликаються спільним або послідовним впливом різних вражаючих факторів ядерного вибуху: світлового потоку, ударної хвилі і проникаючої радіації. В результаті у потерпілих крім поразок іонізуючими випромінюваннями одночасно виникає опікова або механічна травма, а в ряді випадків і те й інше.

**Надання медичної допомоги на етапах медичної евакуації при гострих радіаційних ураженнях.**



Заходи **першої медичної допомоги** спрямовані на усунення або послаблення початкових ознак променевих уражень. Вони виконуються в порядку само- та взаємодопомоги, бойовими медиками у вогнищі ураження або на етапах медичної евакуації. Послідовність заходів подана з врахуванням їхньої пріоритетності:

-безпосередньо після ядерного вибуху для профілактики загальної первинної реакції на опромінення військовослужбовцям прийняти протиблювотний засіб - диметкарб (0,2 г) або етаперазин;



-негайна евакуація постраждалого з зони радіоактивного забруднення, направлення ураженого в профільний медичний заклад при транспортабельному його стані (дотримуватись правил транспортування уражених);

-при небезпеці подальшого опромінення (перебування на місцевості забрудненій радіоактивними речовинами) прийняти радіозахисний засіб – цистамін 6 таблеток за раз (1,2 г) усередину або індралін 0,45 г – 3 табл. одночасно);

-використання індивідуальних і колективних засобів захисту (респіратори, протигази, тощо); -при підозрі на пероральне надходження радіонуклідів – беззондове промивання шлунку, достатнє пиття;

-при комбінованому радіаційному ураженні – заходи щодо припинення дії на ураженого механічного або термічного факторів, зупинки кровотечі: накладання імпровізованого (або стандартного) джгута вище місця кровотечі; притискання артерії вище, вени - нижче рани; за допомогою марлевого (по можливості стерильного) тампону безпосередньо в рані;

-усунення перешкод для вільного дихання: видалення з ротової порожнини сторонніх предметів і субстанцій (відкрити рот потерпілому; повернути його голову на бік; пальцем обгорнутим матеріалом, очистити порожнину рота);

-протишокові заходи: знеболювання;

-при проникаючих пораненнях грудної клітки – оклюзивна пов'язка з метою зупинки надходження повітря всередину;

-дезактивація рани (опіку), забрудненої радіоактивними речовинами шляхом рясного промивання водою, створення венозної гіперемії (венозний джгут – вище рани, артерію не перетискати) з метою посилення венозної кровотечі з рани;

- іммобілізація кінцівок при переломах, ушкодженні суглобів, опіках; бинтування, охолодження;

-у випадку забруднення радіоактивним йодом із метою попередження ураження щитовидної залози дають препарати стабільного йоду (таблетки калія-йодиду 0,125 всередину або 5% розчину йоду 3-5 крапель на стакан води) або нанести 5% розчин йоду на шкіру;

- часткова санітарна обробка відкритих ділянок шкіри, слизових рота, ока, глотки, струменем прохолодної (30°C) води при ймовірному зараженні їх понад припустимий рівень, витрушування одягу поза зоною ураження.

У вогнищі та на радіоактивно-забрудненій території групу важкоуражених евакуюють у першу чергу.

**При сортуванні всіх уражених розподіляють на наступні групи:**

- хто потребує першої лікарської допомоги;

- особи, яким перша лікарська допомога може бути відкладена і зроблена на наступних етапах медичної евакуації;

- легкоуражені, поранені і хворі, які можуть бути повернуті в частину чи залишені для лікування в МПБ;

- агонуючі, що потребують тільки облегшення страждань

На подальших етапах медичної евакуації надають кваліфіковану та спеціалізовану медичну допомогу лікарями-спеціалістами військових лікувальних закладів госпітальної бази фронту.

## 6. Електронні ресурси для самостійного опрацювання:



## 7. Матеріали для самоконтролю (питання, тести, задачі):



### Питання:

1. Загальна характеристика ядерної зброї.
2. Особливості вражаючої дії ядерної зброї.
3. Види ядерної зброї.
4. Види ядерних вибухів.
5. Характеристика факторів ураження ядерної зброї.
6. Види іонізуючого випромінювання та одиниці його виміру.
7. Біологічна дія іонізуючого випромінювання на живі організми.

8. Загальна класифікація радіаційних уражень.
9. Гостра променева хвороба (ГПХ). Патогенез, клініка, періоди гострої променевої хвороби, діагностика.
10. Кишкова форма гострої променевої хвороби.
11. Токсемічна форма гострої променевої хвороби.
12. Церебральна форма гострої променевої хвороби.
13. Лікування ГПХ.
14. Місцеві радіаційні ураження.
15. Комбіновані і поєднані радіаційні ураження.
16. Надання медичної допомоги військовослужбовцям в осередку ядерного вибуху та на етапах медичної евакуації при гострих радіаційних ураженнях.

