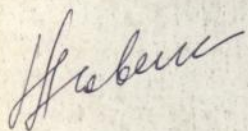


НАЦІОНАЛЬНА АКАДЕМІЯ НАУК УКРАЇНИ
ІНСТИТУТ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЇ ПАТОЛОГІЇ, ОНКОЛОГІЇ І
РАДІОБІОЛОГІЇ ім. Р.Є.КАВЕЦЬКОГО



На правах рукопису

Новак Наталія Юрївна

ОЦІНКА РОЛІ ІЗОТОПІВ СТРОНЦІЮ В ФОРМУВАННІ ДОЗ
ВНУТРІШНЬОГО ОПРОМІНЕННЯ НАСЕЛЕННЯ ПІСЛЯ АВАРІЇ НА
ЧАЕС
(на прикладі Житомирської області)

03.00.08 - радіобіологія

АВТОРЕФЕРАТ

дисертації на здобуття наукового ступеня
кандидата біологічних наук

Київ - 1996

AB 35.130

Дисертацією є рукопис

Робота виконана у відділі дозиметрії та радіаційної гігієни
Наукового центру радіаційної медицини АМН України

Наукові керівники: Доктор фізико-математичних наук,
професор
ЛІХТАРЬОВ Ілля Аронович
Кандидат технічних наук
РЕПІН Віктор Степанович

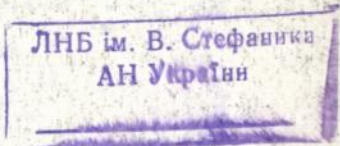
Офіційні опоненти: Доктор біологічних наук, професор
ВОЙЦІЦЬКИЙ
Володимир Михайлович
Кандидат біологічних наук
ЛИПСЬКА Алла Іванівна

Провідна установа - Науковий центр "Інститут ядерних
досліджень" НАН України і
Держкоматому України

Захист відбудеться "20" серпня 1996 року о 14
годині на засіданні спеціалізованої ради Д 01.83.01 в Інституті
експериментальної патології, онкології і радіобіології ім.Р.Є.Кавецького
НАН України за адресою: 252022, м.Київ-22, вул.Васильківська, 45

З дисертацією можна ознайомитися у бібліотеці Інституту
експериментальної патології, онкології і радіобіології ім.Р.Є.Кавецького
НАН України

Автореферат розісланий "8" травня 1996 р.



Вчений секретар спеціалізованої
вченої ради, канд. біол. наук.

Г. Лавр Лавренчук Г. Й.

ЛННБ України ім.В.Стефаніка



00753803 (Q)

ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

Актуальність теми. Ізотопи стронцію, цезію та інші радіонукліди, що були викинуті у зовнішнє середовище після аварії на Чорнобильській АЕС, розповсюджувались від місця аварії у різних напрямках. Внаслідок цього радіоактивного забруднення зазнали не тільки близькі ЧАЕС території, але й території, що знаходяться від станції на великій відстані. Житомирська область, яка знаходиться у західному напрямку від ЧАЕС, також опинилася серед забруднених територій. Щільності випадінь ^{137}Cs на території окремих населених пунктів області досягають значень $1000 \text{ кБк}\cdot\text{м}^{-2}$, а ^{90}Sr - 100 й більше $\text{кБк}\cdot\text{м}^{-2}$.

Ізотопи стронцію переносилися із реактора, в основному, у складі паливних часток, в той час коли розповсюдження ^{137}Cs проходило у формі часток паливного і конденсаційного походження. Зміна температури у розвалі активної зони реактора приводила до температурної сепарації радіонуклідів, завдяки якій інтенсивність викиду окремих ізотопів, таких як йод і цезій, була вище, що в свою чергу приводило до збагачення викиду цими ізотопами і впливало на співвідношення між ними на конкретній території. Саме тому навіть такий відносно невеликий регіон, як Житомирська область, характеризується різними коефіцієнтами сепарації і співвідношення щільності викиду ^{90}Sr до ^{137}Cs на забруднених територіях області змінюється у діапазоні від 1 до 1000 і більше. Біологічна рухомість радіонуклідів, що випали на ґрунт, залежить від багатьох факторів, зокрема від фізико-хімічних форм радіонуклідів, ступеню їх агрегованості, типу ґрунту, тощо. Таким чином, проводити паралелі в поведінці ізотопів цезію і стронцію у екологічному ланцюзі "ґрунт - продукти харчування - людина" - достатньо складна задача навіть для відносно невеликого регіону, яким є Житомирська область. Багаточисленні дослідження показали, що на протязі післяаварійного періоду біологічна рухомість ^{137}Cs у системі "ґрунт - продукти харчування - людина" знизувалась, в той час як рухомість ^{90}Sr зберігалась

незмінною на протязі тривалого часу. Ця обставина, а також особливості метаболізму стронцію-90 в організмі людини, які зумовлені тим, що він концентрується у кістковій тканині людини і повільно виводиться із організму, сприяли поступовому збільшенню внеску ^{90}Sr у формування доз внутрішнього опромінення. Отже, вищевикладене дозволяє виділити стронцій-90 як одне із найважливіших джерел формування доз внутрішнього опромінення з поступовим збільшенням його внеску у сумарну дозу в порівнянні з дозами, що формуються за рахунок зовнішнього гамма-опромінення та внутрішнього опромінення від ^{137}Cs .

