

ков ГИБДД — регулировщиков дорожного движения (обзор литературы) / П.И. Каляганов, В.В. Трошин, И.А. Макаров // Медицина труда и промышленная экология. — 2009. — № 5. — С. 30-34.

25. Цитогенетический статус детей, проживающих вблизи целлюлозно-бумажного комбината / Л.П. Сычева, С.И. Иванов, М.А. Коваленко и др. // Гиг. и сан. — 2010. — № 1. — С. 7-10.

26. Assessment of Occupational Genotoxic Risk in the Production of Rubber Tyres / B. Laffon, J.P. Teixeira, S. Silva et al. // Toxicology Unit, University of A Coruna. — 2006. — P. 2-20

27. Bolognesi C. Genotoxicity of pesticides: a review of human biomonitoring studies / C. Bolognesi // Toxicological Evaluation Unit. — 2003. — P. 265-276. — режим доступу [http://elsevier.com/locate/reviewsmr].

28. Вплив формальдегіду на імунну систему мурчаків / Б.П. Кузьмінов, Ю.Г. Брейдак, Т.С. Зазуляк та ін. // Современные проблемы токсикологии. — 2008. — № 2. — С. 17-19.

29. Константинова Н.А. Имунные комплексы и повреждение тканей / Н.А. Константинова. — М.: Медицина, 1996. — 158 с.

30. Гранов А.М. Канцерогенез и иммунология опухоли. Фундаментальные и клинические аспекты / А.М. Гранов, О.Е. Молчанов // Вопросы онкологии. — 2008. — № 4. — С. 401-409.

31. Связь количества эритроцитов с микродрами с иммунологическим статусом у человека / Н. Н. Ильинских, Д.П. Курдрявцев, Л.Я. Перепечаев и др. // Цитология и генетика. — 1990. — Т. 24, № 6. — С. 20-24.

32. Biomonitoring of genotoxic risk in workers in a rubber factory: comparison of the Comet assay with cytogenetic methods and immunology / M. Somorovska, E. Szabova, P. Vodicka et al. // Mutat. Res. — 1999. — V. 445, № 2. — P. 181-192.

33. Шабад Л.М. Предрак в экспериментально-морфологическом аспекте / Л.М. Шабад. — М.: Медицина, 1967. — 384 с.

34. Действие канцерогенных углеводов на клетки / Л.А. Андрианов, Г.А. Белицкий, Ю.М. Васильев и др. // М.: Медицина, 1971. — 168 с.

Надійшла до редакції 17.09.2011.

MEASURES FOR THE MINIMIZATION OF INNER IRRADIATION DOSE OF THE POPULATION

(literary review)

Korzun V.N.

ЗАХОДИ З МІНІМІЗАЦІЇ ДОЗИ ВНУТРІШНЬОГО ОПРОМІНЕННЯ НАСЕЛЕННЯ

(огляд літератури, повідомлення)



КОРЗУН В.Н.

ДУ "Інститут гігієни та медичної екології ім. О.М. Марзеєва АМН України", м. Київ

У світі проблема зменшення доз опромінення населення виникла через випробування ядерної зброї у шістдесятих роках минулого століття та викликані ними радіоактивні глобальні опади, які призвели до повсюдного забруднення навколишнього середовища довгоживучими радіонуклідами. Локальні вогнища інтенсивного забруднення (десятки і сотні квадратних кілометрів) мали місце при радіаційних аваріях на Південному Уралі (1957 р.), в Англії (1957 р.), у США (1979 р.) [24].

Аварія на Чорнобильській АЕС (1986 р.) перевершила всі попередні і за кількістю викинутої радіоактивності, і за площею забруднення та кількістю населення, втягнутого в аварію. З великої кількості нуклідів ядерного палива, ядерних уламків і їхніх дочірніх продуктів розпаду (понад 200) найбільшу значимість за своїми радіо-

МЕРОПРИЯТТЯ ПО МИНІМІЗАЦІЇ ДОЗИ ВНУТРІШНЬОГО ОБЛУЧЕННЯ НАСЕЛЕННЯ (обзор литературы)

Корзун В.Н.

В обзоре приводятся данные о наиболее важных источниках внутреннего облучения населения при аварии на ЧАЭС — радионуклидах цезия, стронция и йода. Дана оценка критических продуктов питания — носителей нуклидов, уровней их загрязнения йодом, цезием и стронцием. В виде схемы представлены основные пути снижения дозы внутреннего облучения. Подробно подана технологическая и кулинарная обработка продуктов питания (молока, мяса, рыбы, овощей) с целью снижения в готовой продукции из них цезия-137. Дан критический анализ методов дезактивации пищевых продуктов. Показано, что переработка молока на молокопродукты (сливки, творог, масло, сыры) существенно снижает поступление радионуклидов в организм потребителей. Технологическая схема дезактивации свежих и сушеных грибов практически снимает запрет использования этих даров леса в пищу. Разработанный автором при участии семи других институтов метод дезактивации молока и других жидкостей позволяет в 10-15 раз снизить содержание в них цезия. В качестве фильтрующего материала коллективом ученых создан хемосорбционный материал ЦМ-КФ на основе волокна МТИЛОН-В. Молоко, прошедшее фильтрацию, сохраняет свои физико-химические свойства (вкус, запах, цвет, содержание белков, жиров, минеральных солей и т.д.).

Таким образом, применение указанных методов дезактивации (снижения уровней загрязнения) сырья и пищевых продуктов может в десятки раз снизить дозу облучения потребителей.

© Корзун В.Н. СТАТТЯ, 2012.

токсичними і фізичними характеристиками (величиною виходу при діленні, періодом напіврозпаду, видом і енергією випромінювання, розчинністю у воді і доступністю для кореневої системи рослин, поведінкою в організмі тощо) являли такі радіонукліди: плутоній-239, -240; стронцій-90; цезій-134, 137; йод-131; рутеній-103, 106; ніобій-95; барій-140; церій-141, 144. Як джерела внутрішнього опромінення найбільш небезпечними були нукліди йоду, цезію, стронцію і плутонію [6, 8, 12, 22].

