

Добав

На правах рукопису

УДК 539.122:612.01.04.482.4

НОВАК ДМИТРО ВОЛОДИМИРОВИЧ

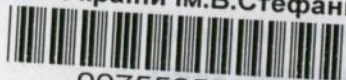
ЗАКОНОМІРНОСТІ ФОРМУВАННЯ ДОЗ ЗОВНІШНЬОГО ГАМА-
ОПРОМІНЕННЯ НАСЕЛЕННЯ, ЩО ПРОЖИВАЄ НА ТЕРИТОРІЯХ,
АЗНАВШИХ РАДІОАКТИВНОГО ЗАБРУДНЕННЯ ВНАСЛІДОК
АВАРІЇ НА ЧОРНОБИЛЬСЬКІЙ АЕС

Спеціальність 11.00.11 - охорона навколишнього середовища,
раціональне використання природних
ресурсів

А В Т О Р Е Ф Е Р А Т

дисертації на здобуття наукового ступеня
кандидата технічних наук

Київ - 1994



Наукові керівники: 1. Доктор фізико-математичних наук, професор
ЛІХТАРЬОВ Ілля Аронович

2. Кандидат технічних наук
ПЕРЕВОЗНІКОВ Олег Миколайович

Офіційні опоненти: 1. Доктор фізико-математичних наук
МЕЛЕНЕВСЬКИЙ Олександр Едуардович

2. Доктор медичних наук, старший науковий
співробітник
ЧЕРНІЧЕНКО Ігор Олексійович

Провідна організація: Інститут проблем моделювання в енергетиці
АН України, м. Київ

Захист відбудеться "6" грудня 1994 р. в 14³⁰ годин на засіданні
спеціалізованої вченої ради Д.01.02.01 Київського політехнічного інституту
за адресою:

252057, м. Київ-57, проспект Перемоги, 37, корп. 4, кімн.118.


З дисертацією можна ознайомитися у бібліотеці Київського
політехнічного інституту.

Автореферат розіслано "31" _____ 10 _____ 1994 р.

Відгуки на автореферат у двох примірниках за підписом,
затвердженим печаткою, прохання надсилати за адресою:

252057, м. Київ-57, проспект Перемоги, 37, КПІ, Вчена рада.

Вчений секретар спеціалізованої
вченої ради

 Срібний Л.Є.

ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

Актуальність теми. Одним із наслідків Чорнобильської катастрофи стало формування просторого радіоактивного сліду, який виявився джерелом довгочасного γ -опромінення людей довгоживучими радіонуклідами. Важливою особливістю радіоактивного забруднення навколишнього середовища виявилось залучення до аварії, крім персоналу ЧАЕС, значних площ і населення, яке проживає на забруднених територіях за умови повсякденної суспільно-промислової діяльності. Інформація про індивідуальні дози зовнішнього γ -опромінення є основою для аналізу радіаційного стану, опрацювання захисних заходів та оцінки наслідків опромінення для навколишнього середовища та населення. Найбільш адекватним методом їх визначення є безпосереднє вимірювання за допомогою індивідуальних дозиметрів. На цей час існує обмежена кількість результатів прямих вимірів індивідуальних доз зовнішнього γ -опромінення мешканців деякої частини населених пунктів. Між іншим, встановлення таких для населення усіх втягнених у аварію територій можливо лише шляхом створення дозиметричної моделі, яка узагальнює специфічні для Чорнобильської ситуації закономірності формування гама-поля в місцях компактного перебування людей.

Таким чином, однією з найбільш актуальних проблем оцінки наслідків Чорнобильської катастрофи є адекватне визначення індивідуальних доз зовнішнього γ -опромінення населення та дослідження основних закономірностей їх формування у просторі і часі.

Мета дослідження. Метою даної праці є наукове обґрунтування та опрацювання апаратурно-методичного забезпечення моніторингу індивідуальних доз зовнішнього γ -опромінення населення, що проживає на радіаційно забруднених територіях, дослідження основних закономірностей їх формування та опрацювання на їх підставі дозиметричної моделі ретроспективного відновлення доз.

Для досягнення вказаної мети вирішувались наступні завдання:

1. Вибір та обґрунтування апаратурно-методичного забезпечення моніторингу індивідуальних доз зовнішнього γ -опромінення населення.