**Тести (вибрати один варіант правильної відповіді):**



- 1. До препаратів з радіопротекторною дією належать:**
  - А інтерферон
  - В атропін
  - С анальгін
  - Д цистамін
  - Е ампіокс
- 2. Клінічні прояви хронічної променевої хвороби залежать від:**
  - А статі
  - В віку пацієнта
  - С величини поглинутої дози і особливостей опромінення
  - Д всі відповіді правильні
  - Е ментального здоров'я
- 3. Розрізняють такі форми променевої хвороби:**
  - А хронічна, гостра, комбінована, місцева
  - В кістково-мозкова, кишкова, токсемічна, церебральна
  - С легка, середньої тяжкості, тяжка, вкрай тяжка
  - Д типова церебральна
  - Е атипова кістково-мозкова
- 4. Усі відомі уражаючі чинники ядерної зброї — це:**

**A** світлове випромінювання; ударна хвиля; проникна радіація; нервово хвилювання людей; ядерна зима; електромагнітне ураження

**B** радіаційне зараження місцевості; електромагнітний імпульс; ударна хвиля; хімічне зараження повітря; бактеріальне ураження

**C** ударна хвиля; нейтронні бомбардування місцевості; світлова хвороба; бета-випромінювання; пожежі; електромагнітні коливання

**D** світлове випромінювання; ударна хвиля; проникна радіація; радіаційне зараження місцевості; електромагнітний імпульс

**E** ударна хвиля; проникна радіація; радіаційне зараження місцевості; враження електромереж; світлове випромінювання

**5. Скільки періодів гострої променевої хвороби існує?**

**A** 5

**B** 4

**C** 3

**D** 6

**E** 7

**6. При якому рівні поглиненої дози в греях виникає кістково-мозкова клінічна форма гострої променевої хвороби:**

**A** 1-10 Гр

**B** 7-10 Гр

**C** 10-15 Гр

**D** 1-6 Гр

**E** 15-20 Гр

**7. Найбільшу іонізуючу властивість мають:**

**A** гама-частки

**B** протони

**C** альфа-частки

**D** нейтрони

**E** бета-частки

**8. Які прилади використовують для вимірювання доз опромінення:**

**A** дозиметри

**B** радіометри-рентгенометри

**C** вимірювачі потужності доз

**D** ВПХР

**E** ІПП - 8

**9. В яких одиницях вимірюється поглинена доза ядерного випромінювання:**

**A** Рентген

**B** Кулон/кг

**C** Джоуль/кг

**D** Зіверт

Е Грей, рад

**10.** Після опромінення до шпиталю доставлений молодий чоловік 26-ти років. Показник індивідуального дозиметра 5 Гр. Скарги на різку загальну слабкість, біль голови, нудоту, повторне блювання. Об'єктивно: на шкірі обличчя еритема, Ps -100/хв, АТ - 90/60 мм рт.ст., блювання продовжується. В якому клінічному періоді гострої променевої хвороби знаходиться хворий?

- А Період первинної реакції
- В Період вторинної реакції
- С Період розпалу
- Д Період виражених клінічних проявів
- Е Період запалення

### Задачі:

**1.** Військовослужбовець Д. доставлений у військово-клінічний госпіталь. 3 доби тому знаходився у вогнищі застосування ядерної зброї. Індивідуальний дозиметр був відсутній. В пунктаті кісткового мозку, взятому на 4 добу після опромінення, мітотичний індекс становить 1,8%, кількість проліферуючих еритробластів знижено на 25%, кількість аберантних клітин становить 30%.

**Завдання:** яку форму гострої променевої хвороби можна припустити в даному випадку? Який план лікування?

**2.** Потерпілий А. доставлений в МПП через 2 години після ядерного вибуху, свідомість відсутня, АТ 50/30 мм.рт.ст., ЧСС 150 уд. В хв. Показання індивідуального дозиметра 80 Гр.

**Завдання:** Встановити діагноз. Визначити принципи лікування.

**3.** Рядовий М. 35 років доставлений в медичну частину через 1,5 години після ядерного вибуху. Скаржиться на помірну загальну слабкість, головний біль, дворазову блювоту. Скарги з'явилися через 1 годину після опромінення. При огляді загальний стан задовільний, свідомість ясна, гіперемія шкіри обличчя, АД 105/70 мм.рт.ст., пульс 110 уд. за хвилину. Температура тіла 37,3° С.

**Завдання:** Встановити діагноз. Визначити принципи лікування.

**4.** Сержант Д., 30 р доставлений в медичну частину через 3 години після ядерного вибуху. Через 30 хв. після опромінення з'явилися загальна слабкість, виражена головний біль, запаморочення, нудота, багаторазова блювота. При огляді свідомість ясна, збуджений, гіперемія шкіри обличчя, триває блювота. Пульс 125 уд. в хв, АТ 100/60 мм рт.ст. Температура тіла 37,7 ° С. Показання індивідуального дозиметра 4,6 Гр. Сформулюйте діагноз та призначте лікування.