Велика кількість факторів, які впливають на надходження ^{90}Sr до організму і на формування доз внутрішнього опромінення, залежність рівнів надходження радіонукліду від часу, що минув після аварії, віку людини та ефективності контрзаходів, обумовили необхідність розробки адекватної методичної схеми і моделі ретроспективного відновлення динаміки надходження стронцію-90 до організму мешканців забруднених територій та динаміки річних і накопичених доз. Аналіз наукової літератури свідчать, що традиційні підходи не дозволяють розв'язати цю задачу в умовах широкомасштабної аварії навіть для такого відносно невеликого регіону, як Житомирська область.

Контроль поточних і накопичених доз опромінення мешканців забруднених територій є найважливішою задачею, без розв'язання якої неможливе прийняття рішень, які спрямовані на обмеження доз опромінення та на проведення профілактичних та інших заходів. Контроль за надходженням і вмістом ^{90}Sr в організмі людини пов'язаний з труднощами як принципового, так і організаційного характеру. Принципові труднощі зумовлені тим, що вимірювання вмісту стронцію в організмі людини не може бути здійснене прямими фізичними методами в зв'язку з відсутністю гамма-випромінювання в схемі його радіоактивного розпаду, а вимірювання цього радіонукліду у об'єктах зовнішнього середовища можливі тільки шляхом радіохімічного

відділення. Радіохімічний аналіз достатньо трудомісткий, внаслідок чого обсяг контролю вмісту ^{90}Sr значно обмежений у порівнянні із ^{137}Cs . Що стосується визначення вмісту ^{90}Sr в організмі людини, то воно може бути здійснене шляхом збирання і радіохімічного аналізу проб секційного матеріалу або денних проб продуктів життєдіяльності людини (сеча, кал).

Таким чином, встановлення закономірностей надходження і накопичення стронцію-90 в організмі мешканців забруднених територій відноситься до складних наукових проблем, що потребують розв'язання. Для встановлення цих закономірностей і була обрана Житомирська область, характерними особливостями якої є:

- відносно велика щільність радіоактивного забруднення;
- висока щільність і чисельність населення;
- переважання типів ґрунтів, які характерні для забруднених територій України.

Таким чином, актуальність роботи визначається тим, що:

1) значна частина території України була забруднена ізотопами стронцію з великою щільністю випадінь;

2) роль ^{90}Sr у формуванні доз внутрішнього опромінення із збільшенням часу від початку аварії зростає на фоні доз внутрішнього опромінення від ^{137}Cs та доз зовнішнього опромінення;

3) на теперішній час практично відсутні методичні підходи по оцінці рівнів надходження ^{90}Sr до організму осіб різного віку та для мешканців різних типів населених пунктів, що в свою чергу утруднює оцінку динаміки річних та очікуваних доз опромінення;

4) відсутня модель, яка дозволяє зв'язати поточний вміст ^{90}Sr в кістковій тканині людини з динамікою надходження і дозою внутрішнього опромінення від ^{90}Sr .

5) методи контролю за надходженням та вмістом ^{90}Sr в організмі потребують удосконалення.

Метою даної роботи є вивчення закономірностей формування доз внутрішнього опромінення населення після аварії на ЧАЕС та наукове обґрунтування і розробка методів контролю за надходженням та вмістом стронцію-90 в організмі людини.

Для досягнення вказаної мети необхідно було вирішити наступні завдання:

- розробити методичні підходи оцінки рівней надходження ^{90}Sr до організму людей на різних етапах аварії;
- реконструювати динаміку надходження ^{90}Sr до організму людини на ранньому і пізньому етапах аварії та встановити закономірності її формування;
- зробити порівняльний аналіз найбільш розповсюджених методів визначення вмісту ^{90}Sr та розробити метод масового контролю за надходженням та вмістом цього радіоізоотопу в організмі;
- оцінити і зробити прогноз доз внутрішнього опромінення населення України від стронцію-90 на прикладі Житомирської області.

Наукова новизна роботи визначається тим, що:

- запропоновано методичний підхід до реконструкції динаміки надходження ^{89}Sr і ^{90}Sr до організму мешканців забруднених територій різних вікових груп та умов проживання, що базується на даних прямих вимірювань вмісту ^{137}Cs в організмі на різних етапах аварії;
- розроблена модель надходження радіостронцію представникам різних вікових груп населення, яка верифікована на результатах радіохімічного аналізу проб секційного матеріалу померлих, що мешкали на забруднених територіях Житомирської області;
- розраховано рівні надходження ^{89}Sr і ^{90}Sr до організму мешканців забруднених територій Житомирської області за період 1986-1994 рр.;
- зроблена оцінка рівнів накопичення стронцію-90 у скелеті мешканців Житомирської області, що обумовлена глобальними випадіннями та аварією на ЧАЕС;

- запропоновано метод контролю рівнів надходження радіостронцію до організму осіб різного віку на базі даних про вміст ^{90}Sr у добових пробах сечі в умовах хронічного надходження і в умовах переходу на "чистий" раціон;

- розраховані ефективні дози опромінення та еквівалентні дози на червоний кістковий мозок мешканців Житомирської області від стронцію-89 і стронцію-90 у динаміці з 1986 по 1994 рік;

- запропоновані аналітичні співвідношення, які дозволяють розрахувати значення річної очікуваної дози від стронцію-90.

Практичне значення роботи:

- запропоновано метод масового контролю доз внутрішнього опромінення від стронцію-90 мешканців забруднених територій;

- результати роботи використовувались для розрахунку річних доз внутрішнього опромінення від ^{90}Sr для паспортизації населених пунктів України;

- запропоновані у роботі моделі дозволяють відновити динаміку надходження та накопичення стронцію-90 в організмі мешканців конкретних населених пунктів Житомирської області;

- розроблені моделі використовуються для оцінки індивідуальних доз внутрішнього опромінення мешканців забруднених територій, які внесені до реєстру епідеміологічних досліджень;

- розраховані та передані до відділу радіаційного ризику дітей НЦРМ АМН України індивідуальні дози внутрішнього опромінення 1 232 дітей, що мешкають у Народицькому районі Житомирської області.

