

**Міри
радіобіологічних
ефектів**

- 1. Радіобіологічні ефекти**
- 2. Радіаційна стимуляція**
- 3. Морфологічні зміни**
- 4. Променева хвороба**
- 5. Прискорення старіння і скорочення тривалості життя**
- 6. Загибель**

Радіобіологічний ефект – це реакція живого організму на дію іонізуючого випромінювання, що характеризується зміною деяких його ознак та властивостей.

Класи радіобіологічних ефектів

Генетичними

ушкодження, що передаються нащадкам, тобто реалізуються в наступних поколіннях.

Соматичними

Зміни, що відбуваються в організмі протягом його онтогенезу — періоду індивідуального розвитку.

Типи:

- *радіаційна стимуляція*
- *морфологічні зміни*
- *променева хвороба*
- *прискорення старіння*

Рівні реалізації радіобіологічних ефектів у біологічних системах:

- ☼ радіаційно-фізичних взаємодій;
- ☼ первинних радіаційно-хімічних реакцій;
- ☼ радіаційних перетворень біологічно важливих молекул;
- ☼ індукованих опроміненням порушень молекулярно-біологічних процесів;
- ☼ радіобіологічних реакцій клітинних органел;
- ☼ клітинних реакцій;
- ☼ реакцій клітинних популяцій;
- ☼ реакцій органів і системи органів;
- ☼ реакцій інтактного організму;
- ☼ біоценотичний;
- ☼ системи, що еволюціонує.

Основні етапи формування радіобіологічних ефектів і відповідні їх міри

Етап	Міри ефектів
Поглинання енергії	Поглинута доза
Перехід молекул в іонізовані та збуджені стани	Виходи первинних продуктів дії радіації
Ушкодження біологічно важливих молекул	Виходи продуктів прямої й непрямой дії радіації
Порушення регуляції метаболізму	Параметри зміни характеристик метаболізму як наслідок радіаційного ураження
Порушення регуляції онтогенезу клітини	Параметри зміни клітинного циклу, поведінки клітинних популяцій, морфогенезу багатоклітинного організму тощо
Формування генетичних ушкоджень	Виходи цитогенетичних і генетичних ушкоджень

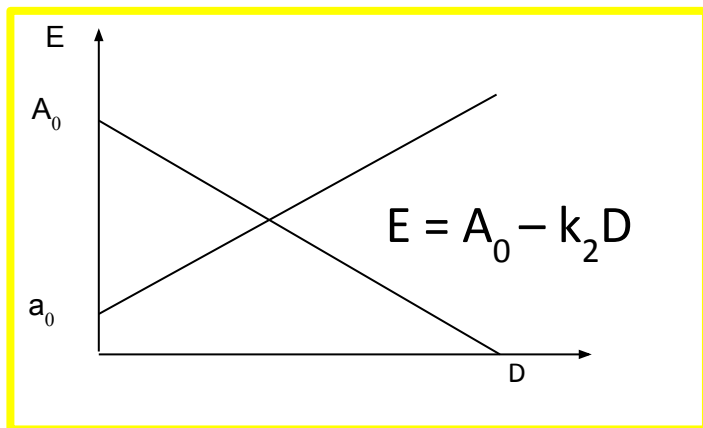
У радіаційно-хімічних реакціях

- До *прямих ефектів опромінення* належать ушкодження молекул під час безпосереднього передавання їм енергії фотона або зарядженої частинки.
- До *опосередкованих ефектів* належать ушкодження молекул унаслідок дії на них активних хімічних форм, що виникли в результаті прямих радіаційно-хімічних перетворень.

