

ЛЕКЦІЯ 7

РОЗДІЛ РАДІОЕКОЛОГІЯ І РАДІОТОКСИКОЛОГІЯ РАДІОАКТИВНИХ РЕЧОВИН

ТЕМА: ХАРАКТЕРИСТИКА ОСНОВНИХ КОМПОНЕНТІВ ПРИРОДНОГО РАДІАЦІЙНОГО ФОНУ. СКЛАДОВІ РАДІОАКТИВНОГО ЗАБРУДНЕННЯ НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА.

У першій, вступній лекції, шановні колеги, ми з вами вже з'ясували питання, коли ж тварини і людина вперше пізнали на собі дію іонізуючого випромінювання. І прийшли до єдиного і безальтернативного висновку, що все живе на Землі із самого моменту зародження життя постійно піддається впливу жорсткого іонізуючого випромінювання. Мало того, це випромінювання, посилюючи і стимулюючи мутації, є одним із двигунів еволюційного процесу.

Але от питання про роль природного радіаційного фону в життєдіяльності рослинного і тваринного світу ще не вирішене. Висловлюється декілька різнополярних точок зору, і на користь кожної приводяться факти і дані тих або інших експериментів. Наприклад, висловлюється думка про адаптацію до порівняно невисоких доз, що виробилася в ході еволюції, за тисячоріччя.

Далі, публікувалися дані про стимулюючу позитивну дію фонових доз жорсткого випромінювання на життєдіяльність організмів.

Водночас існують і факти, які вказують на те, що природний радіаційний фон є частково відповідальним за спонтанні прояви пухлин, а також мутаційні процеси, але вже в негативному розумінні.

Отже, природний радіаційний фон, яким ми його знали в доатомну еру, формується космічним випромінюванням і іонізуючим випромінюванням від природних радіонуклідів. Розглянемо ці складові елементи фону.

КОСМІЧНІ ВИПРОМІНЮВАННЯ - це іонізуюче випромінювання, що безупинно приходить із міжзоряного простору до Землі. Воно складається:

- 1) з часточок високих енергій (**первинне космічне випромінювання**)
- 2) випромінювання, що виникає в результаті взаємодії первинного випромінювання з атомами повітря земної атмосфери, (**вторинного космічного випромінювання**).

Первинне космічне випромінювання складається в основному з ядер легких атомів H, He, C, O, літію, берилію й інших елементів і має дуже високі енергії.

Але незважаючи на високі енергії лише деякі частки первинного випромінювання досягають поверхні землі. Переважаюча маса їх взаємодіє з атомами повітря, породжуючи:

- а) вторинне космічне випромінювання, що досягає поверхні Землі;
- б) перетворюють стабільні атоми в атмосфері в космогенні природні радіонукліди.

Вторинне космічне випромінювання - по складу дуже складне і складається з усіх, відомих у даний час часток, як слабоенергетичних (слабоіонізуючих) так і сильноенергетичних (сильноіонізуючих). Рівня моря досягають 99,5% слабоіонізуючих і 0,5% сильноіонізуючих часток. Відповідними вимірами було встановлено, що доза в тканинах живого організму в середньому за добу від космічного випромінювання на рівні моря складає 0,11 мрад.

Тепер звернемо свою увагу на випромінювання від природних радіонуклідів. В даний час відомо більш 60 природних радіонуклідів, що беруть участь у формуванні радіоактивності біосфери. По походженню їх поділяють на дві групи (по іншій системі - на трьох):

КОСМОГЕННІ радіонукліди - утворюються в результаті взаємодії первинного космічного випромінювання з атомами азоту, вуглецю, натрію й інших елементів, що знаходяться в атмосфері. З великого числа таких радіонуклідів найбільший внесок у фонову дозу вносять ^7Be , ^3H , ^{14}C , ^{22}Na .

ПРИРОДНІ радіонукліди - нукліди, що знаходяться в земній корі й об'єктах зовнішнього середовища з моменту утворення Землі, як планети. Сюди входять радіоактивні ізотопи урану, торію, радій, ^{40}K , ^{87}Rb (рубідій).