Апробація роботи. Основні положення дисертації викладені та обговорені на науково-практичній конференції молодих вчених УНЦРМ МОЗ та АН України (Київ, 1991); Науково-практичній конференції УНЦРМ МОЗ та АН України "Актуальні питання ретроспективної та прогнозової дозиметрії опромінення внаслідок Чорнобильської аварії (Київ, 1992)" та на наукових семінарах в НЦРМ АМН України. Частина

матеріалу роботи увійшла до наукового звіту Міжнародної програми "Медичні наслідки Чорнобильської аварії (АЙФЕКА)", (Женева, 1995).

Основні положення що виносяться на захист:

- максимальні ефективні дози внутрішнього опромінення за рахунок ізотопів стронцію можуть досягати значень 1.5 мЗв і 2.5 мЗв для мешканців територій, що контролюються і не контролюються, відповідно;

- внесок радіоізотопів стронцію до сумарної дози внутрішнього опромінення за післяаварійний період (пересічно по Житомирській області) досягає 3% у дорослих і 5-10% у дітей від доз, які формуються за рахунок ^{137}Cs ;

- діти, яким на момент аварії було 10 років, становлять критичну групу населення відносно до дози внутрішнього опромінення.

Публікації результатів досліджень. За темою дисертації надруковано 4 роботи.

Структура та обсяг дисертації. Дисертація викладена на 154 сторінках машиніописного тексту і вміщує 44 рисунка і 31 таблицю. Вона включає вступ, огляд літератури, чотири глави власних досліджень, висновки і перелік цитованої літератури, який складається із 126 джерел, в тому числі 44 - іноземних.

ОСНОВНИЙ ЗМІСТ РОБОТИ

В основу методичного підходу до відновлення функції надходження радіостронцію до організму на ранньому та пізньому етапах аварії було покладено припущення про те, що рух радіонуклідів цезію і стронцію із випадіння через молоко (основний постачальник стронцію-90 до організму з раціоном для регіону, який вивчався) та інші продукти харчування до людини відбувається у пропорційних співвідношеннях і в однаковій мірі залежить від зміни раціону. Різниця полягає лише у коефіцієнтах переходу і в зміні коефіцієнту доступності стронцію по

цей час) подана на рис. 2. Для порівняння на цьому ж рисунку наведена аналогічна залежність, яка була отримана фахівцям Інституту радіаційної гігієни (м.С.Петербург, Росія) на більш віддаленій від ЧАЕС території Брянської області.

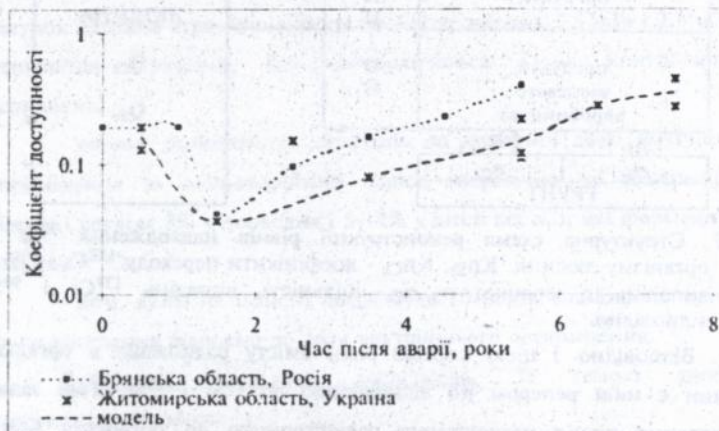


Рис.2. Зміна коефіцієнту доступності стронцію-90 з часом

З урахуванням того, що період напіврозпаду ^{89}Sr дорівнює 51 добі, а щільність випадінь останнього була пересічно в 10 разів вища, ніж ^{90}Sr , вираз для розрахунку надходження ^{89}Sr до організму людини буде мати вигляд:

$$I_{\text{Sr-89}}(t, \theta) = 10 \cdot I_{\text{Cs}}(t, \theta) \cdot \exp(-0.693t/51) \cdot K_d(t) \cdot \sigma_{\text{Sr}}/\sigma_{\text{Cs}} \quad (2)$$

В загальному вигляді функція поточного вмісту радіоцезію в організмі є результатом розрахунку інтеграла-згортки функції надходження і функції утримання активності в організмі $R(t)$ за період надходження:

$$Q_{\text{Cs}}(t) = \int I_{\text{Cs}}(\tau) R(t-\tau) d\tau; R(t) = \exp(-0.693 t) \lambda(\theta), \quad (3)$$

де $\lambda(\theta)$ - ефективна константа швидкості виведення радіоцезію із організму осіб різного віку θ , дб^{-1} .