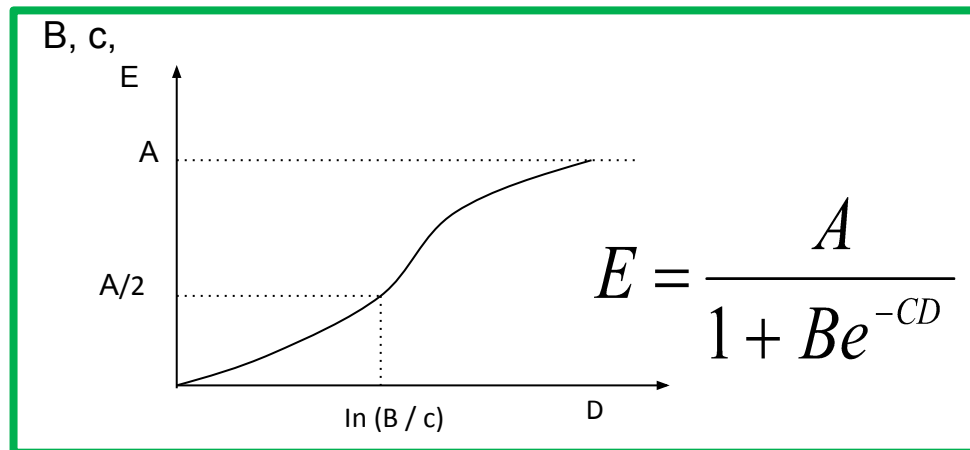
Таблиця 2. Часова шкала радіобіологічних реакцій

Типи реакцій	Тривалість перебігу	Головні процеси радіаційного ураження
Радіаційно-хімічні	$10^{-15} \dots 10^{-4}$ с	Утворення вільних радикалів Первинний розмін енергії іонізуючих квантів або частинок
Фізико-хімічні	Частки секунди	Дифузія вільних радикалів, іонів та кисню; репарація клітин
Клітинні	Хвилини – години	Зміни метаболізму; перебудова мембранної системи; поділ клітин; порушення морфогенезу
Соматичні	Дні – роки	Канцерогенез; зміна тривалості онтогенезу; формування мутації
Генетичні	Дні - роки	Міграція генних мутацій
Еволюційні	Багато десятиліть	Сукцесійні процеси