Оскільки аварія мала дуже своєрідний характер (горів графіт, температура піднімалася вище 2000°C), то і фізико-хімічний стан викинутих радіонуклідів виявився незвичайним. У їхньому складі було виявлено частинки з новими властивостями, наприклад, оксиди і карбіди деяких рідких металів, які погано змиваються водою з поверхні рослин і ґрунту, а також ізотопи трансуранових елементів (плутонію-239, америцію-241 та інші), утворені у результаті активації швидкими нейтронами урану-238. Однак основна маса радіоізотопів мала відносно невеликий період напіврозпаду, тому у перші дні після аварії, навіть в умовах повторних викидів, відбувався досить значний спад рівнів радіації, зумовлений розпадом радіоактивного йоду-131 (період напіврозпаду — 8,08 діб) та інших короткоживучих ізотопів [5, 8].

З розпадом короткоживучих ізотопів радіаційна обстановка все більше стала визначатися такими довгоживучими радіонуклідами, як цезій-137, стронцій-90, плутоній-239 з періодом напіврозпаду відповідно 30; 29,12 і 24390 років [3, 4, 7, 22, 23].

Радіоактивні речовини, викинуті під час аварії на Черно-

бильській АЕС, також неодноразово значні за розчинністю і рухливістю. Частина з них "запакована" у сплавах силіцію (піску), вуглецю (графіту) і продуктах його горіння. Маючи велику активність, ці так звані "гарячі частки" — малорозчинні у воді і біологічних рідинах, тому вони менш небезпечні серед можливих джерел внутрішнього опромінення [3, 12, 23, 27].

Інші нукліди вилетіли у вигляді маленьких часточок, окремих молекул або навіть іонів, розчинність яких значно вища. Великі частинки осіли поблизу станції, маленькі ж полетіли за сотні й тисячі кілометрів від неї. Як і радіонукліди глобальних опадів, радіоактивні речовини Чорнобиля мають різну рухомість залежно від типу ґрунту, на який вони опали. Так, на чорноземних ґрунтах Вінницької, Черкаської, деяких районів Київської області радіонукліди мало переходять у рослини. На кислих же торф'яниках і піщаних ґрунтах Полісся, навпаки, рухомість їх дуже висока. Цим і визначається той факт, що поблизу реактора можна одержати більш чисте молоко, ніж у північних районах Житомирської, Рівненської та Волинської областей [21, 22, 32].

Серед трьох основних шляхів надходження радіонуклідів до організму (інгаляційний, аліментарний, шкірний) аліментарний шлях у людей мав і має нині найважливіше (першорядне) значення [8, 13].

У перші 20-40 днів після аварії критичними продуктами харчування були молоко, городина, ягоди. У той період найбільшу радіаційну загрозу для організму людей являв йод-131, який визначав 60-70% дози внутрішнього опромінення. Вміст його у молоці сягав 37-370 кБк/л, у городині — 27-300 кБк/кг, у полуниці — 50-215 кБк/кг. За 40 днів на частку йоду-131 у молоці припадало 30-40% загальної радіоактивності, а на перше місце вийшли радіонукліди цезію, вміст яких у молоці північних районів Житомирської, Київської і Рівненської областей сягав 4 кБк/л [8, 22].

Ступінь радіоактивного забруднення м'яса був дещо меншим. Вміст цезію-137 у цьому продукті становив 0,1-0,8 кБк/кг і був найвищим у м'ясі диких тварин (кабанів, ло-

сів, кіз). У прісноводній рибі, залежно від віддаленості від ЧАЕС, концентрація його становила 0,1-0,7 кБк/кг.

До серпня 1986 року радіоактивний йод-131 цілком розпався. Зменшилася значимість рутенію, барію, церію. З 1989 року 95-98% дози внутрішнього опромінення у людей, які мешкали на забрудненій території, формувалися за рахунок цезію-134 і цезію-137, 3-4% — за рахунок стронцію-90, усі інші радіонукліди визначали не більше 1-2% зі зменшенням їхньої частки у подальшому за рахунок розпаду. На щастя, щільність забруднення плутонієм сільськогосподарських угідь за межами 30-км зони незначна (не більше 3,7 кБк/м²). Крім того, у системі "ґрунт — рослина" сполуки плутонію малорухомі, всмоктування у ШКТ не перевищує 0,01-0,003%. Тому радіонукліди плутонію не являють значної загрози як забруднювачі харчових продуктів [6, 32, 33]. Таким чином, за 25 років після аварії головними дозотворюючими нуклідами, які надходять з харчовими продуктами, є цезій-137 і стронцій-90. Тому ми приділимо їм дещо більше уваги.

Відомо 18 радіоізотопів стронцію. Більшість з них є короткоживучими, лише чотири радіонукліди мають період напіврозпаду від доби до двох місяців і один, найбільш поширений — стронцій-90 — понад 29 років [4, 6].

Потрапивши до шлунково-кишкового тракту, стронцій швидко всмоктується у кров (на 20-70%). Всмоктуваність його залежить від виду, віку, фізіологічного стану і характеру харчування тварини або людини. У дорослої людини всмоктуваність стронцію становить 20-30%, у дітей, залежно від віку, всмоктуваність радіонуклідів сягає 30-50%. За нестачі кальцію і білка у раціоні харчування всмоктуваність ізотопу може підвищуватися до 50-60% у дорослої людини і до 60-100% — у дітей [1, 14].

Незалежно від шляху і режиму надходження до організму розчинні сполуки стронцію вибірково накопичуються у кістках. У м'яких тканинах затримується менше 1% стронцію-90.

