

УДК 504.054:574.3; 504.7.064.3:614 (083.74)

**НАУКОВЕ ОБҐРУНТУВАННЯ І МЕТОДОЛОГІЇ РОЗРОБКИ
«ДОПУСТИМИХ РІВНІВ ВМІСТУ РАДІОНУКЛІДІВ ^{137}Cs і ^{90}Sr У
СИРОВИНІ РОСЛИННОГО ТА ТВАРИННОГО ПОХОДЖЕННЯ»**

Н.О.Кимаковська, старший науковий співробітник

*Український науково-дослідний інститут цивільного захисту
(УкрНДІЦЗ)*

Відображені застосовані методичні підходи до нормування вмісту радіонуклідів у сировині рослинного і тваринного походження в Україні, країнах СНД та Євросоюзі після Чорнобильської катастрофи, закономірності поведінки радіонуклідів у харчовому ланцюгу «ґрунт – рослина – рослинна та тваринна сировина – корми для тварин та продукти харчування», що дозволили науково обґрунтувати та розробити проект нормативного документу «Допустимі рівні вмісту радіонуклідів ^{137}Cs і ^{90}Sr у сировині рослинного та тваринного походження».

Ключові слова: *РАДІОАКТИВНЕ ЗАБРУДНЕННЯ, ДОПУСТИМИ РІВНІ, НОРМАТИВИ ВМІСТУ, ДИТЯЧЕ ХАРЧУВАННЯ, ТВАРИННА ТА РОСЛИННА СИРОВИНА, МІНІМІЗАЦІЯ ДОЗИ.*

Згідно з діючими до Чорнобильської аварії Нормами радіаційної безпеки СРСР, ліміт річної дози опромінення для населення не встановлювався і нормування вмісту радіонуклідів у харчових продуктах не проводилося. Міжнародні рекомендації стосувалися регламентації надходження радіонуклідів протягом першого року після аварії і базу валися на межі дози внутрішнього опромінення 5 мЗв на рік. Тому виникла необхідність розробити методичні підходи до нормування вмісту радіонуклідів на віддалений період після аварії.

З точки зору радіаційної безпеки, радіонукліди ^{137}Cs і ^{90}Sr ще й досі є найнебезпечнішими забруднювачами навколишнього середовища Чорнобильського походження та продовжують формувати основну дозу радіаційного опромінення населення.

Заходи, що застосовуються в теперішній час на територіях, постраждалих від аварії на ЧАЕС, дозволяють одержувати продукцію рослинництва з допустимим вмістом радіонуклідів навіть на ґрунтах із відносно високою щільністю забруднення (~ 555 кБк/м²) [1]. У той же час на торфовищах, навіть за умови відносно невеликої щільності забруднення ґрунтів (~ 111 кБк/м²), де коефіцієнти переходу ¹³⁷Cs із ґрунту в рослини значно вищі, ніж на дерново-підзолистих ґрунтах, вміст радіонуклідів у частинах рослин, що безпосередньо вживаються або йдуть на відповідну переробку, може сягати величин, близьких до допустимих рівнів.

На жаль діючі ДР-2006 нормують вміст радіонуклідів тільки в основних видах сировини, яка використовується лише для виготовлення продуктів харчування людини [1]. Для сільськогосподарського виробника досі не існує нормативного документа, який би визначав допустимий вміст радіонуклідів у всіх видах сільськогосподарської сировини, призначеної для одержання продуктів харчування людини і кормів для тварин, а також таких побічних продуктів переробної харчової промисловості як кістки, шкіра, пух та перо птиці тощо.

Матеріали та методи досліджень. Радіаційну ситуацію, що склалася в критичних населених пунктах у теперішній час, визначали шляхом відбору й виміру вмісту ¹³⁷Cs у зразках ґрунту, кормових рослин, продуктів харчування рослинного і тваринного походження, проведення ЛВЛ - вимірювань у дітей різних вікових груп. Зразки ґрунту і рослин відбирали на луках і пасовищах у критичних населених пунктах, продукти харчування в сім'ях, що мають дітей до 18 років. Підготовку зразків до вимірювань здійснювали за прийнятими методами [2]. Вміст ¹³⁷Cs визначали методом гама-спектрометрії на низькофоновому гама-спектрометрі з високою роздільною здатністю, пасивним захистом та напівпровідниковим високочастотним германієвим детектором GEM-30185, Ge(Li) detector GMX-series ("EG&G ORTEC") та на багатоканальному аналізаторі (ADCAM-300, USA; IN-1200, France).

