

Чернобиль і досі на устах. Хіба ж можемо ми не пам'ятати ядерного гриба над Україною! Хіба можемо забути!.. Ми живемо Чернобилем, хочемо знати усе про Чернобиль, хочемо вберегтися... А він, цей Чернобиль, постійно підкидає нам щось нове. То якою, зрештою, повинна бути наша стратегія радіаційної безпеки? Ми уміщуємо статтю про це провідного радіобіолога в Україні, відомого в СНД вченого професора І. М. ГУДКОВА.

розвитку, користь яких дуже сумнівна та ін. Радіаційна небезпека представлялася у вигляді високих доз опромінення. В останні десятиріччя вона асоціювалася майже завжди із загрозою атомної війни. І переважна більшість радіобіологів вивчали наслідки ствах атомної енергетики; випромінювання рентгенівських апаратів та деяких інших джерел, які опромінюють нас ззовні. Другий — це доза внутрішнього опромінення (Д внутр.), яку ми дістаємо в результаті потрапляння всередину з

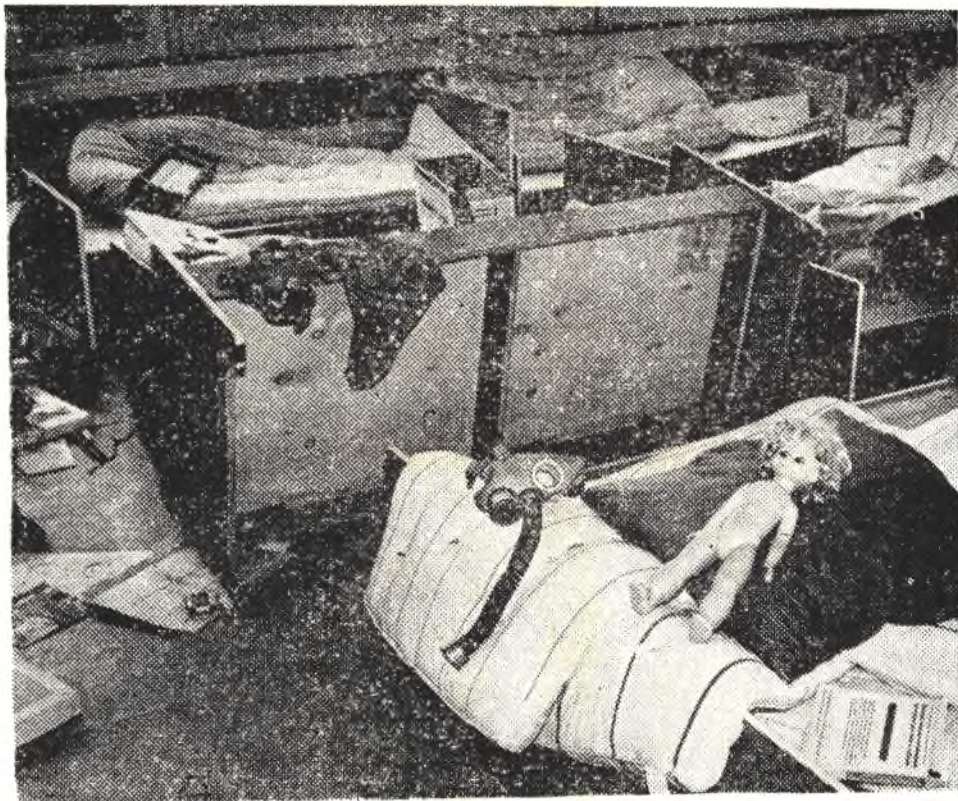
● ЧОРНОБИЛЬСЬКИЙ ЛІКНЕП

Стратегія радіаційної безпеки

Внаслідок аварії на Чернобильській АЕС, радіоактивному забрудненню (підкреслюю: «забрудненню», а не «зараженню», як пишуть нерідко в газетах) вище рівня 1 Ки/кв. км або $3.7 \cdot 10^{10}$ Бк/кв. км підпала територія близько 3,5 млн. га 116 районів 16 областей України, на якій проживає близько 20% всього населення. Зазначу однак, що рівні опромінення, які склалися на сьогодні, у більшості регіонів не становлять безпосередньої загрози для здоров'я.