Біологічна дія стронцію-90 при попаданні до організму тварини або людини зумовлює

ється бета-частинками, які випромінюються ним самим і його дочірнім продуктом розпаду — іттрієм-90. Середній пробіг бета-частинок у тканинах тварин становить у стронція-90 0,5 мм, іттрія-90 — 4 мм. У кістковій тканині, зважаючи на її велику щільність порівняно з м'якими тканинами, величина пробігу бета-частинок буде меншою.

За хронічного надходження стронцій накопичується в організмі у значно більшій кількості, ніж інші елементи. Так, у разі рівномірного тривалого надходження до організму людини коефіцієнт накопичення (співвідношення кількості стронцію, депонованого в організмі, до щоденного надходження) становить 2450-2750. Накопичуючись у кістковій тканині, він практично не виводиться з організму. За даними Б.Н. Анненкова [1], обмінний пул ізотопу становить 10-15%, а період біологічного напіввиведення — 10-14 років. Час динамічної рівноваги — близько 70 років, тобто практично протягом життя людини він накопичується в організмі.

Вміст радіонукліду в урожаї сільськогосподарських культур може суттєво відрізнятись (для зернових і бобових, вирощених на одному ґрунті, — у 70-85 разів, коренеплодів і овочів — у 300-350 разів). Найбільш інтенсивно він накопичується у кальцієфілів — бобових рослинах. Стронцій міститься у насінні, плодах, коренеплодах у значно меншій кількості, ніж в інших органах (листі, стеблах). У рослинних продуктах кількість Sr-90 (50-80%) входить у фракцію геміцелюлози і крохмалю, 6-40% перебуває у легко розчинній формі [6, 20].

Тваринам радіоактивний стронцій надходить переважно з кормом. В умовах хронічного надходження кратність накопичення нукліду суттєво залежить від виду та віку тварин. Найвища концентрація стронцію спостерігається у кістках свиней, а у м'язовій тканині (м'ясі) — в яловичині і свинині [26, 28].

У лактуючих тварин Sr-90 у значній кількості виводиться з молоком. Перехід Sr-90 із раціону в яйце становить 39-60% добового надходження, при цьому до 96% стронцію зосереджено у шкаралупі, 3,5% — у жовтку, 0,5% — у білку [14, 26, 31].



ПРОБЛЕМИ ЧОРНОБИЛЯ

Особливу загрозу Sr-90 являє для дітей, до організму яких нуклід надходить з молоком, м'ясними і зерновими продуктами. Технологічна і кулінарна переробка продуктів харчування, про що буде сказано нижче, значно знижує концентрацію стронцію у готових стравах. Зазначимо, що перехід Sr-90 із кісток до бульйону незначний, він коливається у межах 0,09-0,18%. При варінні м'яса до бульйону переходить вже $57 \pm 11\%$ Sr-90. При цьому 50-60% активності з м'яса переходить до бульйону протягом перших 10 хвилин варіння і може бути видалена з утвореним бульйоном. З цього виходить, що для заборони на приготування кісткових бульйонів, як і на варіння яєць, немає підстави [9, 15].

На щастя, основна кількість Sr-90, що вилетіла із зруйнованого реактора, випала у 30-(10)-кілометровій зоні, поза межами щільності забруднення ґрунту Sr-90 не перевищувала 3 Кц/км^2 (111 КБк/м^2). Тому харчові продукти, одержані на забруднених територіях, містять незначні рівні радіонукліда — порядку одиниць або десятків одиниць беккерелів на кг. Так, середній вміст стронцію-90 у молоці корів 1994 року становив 0,5-2,1 Бк/л, у картоплі — 0,3-2,4 Бк/кг, в овочах — 0,1-2,0 Бк/кг, у фруктах — 0,1-0,5 Бк/кг. Завдяки чотирьом видам харчових продуктів (молоку, хлібопродуктам, картоплі, овочам) до раціону надходить 75% стронцію-90, решта 25% припадає на частку м'яса, риби, фруктів тощо. Надходження нукліда з раціоном у найбільш забруднених районах України оцінюється величиною 1,05 КБк/рік для жителів міста і 1,64 КБк/рік для сільського населення.

Накопичуючись у скелеті, стронцій-90 залишається там

тривалий час, внаслідок чого у кістковій тканині і кровотворному кістковому мозку патологічні зміни настають значно більші, ніж в інших органах і тканинах організму. Великі дози стронцію-90 викликають променеву хворобу. За тривалого надходження його до організму у відносно малих кількостях можуть розвинути радіаційні пошкодження у вигляді гальмування росту, зміни у кровотворних органах і картині крові, зниження імунологічних і захисних властивостей, вироблення антитіл при вакцинації, порушення обміну речовин [6, 33].

З 22-х радіоактивних ізотопів цезію більшість є короткоживучими з секундними або хвилинними періодами напіврозпаду, лише два радіоізотопи довгоживучі: цезій-134 з періодом напіврозпаду 2,06 роки і цезій-137 з періодом напіврозпаду близько 30 років [4-6].

Найбільшу біологічну загрозу являє цезій-137. Це — бета-випромінювач з середньою енергією бета-частинок 170,8 кеВ. Під час його розпаду утворюється дочірній радіонуклід барій-137 з періодом напіврозпаду 2,55 хв., перетворення якого супроводжується випромінюванням гамма-квантів з енергією 661,6 кеВ [6].

Властивості цезію аналогічні калію. Подібно до калію він активно включається у біологічний круговорот, мігрує біологічними ланцюжками і доходить до організму людини.

Розчинність солей цезію, що випали на ґрунт під час глобальних опадів, становить 80-100%. Оскільки цезій не утворює важкорозчинних сполук у широкому діапазоні рН, він є легкодоступним для рослин і накопичується у них.

Кореневе надходження цезію до рослини залежить від його біологічної рухливості, типу і

MEASURES FOR THE MINIMIZATION OF INNER IRRADIATION DOSE OF THE POPULATION (literary review)

Korzun V.N.

