

О. Е. Меленевський

Іонізуючі випромінювання

ІОНІЗУЮЧІ ВИПРОМІНЮВАННЯ – потік елементарних частинок, атомних ядер або іонів, здатних при проходженні через середовище іонізувати і збуджувати його атоми та молекули. Процес поступової витрати початк. запасу енергії І. в. на іонізацію і збудження називають іонізац. втратами енергії І. в. Мірою передачі енергії від І. в. середовищу є поглинена доза випромінювання, яку вимірюють у Греях (Гр). При прямому І. в. (заряджені частинки, атомні ядра та іони) саме випромінювання зазнає іонізац. втрат енергії за рахунок взаємодії з середовищем, при непрямому (незаряджені частинки, зокрема нейтрони і гамма-кванти) – іонізац. втрат енергії зазнають вторинні заряджені частинки, які виникають у процесі взаємодії цього випромінювання з середовищем.

Опромінення біол. тканини може здійснюватися зовн. і внутр. джерелами І. в. Природ. джерелами зовн. опромінення є космічне випромінювання, випромінювання радіонуклідів земної кори, техноген. – рентгенів. апарати, прискорювачі елементар. частинок та іонів, ядерні реактори тощо. Джерела внутр. опромінення – інкорпоровані у біол. тканину радіонукліди. Вплив І. в. на різні рівні організації живого зумовлений його високою проникливою здатністю і можливостями ефективно взаємодіяти з усіма структурами клітин. На першій (фіз.) стадії взаємодії І. в. з середовищем, що триває бл. 10-12 сек., у частині об'єму середовища навколо траєкторії руху прямого І. в. або вторин. заряджених частинок прямого І. в. існує трек, у якому присутні продукти взаємодії І. в. з середовищем: відірвані від атомів при їх іонізації електрони, позитивні іони, збуджені атоми й молекули. Довжину треку визначають початк. енергія І. в. і енергія його питомих іонізац. втрат у середовищі. Ця стадія протікає однаково у всіх матеріалах. Після проходження іонізуючої частинки через біол. тканину, на другій (фіз.-хім.) стадії взаємодії І. в. з нею, яка триває до 10-7 сек., відбувається поступове руйнування сформованого треку за рахунок рекомбінації частини наяв. у ньому заряджених продуктів та утворення іншими хімічно актив. вільних радикалів, води й орган. молекул. За час свого існування вільні радикали здатні пройти шлях від місця утворення на відстані, які не перевищують десятків нанометрів у ядрах клітин і декількох мікрометрів у їх цитоплазмі. На наступ. стадіях взаємодії – хім. і біол. – відбуваються реакції вільних радикалів з молекулами біоструктур, тому мають місце вторинні механізми радіац. ушкодження клітин. Радіац.-хім.

перетворення, що виникають при цьому, призводять до порушення біол. організації, обміну речовин і функціонування клітини.

За сучас. уявленнями, вирішал. роль у біол. дії І. в. відіграють акти іонізації, а осн. відмінність у результатах впливу різних видів І. в. пов'язана з різним простор. розподілом іонізацій у треках (відповідно, уражених біологічно важливих молекул). З біол. погляду несуттєво, як виникли самі порушення – безпосередньо в треку за рахунок прямої передачі енергії від І. в. чи через вільні радикали. Однак, здатність радикалів реагувати з багатьма хім. сполуками (насамперед, з молекулами кисню) призводить до того, що результат опосередк. дії, особливо у випадку рідкоіонізуючого випромінювання, спроможний значно модифікуватися (кисн. ефект). У зв'язку з цим існує поняття віднос. біол. ефективності І. в., яка зростає зі збільшенням ліній. передачі енергії від І. в. до опроміненого середовища. Види І. в., які в біол. тканині на 1 мкм довжини треку передають енергію до 20 кеВ, відносять до рідкоіонізуючих (високоенергет. заряджені частинки, гамма-кванти), а ті, що передають понад 20 кеВ/мкм, – до щільноіонізуючих (нейтрони, прискорені атомні ядра та іони). Радіац.-хім. перетворення в біосубстраті клітини можуть призвести до порушення біол. організації у будь-якій її частині. Найважчі наслідки має пошкодження ДНК. Нині загальноприйнятою є думка, що жива клітина реагує на опромінення як єдине ціле. Сукупність усіх видів пошкоджень є причиною розвитку віддалених наслідків дії І. в. (післядії), проявом яких можуть бути не лише порушення метаболізму і фізіол. функцій клітини, а й виникнення мутацій. Ще складніший характер має біол. дія І. в. на багатоклітинні організми, у яких існують різні органи зі спеціаліз. тканинами і функціями, хоча у них відсут. специфіч. вибірково чутливий до дії І. в. орган. У результаті І. в. можуть виникати місц. порушення тих чи ін. тканин, при цьому міжклітин. обмін і дія регулятор. механізмів індукують порушення і в ін. частинах організму. Розрізняють фізіол. (соматичну) дію І. в. на організм (порушення обміну речовин, фізіол. функцій організму, включаючи променеву хворобу і смерть) і генет., у результаті якої зміни генет. апарату опроміненого організму передаються спадково, що призводить до появи форм організмів з новими властивостями. У випадку дії І. в. на соматичні клітини організму, здатні до мітотич. поділу, в них можуть виникати соматичні мутації, внаслідок чого в опромінених органах і тканинах організму з'являються змінені клітини, серед яких – схильні до некерованого поділу.