2. Організація та проведення масового моніторингу індивідуальних доз зовнішнього γ -опромінення населення.

3. Дослідження основних закономірностей формування індивідуальних доз зовнішнього γ -опромінення населення, стосовно до різноманітних ситуацій, які склалися після Чорнобильської аварії.

4. Опрацювання дозиметричної моделі ретроспективного відновлення індивідуальних та групових доз зовнішнього γ -опромінення населення, яке проживає на територіях жорсткого радіаційного контролю.

Наукова новизна. Новизна даного дослідження та одержаних результатів визначається тим, що вперше:

- створено та впроваджено апаратурно-методичне забезпечення моніторингу індивідуальних доз зовнішнього γ -опромінення населення, яке проживає на забруднених радіоактивними ізотопами територіях, за допомогою термолюмінесцентних дозиметрів (ТЛД);

- одержано результати про індивідуальні дози зовнішнього γ -опромінення мешканців ряду населених пунктів України, розташованих в зоні жорсткого радіаційного контролю, та досліджені основні закономірності їх формування в залежності від режиму поведінки;

- опрацьована дозиметрична модель ретроспективного відновлення індивідуальних та групових доз зовнішнього γ -опромінення населення, яке проживає на радіаційно забруднених територіях, що сформувались внаслідок широкомасштабної комунальної аварії;

- досліджено співвідношення між дозиметричними величинами, що вимірюються (експозиційна та еквівалентна доза), та ефективною дозою,

що дозволило одержані значення індивідуальних та групових доз зовнішнього опромінення представити в термінах ефективних доз.

Практична цінність. Методом прямого вимірювання за допомогою ТЛД отримано більш як 12 тисяч значень індивідуальних доз зовнішнього γ -опромінення осіб, що постійно проживають на територіях жорсткого радіаційного контролю. На підставі одержаних результатів МОЗ та Урядом України приймалися відповідальні рішення про різноманітні протизаходи, включаючи відселення та зміну статусу цілого ряду населених пунктів. Дозиметрична модель, опрацьована на підставі дослідження закономірностей формування індивідуальних та групових доз зовнішнього γ -опромінення, покладена в основу дозиметричного супроводження Українського реєстру осіб, що постраждали внаслідок Чорнобильської катастрофи. Запропоновані методики упроваджено в практику в системі МОЗ та Мінлігоспу України.

Апробація роботи. Основні положення дисертації доповідались та обговорювались на республіканських та міжнародних конференціях у Києві (1987, 1989, 1990, 1992, 1993 рр.), Одесі (1987 р.), Відні (1990 р.) та Чибі (Японія, 1994 р.).

Основні положення та результати, що виносяться на захист.

1. Апаратурно-методичне забезпечення підтримки моніторингу індивідуальних доз зовнішнього γ -опромінення населення, яке проживає на забруднених територіях за умови повсякденної суспільно-промислової діяльності, за допомогою термолюмінесцентних дозиметрів.

2. Ряд закономірностей формування індивідуальних доз зовнішнього γ -опромінення осіб, що проживають в зонах жорсткого радіаційного контролю.

3. Дозиметрична модель формування та ретроспективного відновлення ефективних доз зовнішнього γ -опромінення різних (за віком

та професією) груп населення, що проживають в зонах з різними рівнями радіаційного забруднення.

Усі результати, що виносяться на захист, одержані пошукачем особисто.

Публікації. По темі дисертації опубліковано 14 робіт.

Структура та обсяг роботи. Дисертація представлена на 138 листках друкопису та складається з вступу, аналітичного огляду літератури, трьох розділів власних досліджень, висновків та переліку використаної літератури. Текст проілюстрований 18 таблицями та 19 малюнками. Перелік використаної літератури включає 118 бібліографічних посилань, з яких 58 вітчизняних та 60 зарубіжних.

ЗМІСТ ДИСЕРТАЦІЇ

Індивідуальні дози зовнішнього γ -опромінення населення вимірювались за допомогою ТЛД, які вибірково роздавались мешканцям населених пунктів з урахуванням оптимального охоплення представників усіх вікових та професійних груп.