Data on the radionuclides of cesium, strontium, and iodine as the most significant sources of inner irradiation of the population at the accident on the NPP are presented in the review. Assessment of critical foodstuffs: the carriers of radionuclides, levels of their contamination with iodine, cesium and strontium are given. The main ways of the reduction of inner irradiation dose is presented as a scheme. Technological and culinary processing of foodstuffs (milk, meat, fish and vegetables) for the reduction of cesium-137 in the finished production is shown in details. It is demonstrated that milk processing into dairy products (cream, curds, butter, cheese) reduces significantly intake of

radionuclides into the organism of the consumers. Technological scheme of the decontamination of fresh and dried mushrooms practically removes a ban for the use of these forest gifts for food. A method for the decontamination of milk and other liquids allows decreasing a content of cesium in them greater by 10-15 folds. This method was elaborated by the author with the participation of the representatives of seven other institutes. Chemisorptive material ЦМ-КФ has been created on the basis of itilon-B as a filter material by the group of the scientists. Filtered milk preserves its physical-and-chemical properties (taste, smell, colour, content of proteins, fats, mineral salts etc.) Thus, application of the mentioned decontamination methods (reduction of contamination levels) of raw materials and foodstuffs can decrease a dose of the irradiation of the consumers by tens fold.

фізико-хімічних властивостей ґрунту, кліматичних умов, виду рослинності, агротехнічних прийомів ведення сільського господарства тощо. Рослини можуть поглинати із ґрунту розчинний у воді цезій. Засвоєння нукліду рослинами, що виростили на різних ґрунтах, коливається у широких межах. Наприклад, коефіцієнти накопичення цезію-137 в урожаї пшениці залежно від виду ґрунту коливаються від 1,42 до 0,02 [1, 31].

Особливо високий перехід цезію спостерігається у регіонах з торф'янисто-болотними ґрунтами (українсько-білоруське Полісся). Рівні забруднення харчових продуктів і фуражу (молока, зернових, овочів, яловичини, природних трав), вирощених у цій місцевості, приблизно на 1-2 порядки вищі порівняно з іншими територіями. З накопиченням цезію у зерні і бульбах сільськогосподарські культури розміщуються у такому наростаючому порядку: ячмінь < просо < пшениця < гречка < квасоля < овес < картопля < боби [1, 26].

Джерелом надходження цезію до організму людей частіше можуть бути продукти харчування тваринного походження — молоко, м'ясо, яйця. Сільськогосподарські тварини, які перебувають у природних умовах проживання, одержують нуклід через шлунково-кишковий тракт (з кормом і водою), органи дихання і шкіру. Цезій-137 у розчинній формі характеризується практично 100% резорбцією із шлунково-кишкового тракту (ШКТ) і органів дихання. У жуйних тварин

резорбція цезію із ШКТ дещо нижча — 50-80%. У випадку тривалого надходження цезію-137 (як було після аварії на ЧАЕС) вміст нукліду в 1 кг м'язів у корів, овець, кіз, свиней і курей становить відповідно 4%, 8%, 26% і 45% від добового надходження. У лактуючих тварин цезій-137 у значній кількості виводиться з молоком. За тривалого надходження нукліду коровам вміст його в одному літрі молока сягає 1-1,1% щодобового надходження [9, 26].

Цезій добре переходить в яйце. За його хронічного надходження рівноважний стан у курей настає за 6-7 діб, а вміст нукліду в яйці становить 2,3-3,3% від щоденного надходження. Концентрація цезію у білку яйця у 2-3 рази вища, ніж у жовтку, а у шкаралупі міститься лише 1-2% від загальної кількості нукліду в яйці.

У разі надходження цезію до водойм він швидко мігрує у донні відкладення, засвоюється планктоном і бентосом. Риба активно накопичує ізотопи цезію і може бути одним з основних джерел надходження його до організму людини.

За даними багатьох авторів, вклад у дозу внутрішнього опромінення продуктів харчування становить 98-99%. З продуктів харчування молоко визначає близько 80% дози, м'ясо — 5-10%, картопля — 5-6%, овочі — 1-6%, риба — 1-2%, гриби — 2-12,5%, хліб — 1-4% [1, 4, 17].

У шлунково-кишковому тракті людей (дорослих і дітей) всмоктуваність цезію сягає 100%. Накопичується він переважно у м'яких тканинах, лише

4-8% його відкладається у кістках. Коефіцієнт накопичення нукліду залежить від характеру харчування і віку, у середньому дорівнює 100-120, а у разі порушення харчування (нестачі калію, білка) сягає 160-170. Час, коли настає динамічна рівновага, дорівнює 450-500 дням [20, 30].

Накопичуючись у м'яких тканинах, цезій утворює внутрішнє опромінення, яке за рівноважного вмісту у дорослого 6,6 мкКи (244 кБк) на рік може сягати дози в 1 сЗв (1 Бер).

Діти, залежно від віку і ваги, отримують дозу в 1 сЗв за вмісту цезію 1-3 мкКи (37-111 кБк) на організм.

Внутрішнє опромінення цезієм-137 викликає такий саме біологічний ефект, як і зовнішнє опромінення організму за аналогічних доз [4, 6, 32].

Як відомо, живі організми можуть піддаватися зовнішньому опроміненню (гамма-, нейтронному, рентгенівському) і внутрішньому (α , β , γ , n). У першому випадку джерела випромінювання (радіоактивна речовина або пристрій) знаходяться поза організмом, у другому — радіоактивна речовина міститься в організмі. Ушкоджуючий ефект визначається не видом опромінення (зовнішнім або внутрішнім), а дозою і потужністю дози опромінення. Захисні міри мають багато спільного, але й свої особливості [7, 11].

Для захисту від зовнішнього опромінення використовують фізичні (механічні) засоби захисту — екранування частини або всього тіла під час опромінення, скорочення часу опро-

мінення, збільшення відстані від джерела випромінювання тощо. Для зменшення пошкодження організму поглинутою дозою опромінення застосовують хімічні або біологічні речовини — радіопротектори.