Будь-які зміни в життєдіяльності біол. системи під дією І. в. називають радіобіол. ефектом. Мірою його прояву є величина відхилення від норми відповід. біол. параметра чи ознаки, а осн. кількіс. характеристикою – дозова крива, яка відображає залежність рівня прояву обраної ознаки від дози опромінення при сталих умовах (крім виду опромінення, на результат дії І. в. впливає характер його розподілу в організмі та часі, температура, умови харчування і забезпеченість організму киснем). Для отримання вичерпнішої інформації вивчають дозову залежність при різних значеннях чинників, що впливають на інтенсивність радіобіол. ефекту. Доза, при якій починає проявлятися або досягає певної

величини радіобіол. ефект, визначає радіочутливість (радіостійкість) організму.

Для оцінювання радіочутливості використовують тести, найпростішим і найпоширенішим серед яких є смертність організму. Як правило, організми вищого рівня біол. організації мають вищу радіочутливість. Крайніми членами такої систематизації є мікроорганізми (деякі з них здатні вижити при дозах опромінення понад 10^4 – 10^5 Гр) і людина (летал. є доза 3–5 Гр). Рослини мають вищу радіостійкість, ніж тварини. Невеликі дози І. в. інколи навіть стимулюють їхню життєдіяльність. Суттєво впливають на радіочутливість організмів одного виду вік, фізіол. стан, стать, індивід. особливості. Різною може бути радіочутливість окремих органів, тканин і навіть однотип. клітин опроміненого організму, що зумовлено структур. і функціон. особливостями, станом активності на момент опромінення і діяльністю систем, які ліквідують пошкодження ДНК.

Дозова залежність радіочутливості, як і прояв більшості ін. радіобіол. тестів, має S-подібну форму, тобто після досягнення певної порогової величини дози опромінення подальше її збільшення призводить до стрімкого росту інтенсивності прояву ефекту у випадку опромінення окремого організму, при опроміненні групи однакових організмів – до проявів ефекту майже у всіх об'єктів. Ефекти з таким характером дозової залежності називають детерміністичними. На відміну від них, у випадку стохастич. ефектів (генет. наслідки опромінення, виникнення здатності соматич. клітин до некерованого поділу) зі зростанням дози опромінення поступово збільшується ймовірність прояву стохастич. ефектів у окремого організму або кількість їх проявів у випадку опромінення групи однакових організмів (без суттєвого впливу на інтенсивність прояву самих ефектів). Важливе практ. значення для вирішення питання доцільності широкого застосування радіаційно небезпеч. технологій і розвитку атом. енергетики має встановлення характеру дозової залежності виходу стохастич. ефектів у інтервалі малих доз опромінення. Складність полягає у тому, що, на відміну від біол. дії подразлив. чинників ін. природи, у випадку І. в. зменшення дози опромінення створює ситуацію, коли не через кожную клітину опромінюваної біол. тканини проходить трек. Нині загальноприйнятою є гіпотеза ліній. залежності виходу стохастич. ефектів від дози опромінення.

Питаннями біол. дії І. в. на людину з метою її захисту від опромінення і нормуванням дозволених рівнів впливу займається радіац. [гігієна](#). Мед. радіологія вивчає можливості використання біол. дії І. в. з лікув. і діагност. цілями, с.-г. радіобіологія на основі знань про генет. дію І. в. створює матеріал для селекц. практики і на основі підбору оптималь. доз опромінення вирішує питання ефектив. зберігання і переробки с.-г. продукції.

Рекомендована література

1. Коггл Дж. Биологические эффекты радиации / Пер. с англ. Москва, 1986;
2. Ярмоненко С. П. Радиобиология человека и животных. Москва, 1988;

3. Гродзинський Д. М. Радіобіологія: Підруч. К., 2000.

Бібліографічний опис:

Іонізуючі випромінювання / О. Е. Меленевський // Енциклопедія Сучасної України [Електронний ресурс] / Редкол.: І. М. Дзюба, А. І. Жуковський, М. Г. Железняк [та ін.] ; НАН України, НТШ. – К. : Інститут енциклопедичних досліджень НАН України, 2011. – Режим доступу: <https://esu.com.ua/article-12554>

2001-2025 © Ця енциклопедична стаття захищена авторським правом згідно з чинним законодавством України ([докладніше](#)).