Групи населення вибирались виходячи з припускаемого режиму поведінки, в якості якого використовувалось співвідношення часу перебування особи на відкритій місцевості та в приміщенні. Розглядались наступні групи населення: діти молодше 7 років (дошкільного віку), діти від 7 до 17 років (школярі), службовці (характер роботи яких пов'язаний з перебуванням в приміщеннях), працівники сільського господарства та непрацююче населення (пенсіонери).

Періодичність дозиметричних обстежень визначалась виходячи з міркувань охоплення пір року, на протязі яких спостерігається постійний режим поведінки, таких як літня, зимова, весняно-осіння.

Була опрацьована апаратурно-методична підтримка моніторингу індивідуальних доз зовнішнього γ -опромінення населення, яка включала комплекс організаційних заходів, формування основних вимог до

обладнання, що використовується, та адаптацію його експлуатаційних та дозиметричних параметрів. Значна увага приділялась адекватності поточних вимірювань та відповідності показів ТЛД ефективній дозі, оскільки під дією малих доз радіації найбільш вірогідними є віддалені стохастичні наслідки опромінення.

В силу того, що на території, яка зазнала радіоактивного забруднення, проживає більш як 2 мільйони осіб (дані Мінстату України), то фізично неможливе вимірювання індивідуальних доз усіх мешканців. Крім того, в силу різноманітних причин в ряді населених пунктів дозиметричні обстеження не проводились зовсім. Ці обставини і визначають необхідність опрацювання моделі ретроспективного відновлення доз.

Основні співвідношення та параметри моделі визначались виходячи з наявних результатів прямих інструментальних вимірів значень радіаційного забруднення навколишнього середовища.

В моделі використовується емпірична функція, прийнята для описання динаміки потужності експозиційної дози (ПЕД) з часом в післяаварійний період, яка отримана шляхом аналітичної апроксимації результатів прямих інструментальних вимірів. Також визначено основні типи місць, де за рахунок переважного місцезнаходження представники різних груп населення накопичують переважну частину дози зовнішнього γ -опромінення. Також визначено час перебування представників різних груп населення в цих місцях для різних пір року. Приводяться значення коефіцієнтів режиму поведінки для визначених груп населення. Для представників кожної з них визначена доза зовнішнього γ -опромінення (в розрахунку на одиницю щільності випадіння ^{137}Cs) для кожного з шести післяаварійних років.

РЕЗУЛЬТАТИ ТА ОБГОВОРЕННЯ

Проведений аналіз методів дозиметрії дозволив обґрунтувати та впровадити систему моніторингу доз зовнішнього γ -опромінення, яка дає можливість проводити масові дозиметричні обстеження населення, що постійно проживає на територіях жорсткого радіаційного контролю за умови соціально-виробничих відносин. Адекватність одержаної дозиметричної інформації базується на підставі ретельного дослідження технічних та дозиметричних характеристик обладнання, що використовується, та калібровки дозиметрів.

Показано, що найбільш прийнятним типом індивідуального дозиметра для масового моніторингу населення є ТЛД. Це підтверджується результатами ретельного всебічного дослідження їх експлуатаційних та дозиметричних характеристик, таких як стабільність показів та чутливість до випромінювання при багаторазовому циклі опромінення-зчитування ($\pm 2.5\%$), лінійність показів в широкому діапазоні доз (розбіжність в діапазоні 0.4-4 мЗв не перевищує $\pm 5\%$), збереження накопиченої інформації з часом (втрати накопиченої інформації не перевищують 5% на місяць), чутливість до енергії та кута падіння випромінювання (в діапазоні енергій 300-700 кеВ покази ТЛД практично не залежать від енергії ($\pm 3\%$) та кута падіння ($\pm 10\%$) випромінювання)¹.

Надійність та адекватність вимірювань індивідуальних доз підтверджується також результатами незалежних порівнянь показів ТЛД з ведучими проблемними інститутами Росії (НДІ Радіаційної Гігієни (НДІРГ), м. Санкт-Петербург) та Японії (Національний Інститут Радіаційних Досліджень (НІРД), м. Чіба). Сюди ввійшло:

¹ Енергетична та кутова чутливість ТЛД до випромінювання досліджувалась сумісно з НВО "ВНДІМ ім. Д.І.Менделєєва", м. Санкт-Петербург.