Але й говорити про повну їх нешкідливість теж не можна. Міркування про пристосованість організму до низьких рівнів опромінення, а тим більше — про напевно навіть необхідність і корисність для живих організмів певних «малих доз» опромінення іонізуючою радіацією цілком безпідставні і не підтверджуються науковими даними. Переважна більшість радіобіологів дотримуються так званої «концепції безпорогової дії іонізуючих випромінювань на організм». Головний її постулат — нема нешкідливих для організму доз опромінення, тобто якою б малою не була доза опромінення, досить потрапляння одного кванта гамма- чи рентгенівського випромінювання, однієї альфа-, бета-, нейтронної чи іншої високоенергетичної частки в молекулу ДНК, щоб виклати в ній мутацію — зміну, яка у нащадків може проявитися в найнесподіваніших, часом драматичних наслідках. Іншими словами: нема порогу дози, до якого опромінення було б нешкідливим.

Поріг існує для деяких соматичних ефектів — реакцій організму на випромінювання, які проявляються в період його індивідуального розвитку — від народження до смерті або як його називають — онтогенеза. До них належать такі, як порушення процесів росту та розвитку, променева хвороба, прискоро-



рення старіння і скорочення тривалості життя, загибель тощо. Це — реакції, що мають поріг, тобто вони проявляються з певного рівня дози. Тож людина може цілком благополучно проживати відведені їй статистикою 60—70 років навіть в умовах підвищеного рівня опромінення, не відчувши на собі його вплив. А от вірогідність появи якихось порушень у його нащадків зберігається протягом 20 поколінь. І чим вища одержана доза, тим вища вірогідність їх прояву.

Та й деякі інші радіобіологічні ефекти можуть проявлятися ще в період життя самого опромінюваного індивідуума при найнижчих рівнях опромінення: канцерогенез — поява злоякісних пухлин як наслідок мутацій у соматичних клітинах, зниження імунітету — стійкості до захворювань та інших несприятливих факторів навколишнього середовища, прояви стимуляційних ефектів — прискорення процесів росту та

дії на організм високих доз опромінення. Саме стосовно до них і будувалася стратегія радіаційної безпеки. А зараз після аварії на Чернобильській АЕС коли величезні контингенти населення опинилися в умовах хронічного опромінення малими дозами, відповідно повинна змінюватися і ця стратегія.

ДОЗА, ЯКУ МИ ДІСТАЄМО

Доза іонізуючої радіації, яку ми систематично отримуємо, або, як заведено її називати, доза загального опромінення (Д заг.) складається з трьох основних компонентів. Перший — це доза зовнішнього опромінення (Д зовн.), доза від природних радіоактивних елементів, які складають майже чверть таблиці Д. І. Менделєєва; космічного випромінювання, яке надходить на Землю із Сонця та зірок Галактики; штучних радіоактивних елементів, які потрапляють у навколишнє середовище в результаті атомних вибухів, роботи, а, головне, аварій на підприєм-

ствах атомної енергетики; випромінювання рентгенівських апаратів та деяких інших джерел, які опромінюють нас ззовні.

Другий — це доза внутрішнього опромінення (Д внутр.), яку ми дістаємо в результаті потрапляння всередину з продуктами харчування та водою як природних, так і штучних радіоактивних елементів. І третій — це так звана доза інгаляційного опромінення (Д інгал.) — доза, яка формується за рахунок радіоактивних речовин, які потрапляють в організм через органи дихання з повітрям у вигляді найдрібніших радіоактивних пилюнок. В принципі, це частина дози внутрішнього опромінення, але її прийнято виділяти в окремий компонент, оскільки утворюється вона дуже специфічним шляхом і не залежить від попереднього компонента.

Отже, дозу загального опромінення можна уявити в такому вигляді:

$$D_{\text{заг.}} = D_{\text{зовн.}} + D_{\text{внутр.}} + D_{\text{інгал.}}$$

Але навіщо це потрібно робити? Здавалося б, доза — є доза. Вона або є, або її немає, точніше, є, але менше. І яка різниця, за рахунок чого ми її дістаємо. Головне, її величина, від якої залежать всі біди. В принципі, такі міркування правильні. Але не зовсім. Річ у тім, що

знаючи складові елементи дози і слід будувати стратегію захисту від неї, тобто стратегію радіаційної безпеки.

Звернімося, наприклад, до квітневих-травневих днів 1986 року — перших тижнів після вибуху четвертого блока на Чернобильській АЕС. Радіаційний фон зріс в десятки і сотні разів. Так, 1 травня на Хрещатику в період проведення демонстрації він становив 800—1200 мкР/год., а на Подолі — північній, більш близькій до Чернобиля частині Києва, сягав 3000 мкР/год. при доаварійному рівні 5—10 мкР/год. Тож компонент дози зовнішнього опромінення був дуже значним.