**Завдання:** Встановити діагноз. Визначити принципи лікування.

*Орієнтовна карта для організації самостійної роботи здобувачів освіти з джерелами інформації*

Основні завдання	Вказівки
Вивчити: 1. Класифікація	Загальна класифікація радіаційних уражень. Гострі радіаційні ураження, хронічні радіаційні ураження. Форми ГПХ залежно від етіологічних факторів.
2. Клініка	Назвати основні клінічні прояви гострої променевої хвороби (ГПХ) та її періоди. 1. – початковий або період загальної первинної реакції на опромінення (ЗПР); 2. – латентний (прихований) або період уявного клінічного благополуччя; 3. – період розпалу хвороби або виражених клінічних проявів захворювання; 4. – період виходів (прогресування, стабілізація, раннє одужання - повне або часткове); 5 – період віддалених наслідків.
3. Диференційна діагностика	Заповнити таблицю диференційної діагностики різних форм ГПХ. 1. Кишкова форма гострої променевої хвороби. 2. Токсемічна форма гострої променевої хвороби. 3. Церебральна форма гострої променевої хвороби.
5. Лікування	Етапи медичної евакуації при гострих радіаційних ураженнях.

**8. Рекомендовані джерела інформації:**

**Базові:**

1. Екстрена медична допомога військовослужбовцям на догоспітальному етапі в умовах збройних конфліктів: Навчальний посібник / Бадюк М.І., Ковида Д.В., Микита О.О., Козачок В.Ю., Серета І.К., Швець А.В. // За редакцією професора Бадюка М.І. – К.: СПД. Чалчинська Н.В., 2018. – 212 с.

2. Військово-медична підготовка: підруч. для студ. вищих мед. (фармац.) навч. закл. України I-IV рівнів акредитації / М. І. Бадюк, В. П. Токарчук, В. В. Солярник, Л. М. Бадюк ; за ред. М. І. Бадюка. – 2-е вид., допов. – Київ : МП Леся, 2016. – 481 с.

3. Екстрена медична допомога травмованим на догоспітальному етапі: навчальний посібник / [В.О. Крилюк, С.О. Гур'єв, А.А. Гудима та ін.] – Київ. – 2017. – 400 с.

4. Вказівки з воєнно-польової хірургії / за ред. Я.Л. Заруцького, А.А. Шудрака. – К.: СПД Чалчинська Н.В., 2014. – 396 с.

5. Медицина надзвичайних ситуацій. Організація надання першої медичної допомоги : навч. посіб. / В. С. Тарасюк, М. В. Матвійчук, В. В. Паламар [та ін.] ; за ред. В. С. Тарасюка. - К. : ВСВ Медицина, 2015. – 528 с.

**Допоміжні:**

1. Військова токсикологія, радіологія та медичний захист: Підручник / За ред. Ю. М. Скалецького, І. Р. Мисули. – Тернопіль: Укрмедкнига, 2003. – С. 199-217.

3. Організація медичного забезпечення військ: Підруч. Для студ. вищ. мед. закл. Освіти України III-IV рівнів акредитації / за редакцією професора Паська В.В. – К.: «МП Леся», 2005. – С. 140-148.



**Кокоріна Світлана Антонівна** – викладач хірургічних дисциплін, кваліфікаційна категорія «спеціаліст вищої категорії»

**Методичні рекомендації до самостійної роботи здобувачів освітнього компонента «Основи медичної допомоги в умовах воєнного часу та надзвичайних ситуацій» на тему: «Ядерна зброя. Радіаційні ураження»**

Методичні рекомендації до самостійної роботи розроблені для здобувачів фахової передвищої освіти галузі знань 22 «Охорона здоров'я», спеціальності 223 «Медсестринство» на одну із тем робочої програми освітнього компонента «Основи медичної допомоги в умовах воєнного часу та надзвичайних ситуацій»

Методичні рекомендації відповідають вимогам та структурі оформлення навчально-методичного комплексу освітнього компонента та допомагають здобувачу самостійно опрацювати тему, яка рекомендована робочою програмою.

Вибрана тема є надзвичайно актуальною сьогодні, адже загроза застосування ядерної зброї після повномасштабного вторгнення російської федерації в Україну зростає в рази.

В методичних рекомендаціях вказано актуальність вибраної тематики, мета та навчальні цілі самостійної роботи, загальні та фахові компетентності, міждисциплінарна інтеграція, викладено розгорнутий зміст теми, що передбачає можливість проведення самоконтролю з боку самих здобувачів. Також для актуалізації знань по представленій темі «Ядерна зброя. Радіаційні ураження» окремим пунктом виділені електронні ресурси (QR- коди) з текстовою інформацією та відео по даній тематиці.

Методичні рекомендації містять питання для самоконтролю, тестові завдання, ситуаційні задачі для контролю навичок самостійного отримання знань, що



формує пізнавальні здібності здобувачів та їх спрямованість на безперервну самоосвіту.

Методичні рекомендації до самостійної роботи з теми: «Ядерна зброя. Радіаційні ураження» можуть бути використані майбутніми фахівцями медсестринства в межах підготовки до практичних занять освітнього компонента «Основи медичної допомоги в умовах воєнного часу та надзвичайних ситуацій» за спеціальністю 223 "Медсестринство" освітнього ступеня фаховий молодший бакалавр.