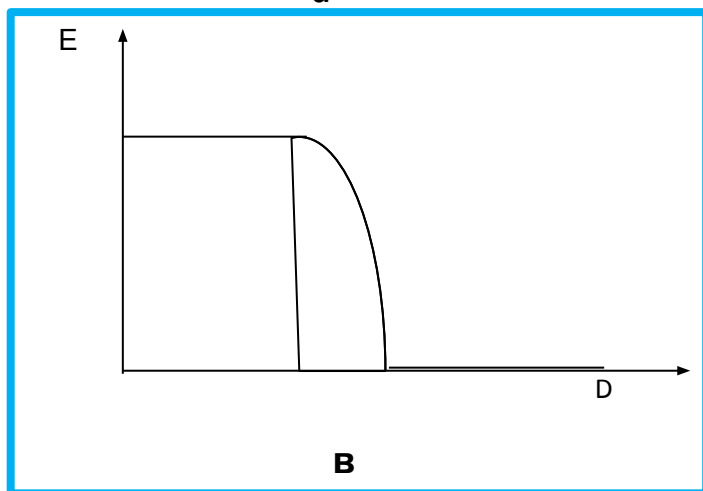
σ
 μ



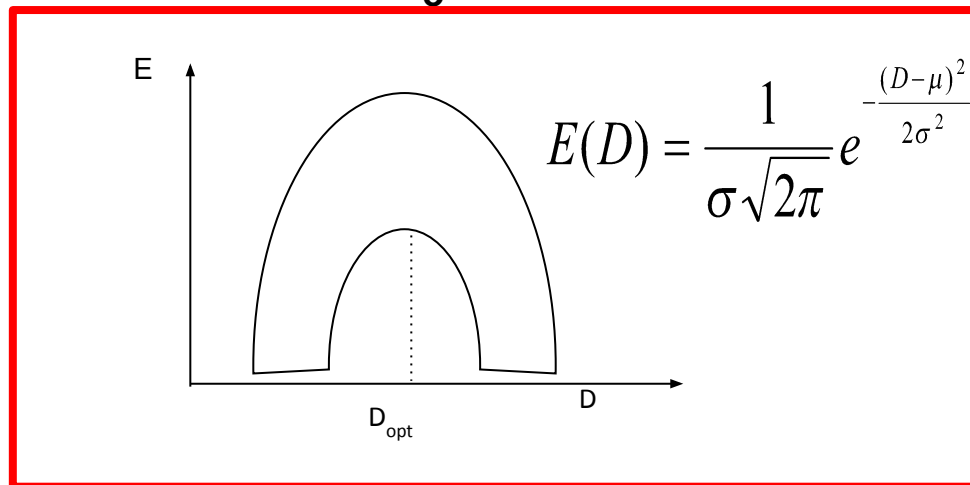
а



б



в



Графіки найпоширеніших у радіобіології залежностей доза (D)~(E):

а - прямопропорційних;

б - логістичної;

в - типу "все або нічого";

**г - типу фізіологічного оптимуму; $a_0, A_0, k_1, k_2, A, B, c,$,
- константи, що визначають форму кривих**

Загальна схема радіобіологічного процесу

ДІЯ РАДІАЦІЇ

ПРЯМА

НЕПРЯМА

(опосередкована)

**БІОЛОГІЧНО ВАЖЛИВІ
МОЛЕКУЛИ**

Первинні
процеси

**УШКОДЖЕННЯ БІОЛОГІЧНО
ВАЖЛИВИХ МОЛЕКУЛ**

**ІНАКТИВАЦІЯ
КЛІТИНИ**

**ВТРАТА
ЗДАТНОСТІ ДО
АДЕКВАТНОЇ
ТРАНСДУКЦІЇ
СИГНАЛІВ**

**ФОРМУВАННЯ
ГЕНЕТИЧНОГО
ВАНТАЖУ В КЛІТИНАХ**

Вторинні
процеси

**ЗАГИБЕЛЬ
КЛІТИНИ**

**ПОРУШЕННЯ
МОРФОГЕНЕЗУ**

**ПРОГРАМОВАНА
ЗАГИБЕЛЬ КЛІТИН,
КЛІТИННА СЕЛЕКЦІЯ**



Радіаційна стимуляція

це прискорення росту та розвитку організму при дії на нього іонізуючого випромінення в дозах, в десятки, а іноді й сотні разів нижчих за ті, що спричинюють гальмування цих процесів.

Морфологічні зміни

це зміни зовнішнього вигляду організму, окремих його органів, анатомічної структури, ознак, що відрізняють його від батьківських форм. Ці ознаки не спадкові, а відхилення від норми, потворність, химерність й існують лише в поколінні опромінених організмів.



Променева, або радіаційна, хвороба

це захворювання, що виникає при дії іонізуючих випромінювань на живий організм і характеризується конкретним комплексом ознак свого прояву. Розрізняють гостру й хронічну форми променевої хвороби.

За тяжкістю захворювання розрізняють її ступені:

перша — легка, у свиней виникає при дозах опромінення 1-2 Гр;

друга — середньої тяжкості, при дозах 2-4 Гр;

третья — тяжка, розвивається при дозах 4-6 Гр,

четверта — дуже тяжка, спостерігається при дозах, вищих за 6 Гр.

Дози і можливі наслідки опромінення:

- 4,5 Зв - важкий ступінь променевої хвороби (помирає 50% опромінених).
- 1 Зв - нижній рівень розвитку легкого ступеня променевої хвороби.
- 0,75 Зв - незначна короточасна зміна складу крові.
- 0,30 Зв - опромінення під час рентгенографії шлунка (місцеве)
- 0,10 Зв - припустиме разове опромінення населення.
- 0,03 Зв - опромінення при рентгенографії зубів.
- 0,005 Зв - припустиме опромінення населення при нормальних умовах за рік.
 - 0,001 Зв - фонове опромінення за рік.
 - 0,0001 Зв - перегляд одного футбольного матчу.