Підвищення радіаційного фону було зумовлено великим випаданням радіоактивних опадів — частинок мікронних та субмікронних розмірів, які легко проникали в легені, формуючи високу дозу інгаляційного опромінення.

А доза внутрішнього опромінення була невеликою. Тому, що ми в цей ранній весняний період споживали хліб, овочі, фрукти і більшість інших продуктів урожаю попереднього року, тобто не забрудненого радіоактивними речовинами. Худоба в основному в цей період ще перебувала на стійловому утриманні і в основному харчувалася сіном, соломом, соломою, концентратами теж урожаю попереднього року. А значить, м'ясо і молоко теж були чистими. Вода теж була відносно чистою, оскільки радіоактивні частки, щільність яких значно перевищувала щільність води, швидко осідали на дно.

Як треба було будувати стратегію радіаційного захисту в цей період? Від зовнішнього опромінення найкраще відгородитися свинцевою стіною. Але добре захищають і цегляні стіни, глинобитні, а в такій ситуації і дерев'яні. Тож треба було сидіти по домівках.

Від інгаляційного опромінення, тобто від надходження до легень найдрібніших частинок в ідеалі захищає протигаз. Але дуже ефективні й різні пилопоглинаючі маски, та й проста пов'язка з будь-якої зволоженої тканини. Звичайно, це обтяжливо. Треба було просто сидіти вдома із зачиненими кватирками, уникати протягів і якомога частіше робити вологе прибирання, яке приглушує підняття та рух пилу.

[Початок. Закінчення на 2 стор.]

Стратегія радіаційної безпеки

[Закінчення. Початок на 1 стор.]

Ці прості заходи дали б змогу зменшити отриману дозу у 2—4 рази. Але... Наш міністр охорони здоров'я лише через тиждень після початку аварії, коли на думку деяких спеціалістів була отримана мало не половина всієї дози зовнішнього та радіаційного опромінення, сформованою за 8-річний період, оголосив про це по телевізору. Оце так-так!

І треба було приймати йод: 250 мг йодистого калію на добу на дорослу людину, половину — дітям, чверть цієї дози — немовлятам.

Багато хто знає, що радіоактивний йод — йод-131, викинутий у навколишнє середовище при аварії, наповнив багату лиха. Але не всі знають, чому. Річ у тому, що Іолісся, в регіоні якого сталася аварія, в південній частині якого розташований Київ, де випала основна маса радіоактивних продуктів, відноситься до зони, півдани ґрунти якої дуже одні щодо вмісту більшості елементів, у тому числі і мікроелементів, до яких відноситься йод. А йод (мається на увазі звичайний нерадіоактивний йод-127) необхідний ссавцям, у тому числі і людині, для нормального функціонування щитовидної залози, яка виробляє ряд ферментів, що контролюють ріст і розвиток організму, системи імунітету та інші життєво важливі процеси.

Йод надходить в організм з продуктами харчування та водою. Він легки і може надходити з повітрям інгаляційним шляхом. Але зрозуміло, якщо йоду мало в ґрунті, то його мало і в цих джерелах. От чому в регіонах, де відчувається нестача йоду поширена така відома хвороба, як зоб та інші захворювання щитовидної залози. З метою профілактики лікарі рекомендують додавати йод в продукти харчування — в кухонну сіль, хліб та інші (при їх виробництві).

У Чорнобильському випадку було дуже багато радіоактивного йоду, який утворюється при роботі

ядерного реактора. За своїми хімічними властивостями він не відрізняється від нерадіоактивного і тому легко засвоюється організмом. От чому ми, особливо діти, у яких щитовидна залоза особливо активно функціонує і потребує підвищеної кількості йоду, дістали відносно високу дозу опромінення цього органа, що призвело до збільшення специфічних його захворювань, до різних неспецифічних наслідків, пов'язаних із ослабленням систем імунітету.

Період напіврозпаду йоду-131 — часу, протягом якого його радіоактивність знижується удвічі, становить 8 діб. І через 2—3 місяці після початку аварії він практично уже зник. Тому приймати йодистий калій у другій половині травня 1986 року з метою зменшення дози опромінення за рахунок цього було вже марно.