Вимірювання здійснювали у спеціальних поліетиленових посудинах і чашах Марінелі об'ємом 100, 500, 1000 см³.

Для розрахунку і обґрунтування чисельних значень нормативів на віддалений період після катастрофи вивчали:

дані літератури та існуючі методичні підходи до нормування вмісту радіонуклідів у продуктах харчування та питній воді;

вміст радіонуклідів ¹³⁷Cs та ⁹⁰Sr у сировині тваринного та рослинного походження, які мають забезпечити вироблення продуктів харчування тваринного та рослинного походження з гарантованим дотриманням державних допустимих рівнів вмісту радіонуклідів у кінцевих продуктах харчування з метою дотримання річної межі дози внутрішнього опромінення людини 1 мЗв;

нормування з урахуванням реально досягнутих рівнів вмісту радіонуклідів цезію й стронцію в продуктах харчування;

використання співвідношення вмісту радіонуклідів в окремих сільгосппродуктах;

врахування характерного для цього періоду часу раціону харчування тварин;

стимуляція створення та дотримання виробниками необхідних умов для одержання чистої продукції.

Розрахунки допустимих рівнів для кожного із видів сировини проведені з урахуванням його відносної ролі: в надходженні певного радіонукліда по харчовому ланцюгу в організм людини на підставі статистичного аналізу даних про вміст радіонуклідів у продуктах харчування в різних місцевостях.

Продукт (сировина, корми тощо) придатний до реалізації і споживання, якщо виконується співвідношення:

$$\frac{C_{Cs}}{ДР_{Cs}} + \frac{C_{Sr}}{ДР_{Sr}} \leq 1, \quad (1)$$

де, C_{cs} і C_{sr} – результати вимірів питомої активності радіонуклідів ^{137}Cs та ^{90}Sr в сировині, що вивчається;

DP_{cs} і DP_{sr} – розроблені нормативи вмісту ^{137}Cs та ^{90}Sr для цих видів сировини, кормів тощо.

У випадку, якщо

$$\frac{C_{cs}}{DP_{cs}} + \frac{C_{sr}}{DP_{sr}} \geq 1, \quad (2)$$

реалізація продукту заборонена.

Результати досліджень та їх обговорення. Аналіз літературних даних та існуючих методичних підходів до нормування вмісту радіонуклідів у продуктах харчування, питній воді в Україні після Чорнобильської катастрофи показав, що в гігієнічному нормуванні радіонуклідів чорнобильського викиду у Росії та Республіки Білорусь так само, як і в Україні, відзначається тенденція до мінімізації дози внутрішнього опромінення. Нормативи Республіки Білорусь жорсткіші, ніж в Україні, а в Росії навпаки. Значення допустимих рівнів вмісту ^{137}Cs у молоці та молочних продуктах збігаються з вітчизняними, для м'яса вони нижчі, для овочів, круп та хлібопродуктів – вищі. Допустимий вміст ^{90}Sr також наближений до наших нормативів, але за деякими позиціями їх перевищує.

У Євросоюзі нині діють максимально допустимі рівні питомої активності ^{137}Cs у молоці і молочних продуктах до 370 Бк/л, а у всіх інших продуктах – 600 Бк/кг, л. [3]. Варто відзначити, що ці нормативи в основному спрямовані на контроль експортно-імпортних операцій між країнами Євросоюзу. Кожна країна може вводити свої обмеження, якщо вважає це доцільним. Виходячи з реальної радіаційної ситуації в країнах ЄС введення нормативів на ^{90}Sr вважається недоцільним.

Чинними державними гігієнічними нормативами України встановлені допустимі рівні вмісту радіонуклідів лише в продуктах харчування і воді, а також у сировині, яка використовується для виготовлення продуктів

«Наукові доповіді НУБіП» 2012-3 (32) http://www.nbu.gov.ua/e-journals/Nd/2012_3/12kno.pdf

харчування для людини. Проте існуючі допустимі рівні на молоко і молочні продукти не враховують закономірностей переходу радіонуклідів у процесі переробки молочної сировини, що може призвести до ситуації, коли молоко-сировина відповідає встановленим нормативам, а забрудненість сирів може перевищувати допустимі нормативи настільки, що вони підлягатимуть утилізації.