У розвитку гострої форми променевої хвороби виділяють 4 періоди, або фази.

Перший період — спостерігається через кілька годин після опромінення і триває до 3-4 діб. Погіршується апетит тварин, порушується ритм роботи серця, виникають задихання, пронос, блювання, може підвищитись температура тіла. У крові вже в першу добу після опромінення спостерігається нейтрофільний лейкоцитоз, він обумовлений збільшенням продукції і (або) виходу лейкоцитів з кісткового мозку в кров.

Другий період — латентний (прихований), фаза удаваного клінічного благополуччя триває від кількох діб до 2-3 тижнів. Чим вища одержана доза або чим тяжча форма променевої хвороби, тим він коротший. Стан тварин у цей період розвитку хвороби може здаватися задовільним. В крові характерне зниження кількості тромбоцитів, нейтрофілів. У кістковому мозку яскраво виражена аплазія. В кінці періоду можуть спостерігатись крововиливи на слизових оболонках, порушення функцій травного каналу, бронхіт, пневмонія, випадіння шерсті.

Третій період — період виявлених клінічних ознак гострої променевої хвороби залежно від її ступеня виявляється через 1-4 тижні і триває до 3-4 тижнів. Виникає задихання, погіршується функціонування серцево-судинної системи, органів травлення, спостерігається втрата апетиту, пронос, дистрофійні процеси в слизовій оболонці рота, підвищується температура тіла. Характерною ознакою цього періоду є крововиливи під шкіру та внутрішніх органів. Наприкінці його розвивається прогресуюча анемія.

Четвертий період — період відновлення, при легкому ступені гострої променевої хвороби проходить швидко і повною мірою. Він характеризується поліпшенням загального стану тварин, відновленням апетиту, нормалізацією температури. Зникає кровоточивість, поступово відновлюються показники крові.

При середній тяжкості хвороби період відновлення триває 2-2,5 місяця і в цілому видужання завершується за 3-6 місяців.

При тяжкій формі хвороби період відновлення може затягнутись на 7- 9 місяців. Але повністю тварина не видужує: відмічаються зниження імунітету, послаблення відтворної здатності, можливе скорочення тривалості життя. Нерідко гостра форма променевої хвороби переходить в хронічну.

Дуже тяжкий ступінь гострої променевої хвороби у великих сільськогосподарських тварин триває від кількох днів до кількох тижнів і завершується загибеллю їх у першому або третьому періоді

Радіаційна стимуляція — це прискорення росту та розвитку організму при дії на нього іонізуючого випромінювання в дозах, в десятки, а іноді й сотні разів нижчих за ті, що спричинюють гальмування цих процесів.

Про стимулюючу дію іонізуючого випромінювання на організм тварин можна зробити висновок за тими самими критеріями, що й при опроміненні рослин, а саме за прискоренням чи посиленням таких функцій, як ріст, розвиток, продуктивність.