В умовах рівномірного хронічного надходження функція утримання радіоцезію в організмі $Q_{Cs}(t)$ і функція надходження $I_{Cs}(t)$ пов'язані між собою простим співвідношенням:

$$I_{Cs}(t) = Q_{Cs}(t) \lambda(0) \quad (4)$$

Аналіз даних лабораторії лічильників опромінення людини НЦРМ АМН України про рівні вмісту радіоцезію в організмі жителів, що постійно проживають на забруднених територіях Житомирської області з 1986 по 1994 роки (10 987 вимірювань у дорослих та 8 285 вимірювань у дітей), свідчить про те, що починаючи з липня 1986 року рівні вмісту радіоцезію в організмі жителів з перебігом поточного року практично не змінювались. Отже, надходження радіоцезію до організму за перебігом поточного року можна вважати рівномірним і для відновлення рівнів надходження радіоцезію можна використовувати вираз (4). Для відновлення функції надходження у перші місяці аварії, згідно з виразом (3), використовувались дані літератури про динаміку вмісту радіоцезію в молоці у травні-червні 1986 року, що нормувались на одиницю щільності випадіння даного радіонукліду. Далі підбирався такий коефіцієнт, що забезпечував найкращу згоду з результатами прямих вимірювань вмісту радіоцезію в організмі людей, які виконувались у 1986 році. Розрахунок рівнів надходження радіоцезію до організму показав, що:

- сумарне надходження до організму дітей (вік 1-17 років) за 1986 рік в 1.3-5.2 рази вище, ніж у дорослих; максимальні рівні надходження спостерігалися у дітей віком 10 років;
- рівні надходження у 1986 році до організму дорослих мешканців території, які не підлягали контролю, в 1.7 разів перевищували рівні надходження мешканцям територій, які контролювалися;
- рівні надходження дітям у 1986 році практично не залежали від того, підлягали місця їх постійного проживання контролю чи ні;
- рівні надходження на пізньому етапі аварії дорослим мешканцям не контрольованих територій в 4 рази вищі, ніж контрольованих;

- рівні надходження на пізньому етапі аварії дітям, які мешкають на територіях, що не контролюються, в 3 рази вищі, ніж дітям, які мешкають на територіях, що контролюються.

Таким чином, відповідно до виразу (1), по моделі, що пропонується, зроблена ретроспективна оцінка рівнів надходження ^{89}Sr і ^{90}Sr , пронормованих на одиницю щільності випадінь ^{90}Sr (табл.1).

Таблиця 1. Середньодобові рівні надходження стронцію-89,90,
(Бк·добу⁻¹ / кБк·м⁻²)

рік	Вікова категорія на 1986 рік					
	доба	1 рік	5 років	10 років	15 років	дорослі
мешканці територій, які контролюються						
1986	1	4.87	4.16	8.21	6.02	1.97
	10	2.67	2.28	4.50	3.30	1.08
	20	1.40	1.20	2.36	1.73	0.57
	30	0.76	0.65	1.28	0.94	0.31
	40	0.43	0.37	0.73	0.54	0.16
	50	0.26	0.23	0.44	0.33	0.11
	52-245	0.24	0.21	0.41	0.30	0.16
1987		0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
1988		0.02	0.01	0.01	0.03	0.01
1989		0.02	0.02	0.02	0.01	0.01
1990		0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
1991		0.01	0.01	0.02	0.01	0.01
1992		0.01	0.01	0.02	0.01	0.01
1993		0.03	0.03	0.08	0.03	0.03
1994		0.05	0.06	0.05	0.05	0.05
мешканці територій, які не контролюються						
1986	1	4.87	4.16	8.21	6.02	3.28
	10	2.67	2.28	4.50	3.30	1.80
	20	1.40	1.20	2.36	1.73	0.94
	30	0.76	0.65	1.28	0.94	0.51
	40	0.43	0.37	0.73	0.54	0.29
	50	0.26	0.23	0.44	0.33	0.18
	52-245	0.24	0.21	0.41	0.30	0.16
1987		0.02	0.02	0.02	0.04	0.02
1988		0.05	0.03	0.04	0.10	0.04
1989		0.06	0.05	0.05	0.06	0.06
1990		0.03	0.02	0.03	0.03	0.03
1991		0.04	0.03	0.07	0.05	0.05
1992		0.02	0.03	0.05	0.03	0.03
1993		0.08	0.10	0.23	0.10	0.10
1994		0.16	0.19	0.20	0.20	0.20

За допомогою розрахунків було встановлено наступне:

- існує тенденція збільшення рівнів надходження стронцію-90 до організму жителів усіх вікових груп, особливо в період 1992 - 1994 роки; максимальні рівні надходження радіостронцію за період з 1987 по 1994 рік спостерігались у дітей, яким під час аварії було 10 років;

- значення рівнів річного надходження ^{90}Sr у 1994 році можуть бути порівняні із рівнями річного надходження ^{90}Sr в 1987 році;

- рівні надходження стронцію-89 до організму дорослих і дітей в 1986 році майже у 6 разів перевищували рівні надходження стронцію-90.

Верифікація запропонованої моделі проводилася шляхом порівняння результатів розрахунків з результатами аналізу проб секційного матеріалу (216 аналізів) та з результатами вимірювання вмісту стронцію-90 в пробах сечі (80 аналізів).

Радіохімічний аналіз стронцію та визначення вмісту стабільного кальцію у біопробах проводилися на базі лабораторії радіохімії НЦРМ. Збирання проб секційного матеріалу (сьоме праве ребро) було організоване на базі районного відділення судмедекспертизи м.Овруч Житомирської області з 1993 року по 1995 рік. Визначення концентрації стронцію-90 проводилося з використанням стандартної методики визначення низьких рівнів вмісту радіостронцію у біопробах. Остаточний результат радіохімічного аналізу подавався у вигляді відношення активності стронцію-90 на 1 г кальцію. Далі цей результат використовувався для розрахунку вмісту стронцію-90 у всьому скелеті. Аналіз результатів визначення вмісту стронцію-90 в скелеті показав (на базі вимірної активності радіонукліду), що максимальні рівні накопичення цього радіонукліду у 1993-1994 роках досягали значень 700 Бк на скелет, при цьому в 90% випадків ці рівні не перевищували 200 Бк на скелет. Детальний аналіз частотного розподілу рівнів накопичення ^{90}Sr у скелеті в діапазоні від 0 до 300 Бк (рис.3) дозволив виділити на фоні розподілу, що зумовлений чорнобильською аварією, розподіл від

стронцію глобального походження, максимальний внесок якого оцінюється на рівні 50 Бк на скелет.