Безпека продуктів для споживачів залежить від ефективності контролю допустимих рівнів не тільки в готових продуктах харчування, а й у всьому харчовому ланцюгу: від виробництва – до споживача, важливою ланкою, якого є сировина. Тобто, як показує практика, необхідне проведення радіологічного контролю не тільки готової продукції, але й напівфабрикатів і сировини тваринного й рослинного походження. Нормативів для ветеринарної медицини, які, в основному, забезпечують контроль не тільки продуктів харчування, але й сировини та кормів для тварин, не існує. Це створює певні труднощі для проведення радіаційного контролю, а у ряді випадків і великі матеріальні збитки при вибракуванні продукції, що не відповідає чинним нормативам.

Розроблення і впровадження нормативного документу, що обмежує вміст радіонуклідів у сировині рослинного і тваринного походження та кормах, дозволило б уникнути проблем із сертифікацією та реалізацією тваринницької сировини для її подальшої переробки у готові продукти харчування, оптимізувати систему контролю якості на переробних підприємствах та використання сировини рослинного і тваринного походження, що вироблена на забрудненій радіонуклідами території.

Як правило, території, на яких дозволяється вести сільськогосподарське виробництво і застосовувати агротехнічні та агрохімічні заходи, що зменшують надходження радіонуклідів у продукцію рослинництва (сировину), спеціальних засобів дезактивації не потребують. Зернові культури характеризуються невисоким накопиченням радіоцезію в урожаї [4], за винятком вівса і гречки, коефіцієнти накопичення радіонукліду в зерні яких дорівнюють, відповідно 0,52-0,96 і 1,42-1,4, Бк/кг / кБк/м². У зв'язку з цим, максимальна допустима

щільність забруднення ґрунту під гречкою, що дає можливість одержати зерно, яке відповідає ДР – це 260 кБк/м². Очищення структурно забрудненої радіонуклідами сировини, як правило, малоефективне (наприклад, при кореневому надходженні радіонуклідів у рослини). Близько половини абсолютної активності цезію, що міститься в цілому зерні, після помолу залишається в борошні. Питома його активність у висівках у два рази і більше вища, ніж у цілому зерні. Тому їх використання призводить до додаткового забруднення продуктів харчування людини та її опромінення.

Після переробки цукрового буряка на цукор вдається практично повністю позбутися ⁹⁰Sr, і значно знизити вміст ¹³⁷Cs. Високого ступеня очистки досягають в основному за рахунок додавання Са(ОН)₂ і утворення осаду СаСО₃ [5].

За етапами технологічного процесу переробки картоплі досліджено розподіл радіонуклідів у відходах виробництва (жмаки і сокові води) та кінцевому продукті (крохмалі) з метою визначення можливості подальшого використання їх у народному господарстві. Найбільша кількість початкової активності радіоактивного цезію знаходиться у жмаках, менша – у крохмалі, найменша – у соковій воді. Однак найбільше зменшення питомої активності характерне для крохмалю (6-8 разів), а для жмаків вона фактично не змінюється.

Орієнтовні розрахунки і експериментальні дані свідчать про те, що на більшій частині забруднених територій річна доза опромінення населення на 90-95% формується за рахунок радіонуклідів, що надходять в організм людини з продуктами харчування. Серед останніх особливе місце займають молоко, м'ясо, риба і продукти їх переробки, з яких в організм людини надходить понад 60% радіонуклідів.

Результати радіологічної експертизи зразків молока, одержаних радіологічними службами Волинської, Житомирської, Київської, Рівненської і Чернігівської областей, показують, що ще й досі від 11 до 14% досліджених зразків молока мають активність ¹³⁷Cs, що перевищує діючий допустимий

рівень – 100 Бк/л. Більшість цих зразків були відібрані в індивідуальному секторі, де молочна худоба випасається на землях з високими рівнями забруднення, а також на територіях, ґрунти яких мають високу біологічну доступність ^{137}Cs для травостою. Тому проблема формування колективної дози ^{137}Cs за рахунок забруднення молока залишається актуальною.