Концентрація окремих природних радіонуклідів у земній корі варіює в широких межах, і поширеність, підрахована різноманітними авторами по різноманітних методиках, також дуже різниться. Так, по один даним найбільше поширений природний радіонуклід - ^{87}Rb , по іншим - ^{40}K . Корифеї уральської радіобіологічної школи, що працювали в Чорнобилі, схилиються до думки, що найбільша кількість у земній корі все-таки ^{40}K .

Вміст урану і торію в десятки і сотні, а радію в тисячі разом менше, у порівнянні з ^{40}K .

Природні радіонукліди виявляються:

1. в усіх типах ґрунтів, де зосереджена найбільша кількість ^{40}K із збільшенням утримання в глинистих і чорноземних ґрунтах (до 19 пкКю/г) і зменшенням у піщаних і торф'яно-підзолистих ґрунтах (до $2,4 \text{ пкКю/г}$);

2. в усіх типах вод. При цьому в поверхневих водах (ріки, озера) утримується в основному ^{40}K (до 330 пкКю/г), а в підземних водах - висока концентрація урану, торію, радію. У дощовій воді найбільша кількість із природних - тритій і $^7\text{берилій}$ (до десятків пкКю/л)

3. в всіх осадових і магматичних породах. Що стосуються магматичних (граніти, гнейси) - то в них знаходяться переважно важкі радіонукліди уран, торій, радій.

У різних районах земної кулі доза гамма-випромінювання від природних радіонуклідів земних порід у поверхні землі коливається в широких межах від 26 до 1150 мрад/рік . Проте є райони з аномально високим рівнем природних радіонуклідів, і, відповідно, із високою дозою фонового випромінювання - до 12 рад/рік .

Хочу призвести такий цікавий факт. У однім із солідних наукових видань, де не друкуються скоростиглі липові сенсації, було опубліковане повідомлення, що французьким дослідникам у Південній Африці вдалося знайти залишки природного уранового реактора, що працював декілька мільйонів років тому, і вигорів.

У атмосферу радіонукліди потрапляють різноманітними шляхами. Деяка кількість потрапляє в повітря при вивітрюванні земних порід і розкладанні органічних залишків. Певна частка належить космогенним радіонуклідам. Істотне значення має дифузія з ґрунту в приземні прошарки атмосфери радіоактивних газів: радону (^{222}Rn) і торону (^{220}Th), що є продуктами розпаду радію. У повітрі усередині будинків концентрація радону значно збільшується, а в непровітрюваних підвалах його концентрація невимірно вище.

В флорі і фауні концентрація радіонуклідів, як правило, нижче, чим у ґрунті, на якому ростуть рослини і живуть тварини. Адже більшість природних радіонуклідів погано засвоюються рослинністю і тваринами. Виняток у цьому відношенні складають ^{40}K , ^{14}C , і ^3H . Так у європейських країнах СНД, відповідно до даних Алексахіна, у середньому людині з їжею надходить: (пКю/сут)

^{40}K - прибіл. 1000 - мак. 3550

^{87}Rb - 125 - 100-150

^{238}U - 0,3 - 0,15-2,0

З природних радіоактивних речовин, найбільшу питому активність у рослинах складає ^{40}K , особливо в бобових. Рівень інших радіонуклідів мізерно мало.

У реальних природних умовах, рослинні і тваринні організми піддаються суміщеному опроміненню від природних радіонуклідів, причому зовнішнє опромінення формують природні радіоізотопи і космічне випромінювання, внутрішнє опромінення - тільки перші.

Рахується, що середня поглинена потужність дози космічного випромінювання на висоті рівня моря складає $3,2 \text{ мкрад/годину}$, а поглинена доза від цього компонента протягом року - 28 мрад. В міру підйому у висоту інтенсивність цього випромінювання зростає. Наприклад, на висоті 3 км вона в 5-6 разів більше, ніж на рівні моря.

Компонент дози зовнішнього опромінення від природних радіонуклідів варіює в широких межах, і пропорційний концентрації цих радіонуклідів у даній конкретній місцевості. У якості середньої потужності поглиненої дози - на Україні приймається 45 мкрад/годину (це 32 мрад/рік)

Таким чином, повна річна поглинена доза від зовнішніх джерел у середньому (як прийнято вважати) складає 60 мрад. Проте реальні поглинені дози, за результатами вимірів,

коливалися від 40 мрад у районі Севастополя, до 160 мрад - у районах залягання радіоактивних руд.