Радіопротектори — речовини переважно синтетичного походження, введення яких перед опроміненням тваринам або людині знижує ушкоджуючу дію іонізуючого опромінення. Вони передбачені для індивідуального захисту організму від зовнішнього опромінення у надзвичайних ситуаціях (аварійних, воєнних умовах) і для переважного захисту нормальних тканин при променевому ушкодженні злоякісних пухлин.

Незважаючи на велику кількість експериментальних та клінічних досліджень радіопротектори поки не знайшли широкого практичного застосування. Це пов'язане переважно з побічними ефектами, які виникають при застосуванні їх у радіозахисних дозах. За тривалого і низькоінтенсивного опромінення дози і препарати, ефективні у випадку гострого летального опромінення, є практично неприйнятними [2, 6, 7].

Основні профілактичні заходи, направлені на зниження дози внутрішнього опромінення, представлені на рис. 1.

Заборона або обмеження виробництва та вживання сільсь-

когосподарських продуктів здатні у десятки разів знизити дозу внутрішнього опромінення. Однак можливості використання привозних продуктів у необхідній кількості та асортименті часто обмежені, пов'язані з великими економічними витратами та не завжди спроможні забезпечити досягнення раціональних норм харчування населення. Проведення комплексу агрохімічних та зооветеринарних заходів для отримання продуктів з можливо низьким вмістом радіонуклідів у них (глибока оранка, залужування ґрунтів, внесення ціолітів, підбір кормів для тварин тощо) теоретично мають зводити до мінімуму вміст радіонуклідів, однак ці заходи потребують чіткого виконання Інструкцій з ведення сільськогосподарського виробництва, що далеко не завжди можливе [7, 26, 32].

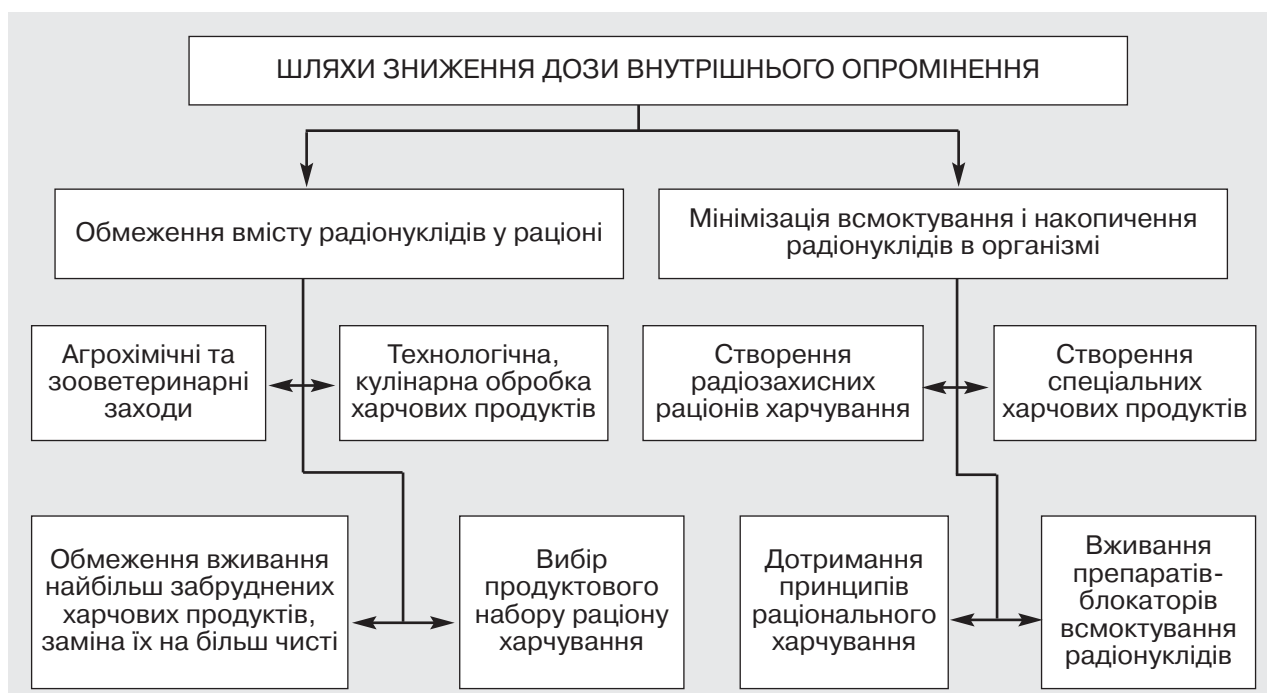
Значному зниженню вмісту радіонуклідів у продуктах харчування сприяє технологічна і кулінарна обробка їх. Підготовку продуктів і харчової сировини доцільно починати з механічної очистки від забруднення їхньої поверхні від землі. Усі продукти насамперед треба старанно промити проточною водою або у великій кількості стоячої. Перед миттям капусти, цибулі, часнику доцільно вилучати верхні, найбільш забруднені листочки. Механічна

обробка м'ясної сировини полягає у вилученні забруднених ділянок сполучної тканини [10, 15, 19].

Найефективнішим, останнім способом кулінарної обробки харчової сировини і продуктів, що дозволяє досягти суттєвого зниження радіонуклідів у готовій страві, є варка. При відварюванні значна частина радіонуклідів та інших шкідливих хімічних речовин (важких металів, нітратів тощо) переходить у відвар. Так, встановлено, що близько 80% радіонуклідів цезію при відварюванні м'яса і рибних продуктів переходять до бульйону. Вочевидь, що в умовах інтенсивного забруднення продуктів радіонуклідами використовувати як їжу відвари недоцільно. Треба проварити продукт протягом 5-10 хв., злити воду, а потім продовжувати варити у новій порції води, використовуючи її для їди. Цей спосіб придатний для приготу-

Рисунок 1

Заходи зі зниження дози внутрішнього опромінення населення



користується для їди нарівні з засоленим харчовим продуктом, як наприклад розсіл квашеної капусти, про будь-який радіозахисний ефект говорити не доводиться [13].