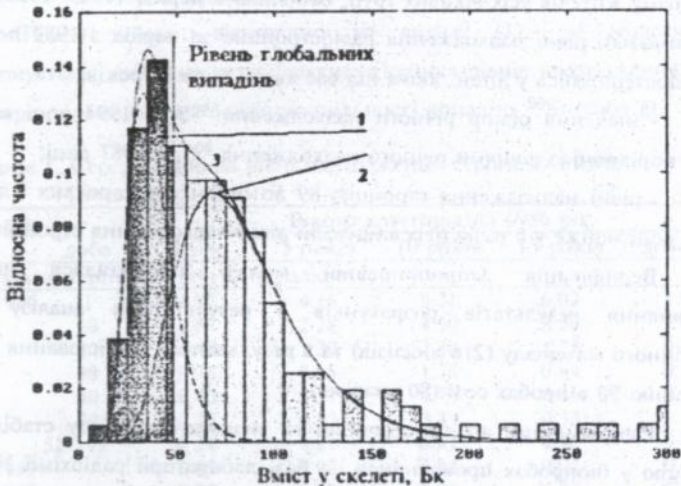


Рис.3. Частотний розподіл вмісту ^{90}Sr у скелеті померлих мешканців Житомирської області. 1 - розподіл від стронцію глобального походження; 2 - розподіл від стронцію, зумовленого аварією на ЧАЕС; 3 - сумарний розподіл.

Моделювання динаміки накопичення стронцію в скелеті проводилось з використанням комп'ютерної системи підтримки дозиметрії внутрішнього опромінення (IDSS) для поданої вище динаміки надходження стронцію до організму мешканців забруднених районів Житомирської області (табл.1). Результати розрахунків для дорослих зображені на рис.4. Їх аналіз свідчить, що запропонована модель ретроспективної оцінки рівнів надходження ^{90}Sr добре узгоджується з результатами прямих вимірів радіоактивності, що відповідає вмісту даного радіонукліду в кістковій тканині в період 1992-1994 років. Отримано задовільний кореляційний зв'язок (коефіцієнт кореляції дорівнює 0.5) між щільністю випадів ^{90}Sr та його вмістом у скелеті, який добре співпадає з результатами модельних розрахунків. Розраховано

середні рівні вмісту ^{90}Sr в скелеті на кожен післяаварійний рік для усіх вікових груп населення. Показано, що, відповідно до моделі, середні рівні вмісту ^{90}Sr в скелеті дорослих в 1994 році досягали значення 7.4 Бк на кожен $\text{кБк}\cdot\text{м}^{-2}$, а у скелеті дітей віком 10 років на момент аварії - 39 Бк. Вміст ^{90}Sr в скелеті дітей інших вікових груп наприкінці 1994 року також в 1.5 - 4 рази був вищим, ніж у дорослих.

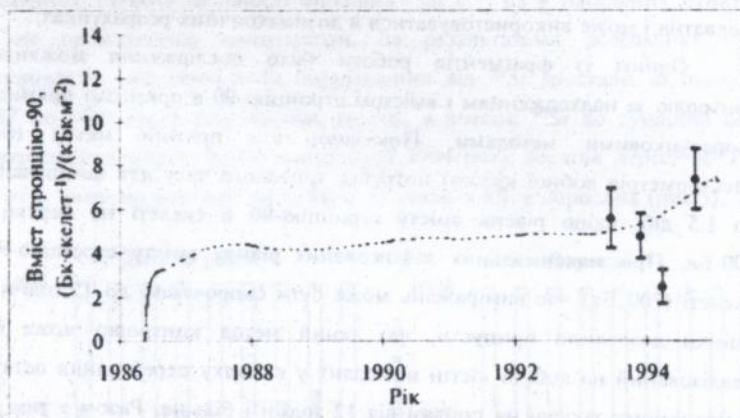


Рис.4. Динаміка вмісту стронцію-90 в скелеті дорослих, пронормованого на щільність випадіння радіонукліду.

- результати моделювання накопичення ^{90}Sr в скелеті;
- результати прямих вимірів вмісту ^{90}Sr в секційному матеріалі.

Верифікація моделі з результатами вимірювання вмісту ^{90}Sr в добових пробах сечі мешканців забруднених територій різних вікових груп також дала позитивні результати (табл.2).

Таблиця 2. Співвідношення фактичних і розрахованих рівнів вмісту радіостронцію в сечі осіб різного віку в 1992-1993 роках.

Вікова категорія на 1986 рік	Вміст стронцію-90, $\text{Бк}\cdot\text{добу}^{-1}/\text{кБк}\cdot\text{м}^{-2}$		Співвідношення
	розрахований	фактичний	
Діти			
1 рік	0.015	0.01	1.5
5 років	0.015	0.01	1.5
10 років	0.02	0.02	1.0
15 років	0.01	0.01	1.0
Дорослі	0.01	0.02	0.5

Встановлено, що вміст стронцію-90 в добовій пробі сечі відображає темп надходження радіонукліду до організму, усереднений за деякий проміжок часу, який передував моменту відбору цієї проби.

Таким чином, на базі подвійної верифікації запропонованої моделі було зроблено висновок про те, що модель ретроспективного відновлення динаміки надходження стронцію-90 до організму людини адекватна і може використовуватися в дозиметричних розрахунках.