На сьогодні радіаційна ситуація докорінно змінилася. Повинні змінитися і стратегія радіаційної безпеки. Радіаційний фон знизився до 12—20 мкР/год. Це означає, що зовнішнє опромінення сьогодні не становить небезпеки. Давно перестали випадати радіоактивні опади. Існує так зване вітрове піднімання звичайного пилу з поверхні ґрунту, лісової підстилки, з якої осіли на ґрунт радіоактивні частки можуть потрапляти в легені. Але це скоріше теоретично. А практично вклад інгаляційної дози зараз дуже малий. В основному сьогодні доза загального опромінення формується за рахунок дози внутрішнього опромінення, тобто за рахунок радіоактивних продуктів, які потрапляють в організм з продуктами харчування і частки з водою. Як же радіоактивні речовини потрапляють в них?

МІГРАЦІЯ РАДІОАКТИВНИХ РЕЧОВИН У НАВКОЛИШНЬОМУ СЕРЕДОВИЩІ

Прослідкуємо за участю радіоактивних часток, які при аварії на Чорнобильській АЕС були ви-

кинуті у навколишнє середовище, тобто за їх міграцією.

В результаті серії газопарових вибухів та вибухів гримучого газу (суміші водню та кисню, які утворюються при роботі реактора) реактор був зруйнований і радіоактивні продукти були викинуті в атмосферу, підхоплені струменем гарячого повітря і піднесені на висоту 7 км, тобто до тропосфери. Така ситуація тривала протягом кількох тижнів, поки горів графіт, який становив захисну оболонку реакторів. Головним рушієм радіоактивних часток в атмосфері є вітер. Протягом буквально тижня він неодноразово змінював свій напрямок, в результаті чого і утворилися такі звані радіоактивні сліди: північний, західний, південний, східний. У тропосфері радіоактивна хмара була підхоплена тропосферними вітрами, які дули із заходу на схід, і за два тижні обійшла півкругом, супроводжуючись радіоактивними опадами.

Основним приймачем радіоактивних опадів на Землі є ґрунт. Але ґрунт значною мірою вкритий рослинністю. Тож приймачем можна назвати і рослини покрив. Певна частина землі вкрита водоніщами. Тож і їх варто вважати найважливішими приймачами радіоактивних опадів. Децю потрапляє і на тварин, і на людину. Саме в такій ситуації і формується доза зовнішнього та інгаляційного опромінення.

Радіоактивні частки, тобто частки, які несуть радіоактивні речовини, потрапивши на поверхню ґрунту з часом під впливом води та кисню повітря руйнуються, речовини, що містяться в них, в тому числі і радіоактивні, вимиваються вглиб ґрунту, в зону корення рослин. Разом з так званим ґрунтовим розчинним вони надходять у рослини, зумовлюючи в них дозу внутрішнього опромінення.

Більшість видів рослин вирізняються порівняно із ссавцями високою стійкістю до іонізу-

ючого випромінювання і як правило, при існуючих рівнях опромінення для більшості забруднених територій опромінення для них загально не є небезпечним. Хоча вже є дані про те, що воно в зонах з високим рівнем забруднення викликає у рослин певні порушення.

Головне в цьому процесі — це те, що рослини слугують основним переносником радіоактивних речовин з ґрунту в організм людини. Певна частина раціону людини становлять і продукти тваринництва: м'ясо, молоко та молочні продукти, яйця. Цим, так званим харчовим ланцюжком ґрунт—рослина—тварина—людина радіоактивні речовини надходять в наш організм. При цьому за оцінками різних фахівців 50—70% їх надходить з продуктами тваринництва, а з них до 70—90% з молоком та молочними продуктами. Звичайно, куди ці умовні і визначаються значною мірою специфікою раціону, часткою в ньому тих чи інших продуктів тваринництва та рослинництва.

Певна частина радіоактивних речовин в організм людини надходить і з водою — як коротким шляхом безпосередньо з питною водою, так і довгим через рослини та тварин.

Так, із згаданим вітровим підняттям радіоактивні частки з ґрунту можуть знову потрапляти у повітря і осідати на ґрунт уже в іншому місці, осідати на рослини, водонища тощо. Вони можуть змішуватися з поверхні ґрунту дощовими та талими водами у водонищах, забруднюючи їх додатково. До речі, цей шлях забруднення води дуже небезпечний і є, мабуть, основним шляхом їх забруднення сьогодні. Із рештками рослин, відходами тваринницьких комплексів радіоактивні речовини знову потрапляють у ґрунт і знову починають свій шлях харчовим ланцюжком.

На знімку [1 стор.] відлуння атомної трагедії. Фотоархів «ВЧ».