Особливої уваги заслуговують заходи, спрямовані на зниження надходження радіонуклідів до організму людини з молоком, що передбачають дезактивацію молока або заміну цільного молока на продукти його переробки.

Розробці способів дезактивації молока присвячено багато досліджень, які ґрунтуються на використанні іонообмінної смоли і глини. Запропоновано промислові установки з рухливим і нерухливим шаром смоли і глини. Недоліком такої обробки є те, що вона негативно впливає на харчову і біологічну цінність молока, знижує у ньому кількість і якість білків, вітамінів і мінеральних солей [16].

Нами розроблено і успішно випробувано спеціальний фільтр для очистки молока та інших рідких продуктів у приватних господарствах. В якості фільтруючого елемента створено

хемосорбційний матеріал ЦМ-КФ на основі волокна МТІЛОН-В (сополімер целюлози і поліакрилонітрилу), який оброблено розчинами заліза і фероціаніду калію. Було відпрацьовано оптимальні технологічні режими нанесення розчину фероціаніду на волокно МТІЛОН-В і отримання волокна ЦМ-КФ. Молоко після фільтрації зберігає усі свої фізико-хімічні і технологічні властивості (смак, запах, колір, вміст білків, жирів, мінеральних солей тощо). Для зручності використання фільтруючого елемента розроблено лійку з фіксатором місткістю близько 5 літрів, що дозволяє збирати очищене молоко у будь-яку ємність (відро, каструлю, банку). Ефективність очистки від радіонуклідів цезію свіженеоденого молока складає у середньому 90% [13, 15, 29].

Можливе багаторазове використання фільтра (протягом 3-5 днів) за умови ретельного відмивання його від молока після кожного використання спочатку у холодній, а потім у теплій (70°) воді і висушування на повітрі.

Натурні дослідження способу дезактивації молока за допомогою фільтра ЦМ-КФ, проведені у селах Рівненської, Житомирської, Гомельської і Брянської областей, підтвердили його доступність і ефективність за умови використання для очистки свіженеоденого молока. Ефективність очистки молока представлено у таблиці 1.

За нинішніх рівнів забруднення молока навряд чи доцільно використовувати цей метод, але пам'ятати про нього варто.

Таблиця 1

Ефективність дезактивації молока у приватних господарствах

Область	Кількість приватних господарств	Вміст цезію у молоці, Бк/л		Ефективність очистки	
		до очистки	після очистки	%	кратність
Житомирська	782	813±196	69,5±16,7	91,5	11,7
Рівненська	176	268±742	304±71	89,4	9,4
Гомельська	451	876±317	85,8±31,1	90,2	10,2
Брянська	147	2917±190	254±116,5	91,3	11,5
Разом	1556			90,06	10,7

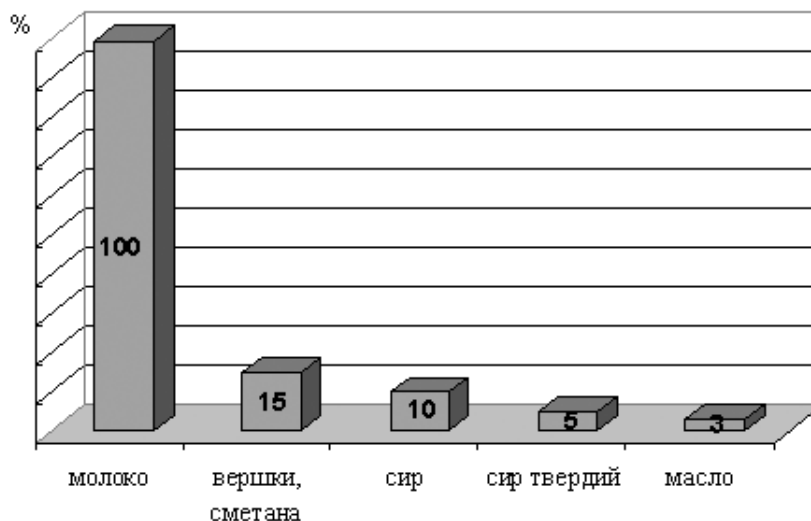
ється. При бажанні продукти після відварювання можна підсмажувати у духовій шафі або на сковорідці, додаючи приправи, сіль і спеції за смаком: враження від їжі буде повним, а радіонуклідів значно поменшає.

Рибу необхідно очистити від луски, вилучити плавці, голову і випрошити, потім розрізати на шматки (50-100 г) і витримати у 4-6% розчині повареної солі протягом 20-24 годин, кілька разів змінюючи воду. Така обробка знижує вміст цезію на 87-95%.

У квашених овочах і фруктах кількість радіоцезію, що вживається з соліннями, буде вдвічі меншою, ніж у вихідних свіжих продуктах. Якщо розсіл ви-

Рисунок 2

Перехід цезію у продукти переробки молока



Суттєвого зниження вмісту радіонуклідів у молочних продуктах можна досягти шляхом технологічної переробки цільного молока на жирові і білкові концентрати. Так, під час сепарування молока 85-90% стронцію, йоду і цезію залишається у відвійках (перегоні), 10-15% — у вершках. При переробці вершків на вершкове масло основна частина вказаних радіонуклідів переходить у скелотини і промивні води. Переробка молока на сир, у тому числі у домашніх умовах, знижує вміст стронцію на 50-60%, а цезію — на 85-90%, оскільки основна частина радіонуклідів залишається у сироватці (рис. 2).

Переробка молока на тверді сири, м'який сир, порошок і згущене молоко, які також можуть зберігатися тривалий час, дозволяють значно знизити або вилучити вміст короткоживучих радіонуклідів у цих продуктах (наприклад, стронцію-89, йоду-131, барію-140 тощо). Таким чином, заміна у раціоні молока, що містить підвищену концентрацію радіонуклідів, на одержані з нього продукти дозволяє у 5-10 разів знизити надходження радіонуклідів до організму людини [13, 15, 16, 19].