Одним із фрагментів роботи було дослідження можливості контролю за надходженням і вмістом стронцію-90 в організмі прямими і розрахунковими методами. Показано, що прямий метод (бета-спектрометрія лобної кістки) потребує тривалого часу для вимірювань - до 1.5 діб, якщо рівень вмісту стронцію-90 в скелеті не перевищує 200 Бк. При максимальних зафіксованих рівнях вмісту стронцію-90 в скелеті (700 Бк) час вимірювань може бути скорочений до 12 годин. Ці оцінки дозволили припустити, що даний метод контролю може бути реалізований на лобній кістці померлих у випадку перебування останніх в медичному закладі на протязі від 12 годин і більше. Разом з тим, для масових вимірювань цей вид контролю при наявності зафіксованих на цей час рівнів накопичення ^{90}Sr у скелеті є малоефективним. Виходячи з аналізу даних, поданих в табл.2, найбільш ефективним є метод контролю, який базується на визначенні вмісту радіостронцію в добовій пробі сечі. Цей метод разом з визначенням вмісту радіоцезію в організмі людини дозволяє організувати контроль за надходженням стронцію-90 до організму та може використовуватися для моніторингу населення. Важливе значення має також і традиційний метод контролю, який базується на радіохімічному аналізі проб секційного матеріалу.

Розрахунки ефективних доз опромінення та еквівалентних доз на червоній кістковий мозок мешканців Житомирської області від ^{137}Cs , ^{89}Sr і ^{90}Sr за період з 1986 по 1994 рік виконувались з використанням вікозалежних коефіцієнтів із Публікації 67 МКРЗ для ретроспективно

відновлених річних рівнів надходження радіонуклідів з використанням запропонованої моделі.

З метою отримання найбільш повного уявлення про особливості формування доз внутрішнього опромінення на території Житомирської області було виконано декілька варіантів розрахунку. Порівняльна оцінка доз від ^{137}Cs та ізоотопів стронцію виконувалась, наприклад, для медіанних значень щільності випадінь ^{90}Sr і ^{137}Cs у населених пунктах, де не проводилися контрзаходи. За результатами розрахунку було встановлено, що річні дози опромінення від ^{90}Sr зростали за період з 1987 по 1994 рік в усіх вікових групах, а внесок ^{90}Sr до сумарної дози внутрішнього опромінення наприкінці 1994 року досягав пересічно 19% у дітей, яким на момент аварії було 10 років, і 6% у дорослих (рис.5).

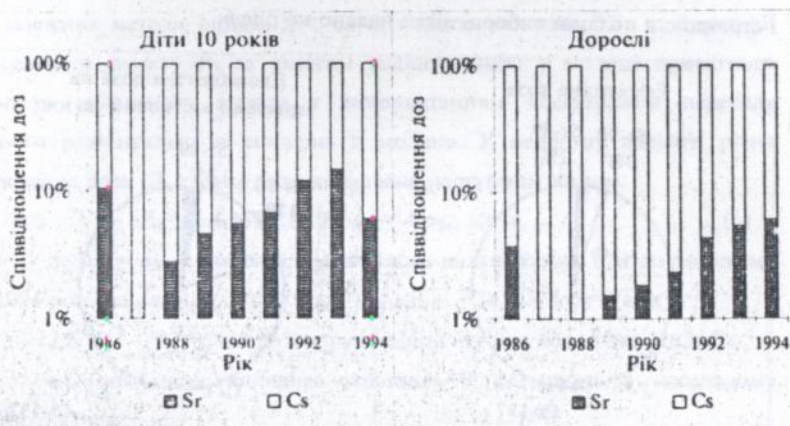


Рис.5. Динаміка відношення ефективних доз від ^{89}Sr , ^{90}Sr і ^{137}Cs , розрахованих для медіанних значень щільності випадінь цих радіонуклідів. За 100% прийнято дозу, зумовлену надходженням ^{89}Sr , ^{90}Sr і ^{137}Cs .

Розрахунок сумарних ефективних доз від цезію і стронцію за післяаварійний період, який було зроблено з використанням запропонованої динаміки надходження радіостронцію у виборці із 990

ЛІБ ім. В. Стефаника
АН України

дітей, що проживають в 31 населеному пункті Житомирської області, показав, що ефективні дози, зумовлені надходженням даних ізотопів, змінюються у широкому діапазоні і досягають значення 15 мЗв. Разом з тим максимальні значення доз для контрольованих територій області дорівнюють 16.6 мЗв, а для неконтрольованих - 10.7 мЗв.

Дещо інша картина складається у відношенні доз опромінення червоного кісткового мозку. Максимальні дози для тієї ж виборки дітей також досягають значення 15 мЗв. Проте максимальні дози опромінення червоного кісткового мозку у мешканців Житомирської області спостерігаються на неконтрольованих територіях і дорівнюють 21 мЗв, в той час як на контрольованих вони не перевищують 16.2 мЗв. Більш наочне уявлення про співвідношення доз опромінення від ізотопів цезію і стронцію в поданій вибірці дітей надано на рис.6.