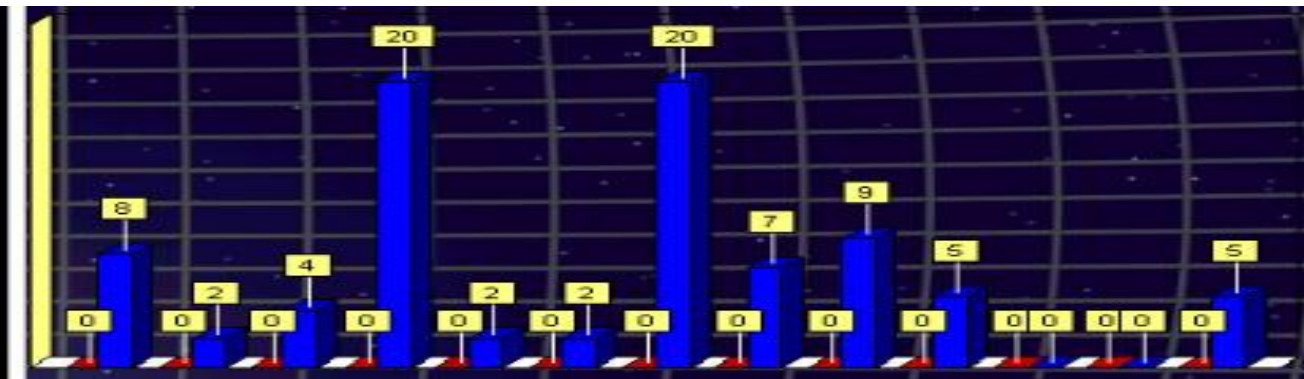
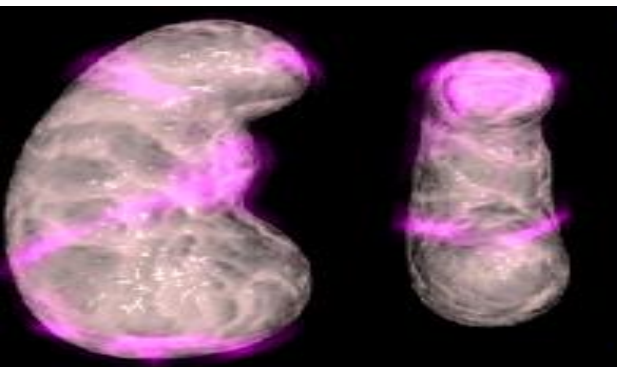
Якщо вважати, що потужність радіаційного фону в середньому становить 10 мкР/год, то збільшення його десь у 100 разів може зумовити стимуляцію росту рослин.



Морфологічні зміни

Морфологічні зміни — це зміни зовнішнього вигляду організму, окремих його органів, анатомічної структури, ознак, що відрізняють його від батьківських форм. Ці ознаки не спадкові, а відхилення від норми, потворність, химерність й існують лише в поколінні опромінених організмів.

Найрізноманітніші морфологічні зміни рослин спостерігалися в зоні аварії на Чорнобильській АЕС у 1986 р. У 1987 р. і в наступні роки вони залишились переважно у хвойних рослин, що змінюють хвою раз на кілька років, а також на багаторічних органах, передусім на гілках.



Променева хвороба

Променева, або радіаційна, хвороба — це захворювання, що виникає при дії іонізуючих випромінювань на живий організм і характеризується конкретним комплексом ознак свого прояву. Розрізняють гостру й хронічну форми променевої хвороби.

Гостра променева хвороба виникає звичайно при одноразовому загальному опроміненні. За тяжкістю захворювання розрізняють чотири її ступені:

перша — легка, у свиней виникає при дозах опромінення 1-2 Гр;


друга — середньої тяжкості, при дозах 2-4 Гр;

третя — тяжка, розвивається при дозах 4-6 Гр,

четверта — дуже тяжка, спостерігається при дозах, вищих за 6 Гр



Дози і можливі наслідки опромінення

- 4,5 Зв - важкий ступінь променевої хвороби (помирає 50% опромінених).
 - 1 Зв - нижній рівень розвитку легкого ступеня променевої хвороби
 - 0,75 Зв - незначна короточасна зміна складу крові
 - 0,30 Зв - опромінення під час рентгенографії шлунка (місцеве)
 - 0,10 Зв - припустиме разове опромінення населення
 - 0,03 Зв - опромінення при рентгенографії зубів
 - 0,005 Зв - припустиме опромінення населення при нормальних умовах за рік.
 - 0,001 Зв - фонове опромінення за рік
 - 0,0001 Зв - перегляд одного футбольного матчу
-
- 

У розвитку гострої форми променевої хвороби виділяють 4 періоди, або фази.