У зв'язку з особливостями проживання і харчування у багатьох районах, забруднених радіонуклідами, населення збирає і споживає традиційний дар лісу — гриби. Оскільки забрудненість грибів цезієм досі залишається достатньо високою, значна частина радіонуклідів добового раціону визначається грибами. Запропонований спосіб зниження радіоактивного забруднення грибів за допомогою мінераль-

них добрив, що вносяться у ґрунт лісу, малоефективний. Неефективною виявилась і заборона на збирання і споживання грибів.

Ми пропонуємо такі способи кулінарної обробки свіжих і сухих грибів. Свіжі гриби очистити від землі і сміття, лісової підстилки. Після цього старанно помити (співвідношення грибів і води (1:10) з 3-разовою зміною води). Потім гриби відварити протягом 15, 30 і 60 хвилин, щоразу міняючи воду. Як приклад наводимо результати власних спостережень, проведених 1987 року (табл. 2).

Отже, миття свіжих грибів у великій кількості води знижує вміст цезію у них у 2-3 рази. Мабуть, це цезій, який забруднив гриби з поверхні або який міститься у залишках землі і лісової підстилки. Можливо, частина радіонуклідів мігрує у воду із верхніх шарів гриба. При кип'ятінні зі зміною води до рідини переходить основна частина радіонуклідів, який накопичився у грибах. У кінцевому підсумку радіоактивність грибів знижується більш ніж у 20 разів.

Сухі гриби можна обробляти двома способами, але спочатку старанно помити гриби у воді, краще у проточній:

— кип'ятінням протягом 15, 30 і 60 хвилин;

— вимочуванням у 2-процентному розчині кухонної солі протягом 0,5, 2 і 10 годин з подальшим кип'ятінням протягом 15 і 60 хвилин (табл. 3).

Відомо, що гриби сушать, як правило, без попереднього миття. При митті сушених грибів рівень радіоцезію знижується у 3-4 рази. Кип'ятіння су-

шених грибів збільшує перехід нуклідів до бульйону значно більшою мірою, ніж сирих. Мабуть, звичайне миття грибів не забезпечує вилучення цезію з поверхні гриба, а кип'ятіння протягом 15 хвилин практично у 5 разів знижує рівень цезію. При вимочуванні грибів перед термічною обробкою цезій інтенсивно мігрує у підсолону воду. При цьому якість грибів практично не змінюється. За 2 години вимочування у сушених грибах залишається менше 4% цезію, який був виміряний у сушених грибах, а вимочування протягом 10 годин і кип'ятіння знижує його рівень більш ніж у 200 разів (табл. 4). Більш ніж 20-кратне зниження радіоактивності свіжих грибів і більш ніж 200-кратне сушених практично знімає питання про обмеження споживання цих делікатесних дарів лісу [9, 13].

Вищеописані способи кулінарної (технологічної) переробки продуктів харчування значною мірою знижують вміст радіонуклідів у готовій їжі, тому використання їх населенням, що мешкає на забрудненій радіонуклідами території, сприяє зменшенню дози внутрішнього опромінення [21, 35].

У наступному повідомленні будуть наведені найбільш суттєві засоби профілактики внутрішнього опромінення.

ЛІТЕРАТУРА

1. Анненков Б.Н. Основы сельскохозяйственной радиологии / Б.Н. Анненков, Е.В. Юдинцева. — М.: Агропромиздат, 1991. — 290 с.

Таблиця 2
Вміст цезію-137 у свіжих грибах на етапах кулінарної обробки

Одиниця виміру	Вихідна активність	Гриби, очищені від землі	Гриби після миття	Гриби після кип'ятіння протягом	
				30 хвилин	60 хвилин
Бк/кг	7716	3804±184	2107±163	985±101	324±34
% від вихідного	100	49,3±2,4	27,2±2,1	12,8±1,3	4,2±0,4

Таблиця 3
Вміст цезію-137 у сухих грибах після вимочування і кип'ятіння

Тип грибів, од. виміру	Вихідна активність	Після миття	Після вимочування протягом			Після кип'ятіння	
			0,5 год.	2 год.	10 год.	15 хв.	60 хв.
Пластинчасті, Бк/кг, %	17240±713 100.0	4442±220 25.7±1.3	986±47 5.7±0.3	564±40 3.30±0.23	134±13 0.78±0.07	61±11 0.35±0.06	50±0.9 0.29±0.05
Трубочасті, Бк/кг, %	46436±919 100.0	17441±895 37.6±1.9	6827±319 14.7±0.69	1485±80 3.19±0.2	493±41 1.06±0.1	127±29 0.27±0.06	99±12 0.21±0.03

2. Бак З. Химическая защита от ионизирующей радиации / З. Бак. — М.: Атомиздат, 1968. — 263 с.

3. Боровой А.А. Форма и характеристики частиц топливного выброса при аварии на ЧАЭС / А.А. Боровой, С.А. Богатов, Ю.В. Дубосаров // Атомная энергия. — 1990. — № 69, вып. 1. — С. 36-40.

4. Булдаков Л.А. Радиоактивные вещества и человек / Л.А. Булдаков. — М.: Энергоатомиздат, 1990. — 160 с.

5. Воробьев А.М. Вклад отдельных групп радионуклидов в суммарное загрязнение на территории УССР и БССР за пределами 30-км зоны ЧАЭС / А.М. Воробьев, А.Н. Лебедев и др. // Ближайшие и отдал. последствия радиац. аварии на ЧАЭС: сб. матер. Всес. симп. — М., 1987. — С. 78-84.

6. Вредные химические вещества. Радиоактивные вещества: Справочник. — Л., 1990. — 465 с.