На перехід ^{137}Cs з молока у продукти його переробки впливають ті технологічні процеси, які призводять до кількісної і якісної зміни водної фази. У зв'язку з цим одним з найдоступніших і ефективних шляхів зниження його надходження у раціон харчування населення є переробка забрудненого молока у продукти, технологія виробництва яких заснована на глибоких кількісних і якісних змінах водної фази, тобто, дозволяє видаляти ^{137}Cs з побічними продуктами переробки (знежиреним молоком, склотинами, сироваткою), а також із промивними водами та розсолем. До основних видів таких продуктів належать вершки, масло, натуральні сири і харчовий казеїн. У загальному вигляді перехід радіоактивного цезію з молока (сировини) у продукти його переробки у процентному співвідношенні можна розмістити у такий ряд: молоко цільне - 100%, молоко знежирене - 85%, сир нежирний - 15%, сир жирний - 10%, сир натуральний - 8%, плавлений - 7%, казеїн харчовий - 5%, масло - 2,5%, топлене масло - 0,1% і спирт із сироватки - 0,01%.

Що стосується м'яса, то залежно від виду технологічної переробки частина радіонуклідів переходить у бульйон, розсіл або витяжку. Для харчування рекомендують використовувати вторинні бульйони: м'ясо і кістки промивають холодною водою, варять 3-5хвилин, бульйон зливають. Потім м'ясо і кістки знову заливають холодною водою і варять до стану готовності. Застосування цього заходу дозволяє зменшити вміст ^{137}Cs у готовому продукті у 8-10 разів. Після варки бульйону звичайним способом до нього переходить 77-87% ^{137}Cs , а якщо м'ясо довести у воді до кипіння, то в бульйон перейде 68-75% радіонукліду.

Довготривале зберігання м'яса у засоленому стані, з подальшим його вимочуванням протягом 12 годин у проточній воді, дозволяє зменшити вміст ^{137}Cs у 1,5-3 рази.

Перетоплення сала супроводжується видаленням 95% ^{137}Cs у шкварки, в результаті чого концентрація радіонукліду в смальці знижується майже у 20 разів і стає приблизно у 100 разів меншою, ніж у м'ясі.

Радіаційне ураження, особливо ставкової риби, за екстремальних ситуацій неминуче. У риби має місце змішане опромінення: внутрішнє виникає через надходження радіонуклідів з водою та кормами, а зовнішнє – внаслідок випромінювання радіонуклідів, що знаходяться у воді, на дні водойми, у фіто- та зоопланктоні.

Зовнішнє опромінення дає загальну рівномірно розподілену дозу, а при внутрішньому – розподілення радіонуклідів в організмі риби буде таким: у внутрішніх органах депонується до 62%, у плавцях – до 19%, у голові із зябрами – до 11%, у м'ясі – до 5%, у кістяку – до 2%. Приблизно через 6-8 місяців після надходження радіонуклідів загальна радіоактивність змінюється: в голові із зябрами вона зростає до 38%, в кістяку – до 38%, внутрішніх органах – до 18,2%, у м'ясі – до 11,8%.

Узагальнення одержаних результатів щодо оцінки традиційних технологій переробки рослинної сировини, виробництва м'ясних і молочних продуктів дає можливість вилучити ^{137}Cs з побічними продуктами переробки під час технологічного процесу. Вивчення закономірностей поведінки радіонуклідів у харчовому ланцюгу «ґрунт – рослина – рослинна та тваринна сировина – корми для тварин та продукти харчування» дозволяє розробити актуальні для сьогодення нормативи вмісту радіонуклідів ^{137}Cs та ^{90}Sr у сировині рослинного та тваринного походження.