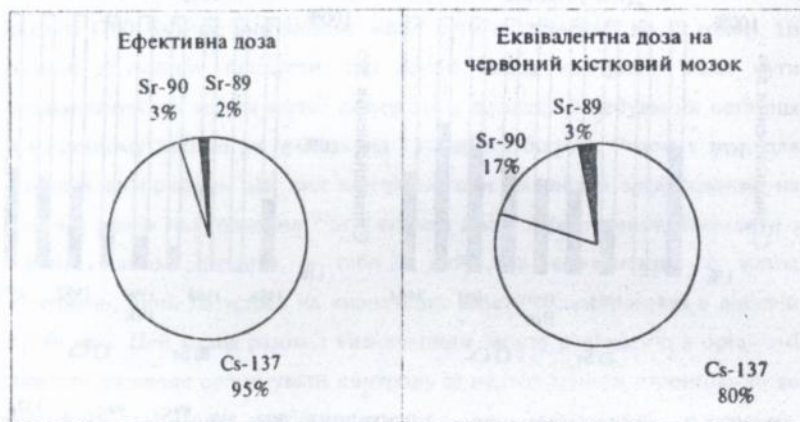


Рис.6. Співвідношення доз внутрішнього опромінення від цезію-137, стронцію-90 і стронцію-89

Аналіз результатів, поданих на рис.6, свідчить, що переважна роль у формуванні ефективних доз внутрішнього опромінення і еквівалентних доз на червоному кістковому мозку належить ^{137}Cs . Одночасно слід

відзначити і внесок ізотопів стронцію, який складає пересічно 5% і 20% для ефективної дози внутрішнього опромінення і дози опромінення червоного кісткового мозку, відповідно.

На базі моделі і результатів визначення вмісту ^{90}Sr в пробах секційного матеріалу були запропоновані аналітичні співвідношення, які дозволяють розрахувати значення річної очікуваної дози внутрішнього опромінення від ^{90}Sr для паспортизації населених пунктів України. Розрахунки паспортної дози проводилися з урахуванням максимальних значень вмісту ^{90}Sr в скелеті. Для цих рівнів вмісту, відповідно до моделі, розраховувалися середні значення рівнів надходження ^{90}Sr в організм та на їх базі далі розраховувалися значення паспортних річних очікуваних доз та молочних еквівалентів раціону. Було запропоновано два незалежних методи оцінки доз: за щільністю випадень ^{90}Sr на території населеного пункту та за вмістом радіостронцію у молоці приватного сектору населеного пункту з використанням коефіцієнтів переходу даного радіонукліда із випадень в молоко. У першому варіанті річна очікувана доза ($D_{\text{п}}$) може бути визначена наступним чином:

$$D_{\text{п}} = 0.4 \cdot 365 \cdot 2.8 \cdot 10^{-2} \cdot \sigma_{\text{Sr}} = 4 \cdot \sigma_{\text{Sr}}, \text{ мкЗв}, \quad (5)$$

де 0.4 - значення середньодобового надходження ^{90}Sr до організму в 1994 році на одиницю щільності випадень ^{90}Sr , Бк/добу⁻¹/кБк·м⁻²;
 $2.8 \cdot 10^{-2}$ - значення дозового коефіцієнту для дорослих, мкЗв·Бк⁻¹;
 σ_{Sr} - щільність випадень стронцію-90 на ґрунті в населеному пункті, кБк·м⁻².

Коли є інформація про концентрацію стронцію-90 в молоці з приватного сектору населеного пункту, значення паспортної дози розраховується по співвідношенню:

$$D_{\text{п}} = C_{\text{мол}} \cdot 1.8 \cdot 365 \cdot 2.8 \cdot 10^{-2} = 18.4 \cdot C_{\text{мол}}, \text{ мкЗв}, \quad (6)$$

де $C_{\text{мол}}$ - концентрація стронцію-90 в молоці приватного сектору на території даного населеного пункту, Бк·л⁻¹;
 1.8 - значення молочного еквіваленту, л.

ВИСНОВКИ

1. Розроблені методична схема і модель ретроспективного відновлення динаміки надходження ^{89}Sr і ^{90}Sr в організм мешканців забруднених після аварії на ЧАЕС територій. Результати модельних розрахунків задовільно узгоджуються з фактичними рівнями накопичення стронцію-90 у дорослих та з результатами вимірювань вмісту даного радіонукліду в добових пробах сечі осіб різного віку.

2. Встановлено наступні закономірності:

- найбільші рівні надходження радіоізоотопів стронцію в організм на одиницю щільності випадень ^{90}Sr формуються у дітей віком на час аварії 10-15 років, які мешкали на територіях, що не контролювалися;

- рівні надходження стронцію-89 майже в 6 разів більші, ніж рівні надходження стронцію-90 для усіх груп населення;

- рівні надходження стронцію-90 у 1987-1994 роках в організм дітей, які мешкають на територіях, що контролюються, в 3 рази, а дорослим в 4 рази нижчі, ніж мешканцям територій, які не контролюються;

- рівні накопичення стронцію-90 в скелеті мешканців територій, які не контролюються, у 1994 році дорівнювали у дорослих пересічно $7.4 \text{ Бк/кБк}\cdot\text{м}^{-2}$, у дітей 10-річного віку на час аварії - $39 \text{ Бк/кБк}\cdot\text{м}^{-2}$.

3. Максимальні значення вмісту стронцію-90 в скелеті, відповідно до результатів аналізу проб секційного матеріалу, досягають 700 Бк. У 90% жителів рівні вмісту не перевищують 200 Бк. Максимальне значення накопичення ^{90}Sr , зумовленого випадіннями глобального походження, оцінюється на рівні 50 Бк на скелет.

4. Найбільш ефективним методом контролю за рівнями надходження ^{90}Sr в організм, який дозволяє оцінювати усереднене значення надходження ^{90}Sr в організм на протязі поточного року, є об'єднання двох підходів: радіохімічного аналізу добових проб сечі та вимірювань вмісту радіоцезію в організмі людини. Контроль вмісту ^{90}Sr

на пізньому етапі аварії шляхом бета-спектрометрії лобної кістки є малоефективним і може використовуватись лише в окремих випадках у померлих з часом експозиції не менше 36 годин.