7. Иванов Е.В. Стратегия и тактика радиационной защиты населения, проживающего на загрязненной территории после Чернобыльской аварии / Е.В. Иванов, П.В. Рамзаев, М.И. Балонов и др. // Проблемы смягчения последствий Черноб. катастрофы: тр. межд. семин. — Брянск, 1993. — Ч. 1. — С. 40-43.

8. Ильин Л.А. Экологические особенности и медико-биологические последствия аварии на ЧАЭС / Л.А. Ильин, М.И. Балонов, Л.А. Булдаков и др. // Мед. радиология. — 1989. — № 11. — С. 59-82.

9. Корзун В.Н. Рациональное питание и технология приготовления блюд при радиационном заражении окружающей среды / В.Н. Корзун // Здоровье и питание. — 1998. — № 2. — С. 12-13.

10. Корзун В.Н. Пища и экология / В.Н. Корзун, Л.Ф. Щелкунов, М.С. Дудкин. — Одесса: Optimum, 2000. — 516 с.

11. Корзун В.Н. Опыт использования продуктов моря в питании населения, проживающего в районах жесткого радиационного контроля / В.Н. Корзун, В.И. Сагло, Т.В. Беседина и др. // Вопросы питания. — 1993. — № 2. — С. 36-38.

12. Корзун В.Н. Чернобыль: радиация и питание / В.Н. Корзун, И.П. Лось, О.О. Честнов. — К.: Здоровье, 1994. — 64 с.

13. Корзун В.Н. Гігієнічна проблема профілактики внутрішнього опромінення організму при хронічному аліментарному надходженні радіонуклідів цезію і стронцію: автореф. дис. / В.Н. Корзун. — К., 1995. — 40 с.

14. Ионизирующая радиация и питание детей / В.Н. Корзун, Л.В. Курило, Е.И. Степанова, В.Ф. Торбин. — К.: Чернобыль-интерформ, 1997. — 124 с.

15. Корзун В.Н. Проблемы питания населения в условиях радиоактивного загрязнения обширных территорий / В.Н. Корзун // Современные проблемы обеспечения радиационной безопасности населения. — С.-Петербург, 2006. — С. 155-158.

16. Корзун В.Н. Мероприятия по снижению доз облучения населения / В.Н. Корзун, В.И. Сагло // Мед. последствия аварии на Черноб. АЭС. — К., 1991. — С. 268-291.

17. Корзун В.Н. Проблемы питания в условиях крупномасштабной ядерной аварии и ее последствия // Междунар. журн. радиац. медицины. — 1999. — № 2. — С. 75-91.

18. Корзун В.Н. Пища и экология / В.Н. Корзун, Л.Ф. Щелкунов, М.С. Дудкин. — Одесса: Optimum, 2000. — 516 с.

19. Растительные пищевые добавки — блокаторы и декорпоранты радионуклидов / В.Н. Корзун, В.И. Сагло, Л.Ф. Щелкунов и др. // Довкілля та здоров'я. — 2002. — № 1. — С. 38-41.

20. Корзун В.Н. Харчування в умовах широкомасштабної аварії та її наслідків / В.Н. Корзун, В.І. Сагло, А.М. Парац // Укр. мед. часопис. — 2002. — № 11/12. — С. 99-105.

21. Корзун В.Н. Шляхи мінімізації впливу радіаційних та ендемічних чинників на стан здоров'я населення / В.Н. Корзун, Л.Ф. Щелкунов, М.С. Дудкин // Довкілля та здоров'я. — 2006. — № 1 (36). — С. 13-17.

22. Лось И.П. Радиационная обстановка / И.П. Лось, Н.К. Шандала, Г.М. Гулько и др. // Медицинские последствия аварии на Чернобыльской атомной станции: информ. бюллетень ВЦПМ АМН СССР. — К., 1991. — С. 9-68.

23. Логачев В.А. Динамика уровней гамма-излучений и формирования доз внешнего облучения / В.А. Логачев, И.П. Лось, В.И. Пархоменко и др. — Мед. аспекты аварии на ЧАЭС: матер. науч. конф. — К., 1988. — С. 118-125.

24. Никипелов Б.В. Радиационная авария на Южном Урале в 1957 г. / Б.В. Никипелов, Г.Н. Романов, Л.А. Булдаков и др. // Атом. энерг. — 1989. — Т. 67, вып. 2.

25. Пересічний М.І. Харчування людини і сучасне довілля: теорія і практика / М.І. Пересічний, В.Н. Корзун, М.Ф. Кравченко, О.М. Григоренко. — К., 2003. — 526 с.

26. Пристер Б.С. Основы сельскохозяйственной радиологии / Б.С. Пристер, Н.А. Лоцилов, О.Ф. Немец и др. — К.: Урожай, 1991. — 470 с.

27. Рамзаев П.В. Будущее Чернобыля / П.В. Рамзаев // Радиационная гигиена: сб. науч. тр. — Л., 1991. — С. 3-11.

28. Романов Л.М. Эффективность снижения забруднення продукції тваринництва під впливом природних сорбентів / Л.М. Романов, Д.М. Костюк // Проблемы с/х радиологии: сб. тр. — К., 1996. — Вып. 4. — С. 202-211.

29. Романенко А.Е. Способ дезактивации молока, загрязненного радионуклидами цезия / А.Е. Романенко, В.Н. Корзун, Л.А. Ильин и др. // Гигиена и санитария. — 1993. — № 9. — С. 34-36.

30. Смоляр В.И. Ионизирующая радиация и питание. — К.: Здоровье, 1992. — 173 с.

31. Чернобыль: радиоактивное загрязнение природных сред / Под ред. Израэля Ю.А. — Л.: Гидрометеоздат, 1990. — 296 с.

32. Чернобыльская катастрофа. — К.: Наук. думка, 1995.

33. Levi H.W. Chernobyl fallout and its radiological impact in Europe / Levi H.W. // Development of Ecological Perspectives for the XXI Century: 5-th Int. Congr. Ecol. — Yokohama. — 1990, Aug. 23-30. — P. 4.

Надійшла до редакції 12.03.2011.