Висновки

На підставі аналізу існуючих методичних підходів до нормування вмісту радіонуклідів у продуктах харчування в Україні та країнах СНД після Чорнобильської катастрофи, нормативної бази Європейського союзу щодо вмісту радіонуклідів у продуктах харчування, сировині, а також вивчення закономірностей поведінки радіонуклідів у харчовому ланцюгу «грунт – рослина – рослинна та тваринна сировина – корми для тварин та продукти харчування» науково обґрунтовано та розроблено проект нормативного документу «Допустимі рівні вмісту радіонуклідів ^{137}Cs і ^{90}Sr у сировині рослинного та тваринного походження»[6], у якому визначено допустимі рівні питомих активностей радіонуклідів ^{137}Cs і ^{90}Sr у фуражному зерні (250 і 100 Бк/кг відповідно), у сирому товарному молоці-сировині для виготовлення сирів натуральних твердих, розсільних, плавлених (370 і 20 Бк/л відповідно), у м'ясі забійних тварин та свійської птиці без кісток (200 і 20 Бк/кг), у кістках, шкірі, вовні та іншій продукції тваринництва (600 і 200 Бк/кг), у грубих і соковитих кормах (^{137}Cs – 600 Бк/кг), у комбікормах і преміксах (^{137}Cs – 600 Бк/кг, ^{90}Sr – 100 Бк/кг) тощо.

Список літератури

1. Державні гігієнічні нормативи. Допустимі рівні радіонуклідів ^{137}Cs і ^{90}Sr в продуктах харчування та питній воді. – К.: ГН 6.6.1.1-130-2006 – 13 с.
2. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта. - М., «Колос». - 1965, 423 с.
3. Директива Ради 96/29/ Євратом «Основні стандарти безпеки для захисту здоров'я працівників та населення від небезпеки, що виникає від іонізуючої радіації» від 13 травня 1996 року.
4. Трисвятский Л.А. Хранение и технология сельскохозяйственных продуктов / Л.А. Трисвятский, Б.В. Лесик, В.Н. Курдина. - М.: Агропромиздат. - 1991. - 415 с.
5. Домарецький В.А. Екологія харчових продуктів/В.А.Домарецький Г.П.Златів. - К.: Урожай – 1993. – 120 с.

**НАУЧНОЕ ОБОСНОВАНИЕ И МЕТОДОЛОГИИ РАЗРАБОТКИ
«ДОПУСТИМЫХ УРОВНЕЙ СОДЕРЖАНИЯ РАДИОНУКЛИДОВ ^{137}Cs И
 ^{90}Sr В СЫРЬЕ РАСТИТЕЛЬНОГО И ЖИВОТНОГО
ПРОИСХОЖДЕНИЯ»**

Н.А.Кимаковская, старший научный сотрудник

Украинский научно-исследовательский институт гражданской защиты

Отображены использованные методические подходы к нормированию содержания радионуклидов в сырье растительного происхождения и продукции животноводства в Украине, странах СНГ и Евросоюзе после Чернобыльской катастрофы, закономерности поведения радионуклидов в пищевой цепочке «почва – растение – сырье растительного происхождения и животноводческая продукция – корма для животных и продукты питания», что позволило научно обосновать и разработать проект нормативного документа «Допустимые уровни содержания радионуклидов ^{137}Cs и ^{90}Sr в сырье растительного и животного происхождения».

Ключевые слова: РАДИОАКТИВНОЕ ЗАГРЯЗНЕНИЕ, ДОПУСТИМЫЕ УРОВНИ, НОРМАТИВЫ СОДЕРЖАНИЯ, ДЕТСКОЕ ПИТАНИЕ, ЖИВОТНОЕ И РАСТИТЕЛЬНОЕ СЫРЬЕ, МИНИМИЗАЦИЯ ДОЗЫ.

**SCIENTIFIC RATIONALE AND METHODOLOGY OF "ACCEPTABLE
LEVELS OF RADIONUCLIDES ^{137}CS AND ^{90}SR IN
RAW PLANT AND ANIMAL ORIGIN"**

Kymakovska N.O.

Ukrainian Scientific-Research Institute for Civil Protection

The article describes methodological approaches to setting the norms of radionuclides content in plant and animal products in Ukraine, CIS countries and European Union after the Chernobyl accident. Regularities of radionuclides behaviour in the chain "soil-plant-plant and animal products-forage and food products" are demonstrated, which provided scientific basis for the development of the draft norms "Permissible level of ^{137}Cs and ^{90}Sr radionuclides content in plant and animal products".

Key words: RADIOACTIVE CONTAMINATION, PERMISSIBLE LEVELS, CONTENT STANDARDS, BABY FOOD, ANIMAL AND PLANT RAW MATERIALS, MINIMIZATION OF DOSE.