5. Ефективні дози внутрішнього опромінення за рахунок радіоізоотопів стронцію досягають значень 1.5 мЗв і 2.5 мЗв для мешканців територій, що контролюються і не контролюються, відповідно. Внесок радіоізоотопів стронцію до сумарної дози внутрішнього опромінення за післяаварійний період (пересічно по Житомирській області) досягає 3% у дорослих і 5-10% у дітей від доз, які формуються за рахунок ^{137}Cs . Від 39% до 70% дози формується за рахунок надходження ізоотопів стронцію в 1986 році. Внесок ^{90}Sr до річної дози опромінення в період з 1987 року по 1994 рік зростає і досягає 6% у дорослих та 16% у дітей віком 1-5 років на час аварії.

6. Внесок радіоізоотопів стронцію до сумарної еквівалентної дози на червоний кістковий мозок, яка формується за рахунок надходження ^{137}Cs , ^{89}Sr і ^{90}Sr , досягає 20%. Максимальні еквівалентні дози опромінення червоного кісткового мозку за рахунок цезію-137 і стронцію-90 спостерігаються у мешканців територій, які не контролюються, та оцінюються за післяаварійний період на рівні 21 мЗв.

7. На базі моделі та результатів визначення стронцію-90 в пробах секційного матеріалу запропоновані аналітичні співвідношення, які дозволяють розрахувати значення річної очікуваної дози від стронцію-90 в рамках паспортизації населених пунктів України.

Матеріали дисертації викладені у таких публікаціях:

1. Новак Н.Ю., Берковський В.Б., Репин В.С. и др. Оценка возможности контроля за поступлением и содержанием стронция-90 у населения прямыми и косвенными методами после аварии на ЧАЭС // Материали науочної конференції "Актуальніе вопросы

ретроспективной, текущей и прогнозной дозиметрии облучения в результате Чернобыльской аварии" 27-29 октября 1992 г. Киев, -К.-1993. -С. 157-167.

2. Новак Н.Ю. Некоторые методические подходы к определению содержания стронция-90 в моче жителей Украины, проживающих на загрязненных в результате аварии на ЧАЭС территориях. // Проблемы радиационной медицины Республиканский межведомственный сборник Выпуск 5. - Киев: МЗ Украины, НЦРМ АМН Украины.- 1993. - С. 192.

3. Новак Н.Ю., Репин В.С., Рубель Н.Ф. Ретроспективная оценка доз внутреннего облучения жителей Народичского района Житомирской области Украины от изотопов цезия и стронция, поступивших в первый послесаварийный год // Медицинские последствия Чернобыльской аварии Результаты пилотных проектов Айфека и соответствующих национальных программ.- Всемирная Организация Здравоохранения.- Женева.-1995.-С.357-370.

4. Новак Н.Ю., Репин В.С., Берковский В.Б. и др. Дозиметрическая паспортизация населенных пунктов Украины, подвергшихся радиоактивному загрязнению после Чернобыльской аварии. Сводные данные, июнь 1991-март 1995 г. / МЗ Украины, Минчерн.облыль Украины, НЦРМ АМНУ, ИРЗ АТНУ Сборник 5.- Киев:- 1. 05.- 311.С.

АННОТАЦИЯ

Новак Н.Ю. Оценка роли изотопов стронция в формировании доз внутреннего облучения населения после аварии на ЧАЭС (на примере Житомирской области).

Диссертация на соискание ученой степени кандидата биологических наук по специальности 03.00.08 - радиобиология,

Институт экспериментальной патологии, онкологии и радиобиологии им. Р.Е.Кавецкого НАН Украины, Киев, 1996.

Защищается методическая схема и модель ретроспективного восстановления уровней поступления и накопления ^{90}Sr за период с 1986 по 1994 год в организме лиц различного возраста, постоянно проживающих на территориях Житомирской области с повышенной плотностью радиоактивного загрязнения.

Для верификации модели использованы результаты непосредственного измерения ^{90}Sr в пробах секционного материала (седьмое правое ребро) и результаты измерения содержания данного радионуклида в суточных пробах мочи.

Рассчитаны скорости поступления и уровни накопления ^{90}Sr в скелете жителей, нормированные на плотность выпадения радионуклида. Выполнены различные варианты расчета эффективных доз внутреннего облучения и эквивалентных доз на красный костный мозг детского и взрослого контингента населения.

ANNOTATION

Novak N.Y. Estimation of the role of strontium isotopes in formation of internal irradiation doses to the population after the Chernobyl accident (by an example of the Zhitomir region).

The dissertation for conferring on the Doctor degree in Biology, specification 03.00.08 - radiobiology, Institute of Experimental Pathology, Oncology and Radiobiology named of R.E.Kavetzky of Ukrainian Academy of Science, Kiev, Ukraine, 1996.

In the given work there are presented a methodological scheme and a model of retrospective restoration of intake and deposition levels for the people of different age permanently living at the territories of the Zhitomir region

which are attributed with the higher radiation contamination density for the period from 1986 to 1994.

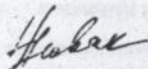
Direct measurements of strontium-90 in autopsy (i.e. human 7th right rib) and a daily urine sample are used for verification of the model.

The strontium-90 intake rate and the deposition level in skeleton normalised to the strontium-90 contamination density were calculated in dynamics.

Various calculations of internal effective doses and equivalent doses to red bone marrow were performed for children and adults.

Ключові слова:

аварія на ЧАЕС, дозиметрія, внутрішнє опромінення, стронцій-90.



436909

AB 35.130

AB 35.130