Дози опромінення від природних радіонуклідів, інкорпорованих в організмі, виявилися ще менше. Внутрішнє опромінення більшості органів обумовлено наявністю в них ^{40}K (річна поглинена доза в окремих органах варіює від 15 до 27 мрад). Внесок інших природних радіонуклідів значно менше. Виняток складає ланцюжок радіонуклідів 222 радон - 214 полоній, що надходять у легені інгаляційним шляхом і формуючих у цьому органі за рік поглинену дозу приблизно в 40 мрад.

Весь цей час, шановні колеги, ми з вами розглядали тільки природні радіонукліди. Але з п'ятидесятих років нашого сторіччя людина почала завзято і працюючо добавляти до божого утвору і свою лепту. Образно кажучи, прийшов "день сьомий" створення світу. (богу знадобилося шість днів). Почався грибний сезон ядерних випробувань у всіх краях Землі. Ядерні вибухи здійснювалися в результаті двох типів ядерних реакцій:

- реакція ділення природного збагаченого ^{235}U , а пізніше штучного збройового ^{239}Pu , отриманого в "мирних" реакторах атомних електростанцій із ^{238}U .
- надалі були створені так називані водневі, або термоядерні бомби, де використовувалася реакція синтезу з двох ізотопів водню (H і 3H) елемента He . Ця реакція потребує величезних тисків і температури в мільйони градусів, що і створювалися попереднім атомним вибухом, що у даному випадку відігравав роль запалу, простого детонатора.

Цього здалося замало, і, щоб збільшити потужність вибуху, термоядерну бомбу помістили в оболонку з ^{238}U . Утворювався вже потрібний вибух: перший вибух при розподілі ^{235}U урану - запал, другий вибух після створення першим відповідних умов тиску і температури - реакція синтезу гелію, третій утворювався, коли наймогутніший нейтронний потік від водневого вибуху розщеплював ^{238}U уран сорочки. Всі ці вибухи походять протягом 1 мільйонної частки секунди.

У результаті вибуху утвориться приблизно 80 різноманітних штучних радіонуклідів, що входять у ПЯД (продукти ядерного ділення). Вони перетерплюють декілька ядерних перетворень, перетворюючись по ланцюжку з одного ізотопу в інший, до того, як остаточно перетворитися в стабільний ізотоп: ^{90}Br 16 сек; ^{90}Kr 33 сек; ^{90}Rb 2,7 хвилини; ^{90}Sr 28,6 років; ^{90}Y ??? 90 цирконій, що і є стабільним ізотопом.

У сучасних вибухових пристроях устигає поділитися до 20-30 % речовини, що можуть ділитися. Інші розпорошуються, і добавляють свій внесок у радіоактивне забруднення зовнішнього середовища.

Ще одним додатковим джерелом радіоактивних забруднень місцевості є наведена радіація, коли потоки нейтронів від вибуху (або в реакторі) переводять стабільні ізотопи в нестійкі, тобто – радіоактивні.

Тому що період піврозпаду в кожного з ПЯД різний, то в кожний момент часу структурний склад ПЯД змінюється. Сумарна активність всіх осколків розподілу знижується суворо закономірно, і з цієї закономірності виведено, що:

КОЖНЕ десятикратне зниження активності осколків і потужності дози гамма-випромінення відбувається в результаті збільшення з віку в 7 разів.

Потужність ядерного вибуху вимірюється тротиловим еквівалентом (кількістю звичайної вибухівки, що використовується в снарядах), кілотони або мегатони, і на кожну кілотонну потужності вибуху припадає 37 грам високоактивних ПЯД.

ПОРАХУЄМО ЧОРНОБИЛЬ! Завантаження 200 т, випарувалося по різних підрахунках від 3-5 до 8 % уранового палива і продуктів поділу, це від 10 до 16 тонн активних радіонуклідів. $16000000:37=432\ 432.4$ кілотонн = 432 мегатонни Для довідки - на Японії були скинуті бомби по 20 кілотонн $432\ 432 : 20 = 21\ 621$ хіросіських бомб.