Перший період — період первинних реакцій — може спостерігатись вже через кілька годин після опромінення і триває протягом 3-4 діб. Характерними його ознаками є збудження, яке змінюється пригніченням та слабкістю. Погіршується апетит тварин, порушується ритм роботи серця, виникають задихання, пронос, блювання, може підвищитись температура тіла. На кінець періоду у стані тварини відмічаються суб'єктивні поліпшення.

Другий період — латентний (прихований), фаза удаваного клінічного благополуччя залежно від тяжкості хвороби триває від кількох діб до 2 тижнів і більше. Чим вища одержана доза або чим тяжча форма променевої хвороби, тим він коротший. При дуже тяжких формах променевої хвороби цього періоду може зовсім не бути. Стан тварин у цей період розвитку хвороби може здаватися задовільним. Однак в крові виявляються чітка лімфопенія, тромбоцитопенія (зниження кількості тромбоцитів).

Третій період — розпал хвороби — період виявлених клінічних ознак гострої променевої хвороби залежно від її ступеня виявляється через 1-4 тижні. Знову виникає задихання, погіршується функціонування серцево-судинної системи, органів травлення, спостерігається втрата апетиту, пронос, дистрофійні процеси в слизовій оболонці рота, зменшення маси тіла, може виникнути короткочасна лихоманка, що періодично повторюється, підвищується температура тіла. Характерною ознакою цього періоду є геморагічний синдром (крововиливи під шкіру, на слизових оболонках, у травному каналі, у мозку, серці, легенях та інших органах).



Четвертий період — період відновлення, при легкому ступені гострої променевої хвороби проходить досить швидко і повною мірою. Він характеризується поліпшенням загального стану тварин, відновленням апетиту, нормалізацією температури. Зникає кровоточивість, слабнуть диспептичні явища, поступово відновлюються показники крові. При середньому і тяжкому ступенях гострої променевої хвороби тварини гинуть, як правило, у третьому періоді. Основною причиною цього звичайно є описані вище геморагічні явища, дистрофічні процеси



Хронічна променева хвороба — це форма радіаційного ураження, що розвивається внаслідок тривалого опромінення організму малими дозами загального опромінення або від радіоактивних речовин, що потрапили всередину.

Виділяють три форми хронічної променевої хвороби: легку, середню і тяжку та періодичність протікання, як і при гострій формі.

Легка форма хронічної променевої хвороби зумовлена опроміненням у порівняно невеликих дозах і протягом короткого періоду, характеризується звичайно функціональними порушеннями переважно нервово-рефлекторного характеру. Після припинення опромінення ці зміни можуть швидко зникнути.

Для **середньої форми** хвороби характерними є порушення регуляторних систем, функціональна недостатність органів травлення, нервової, серцево-судинної систем і особливо крові.

Тяжка форма хронічної променевої хвороби, що спостерігається при тривалому опроміненні, характеризується глибокими морфологічними порушеннями деструктивного порядку в органах кровотворення, травному каналі, нервовій та інших системах. Вона супроводжується поступовим ослабленням діяльності серця, порушенням функцій залоз внутрішньої секреції, виснаженням, зниженням стійкості проти інфекційних хвороб.

Головна мета лікування — запобігти патологіям та усунути їх в органах кровотворення, травному каналі, легенях, відтворювальній та нервово-ендокринній системах



ЖИТТЯ

Існує пряма кількісна залежність між скороченням тривалості життя і дозою іонізуючого випромінювання. Проте, прискорення старіння і скорочення тривалості життя не обов'язково повинні бути неминучими або наслідком один одного.

Старіння — це закономірний руйнівний процес вікових змін організму, властивий всім живим організмам на всіх рівнях організації, що веде до пониження його адаптаційних можливостей і збільшення імовірності смерті.

Загибель

При високих дозах опромінення, коли видужання від променевої хвороби неможливе, настає загибель, або смерть, організму — припинення його життєдіяльності як цільної системи.