- порівняння показів ТЛД та різних типів радіометрів (результати співпали з точністю до $\pm 30\%$ для радіометрів, детектором котрих був лічильник Гейгера-Мюллера, в перерахунку на експозиційну дозу);

- порівняння показів ТЛД різних типів при їх сумісній експозиції на місцевості (порівнювались ТЛД, які використовували ми та ТЛД, які належали НІРД, розбіжність показів не перевищувала $\pm 5\%$);

- порівняння показів ТЛД різних типів при їх сумісній експозиції в антропоморфному гетерогенному фантомі (АГФ) тіла людини (використовувався АГФ RANDO; порівнювались покази ТЛД ALNOR (НЦРМ) та ТЛД ДТГ-04 (НДІРГ); узагальнене значення розбіжностей попарно експонованих детекторів не перевищило $\pm 3\%$)²;

- зіставлення показів ТЛД та значень доз опромінення в полях зразкових джерел випромінювання різних енергій (розбіжність не перевищила $\pm 8\%$).

Значна увага приділялась дослідженню співвідношень між дозиметричними величинами, що вимірюються (експозиційна доза), і показів ТЛД до ефективної дози для різних умов експозиції, що склалися після Чорнобильської аварії, а також для різних вікових категорій населення. Ці роботи виконувались за допомогою ряду АГФ тіла людини різних вікових категорій в реальних умовах Чорнобильського сліду. Співвідношення експозиційної дози до ефективної та відповідність до неї показів ТЛД для різних вікових категорій населення приведено в таблиці 1, а опромінюваність деяких органів та відповідність показів ТЛД значенням ефективної дози для різних умов опромінювання - в таблиці 2.

² Усі вищезгадані дослідження проводились в реальних умовах Чорнобильського сліду.

Таблиця 1.

Відношення експозиційної дози (Р) та значень дози ТЛД (Д) до ефективної дози (ЕД) для осіб різного віку при експозиції на місцевості

Вік	Р/ЕД	Д/ЕД
Новонароджений	1.15	0.933
Дитина 1 року	1.28	0.947
Дитина 5 років	1.38	0.917
Підліток 15 років	1.56	1.112
Дорослий	1.55	1.042

Таблиця 2.

Відношення доз на деякі органи ($D_{\text{орган}}$) до ефективної дози (ЕД) для різних умов опромінення

Орган	$D_{\text{орган}}/ЕД$			
	Усередніні приміщення	γ поле	Змішане γ - β поле	За даними літератури ³
Щитовидна залоза	1.181	0.973	0.92	0.99
Легені	1.110	1.057	1.02	1.01
Печінка	1.015	0.923	0.95	0.93
Селезінка	0.932	0.961	0.87	0.94
Шлунок	0.909	1.000	0.96	0.94
Нирки	1.041	0.993	0.96	0.93
Кишечник	0.892	0.886	0.95	0.89
Сечовий міхур	0.803	0.906	0.96	0.91
Гонади	0.875	1.12	1.10	1.04
Червоний кістковий мозок	1.009	0.982	0.94	0.93
Відношення ТЛД/ЕД	1.005	1.042	1.194	1.00

³ K.Saito, N. Petoussi, M.Zankl, R.Ve., P.Jacob, G.Drexler. Calculation of Organ Doses from Environmental Gamma Rays Using Human Phantoms and Monte Carlo Methods. Part 1. Monoenergetic Sources and Natural Radionuclides in the Ground. GSF-Bericht,2/90. (Для енергії випромінювання 0.5 MeV)

Дослідження внеску випромінювання від інкорпорованих в організмі людини радіоізоотопів цезію в показ ТЛД при їх безперервному носінні (результати представлені в таблиці 3) показало, що при реальних вмістах радіоцезію в організмі переважної більшості мешканців (95%) зон жорсткого радіаційного контролю, що не перевищує 10 кБк (Литвинець Л.О., Перевозніков О.М.), він практично відсутній.

Результатом впровадження апаратурно-методичної підтримки моніторингу індивідуальних доз зовнішнього γ -опромінення стало одержання більш як 12 тисяч адекватних значень індивідуальних доз осіб, які постійно проживають на територіях жорсткого радіаційного контролю.

Таблиця 3.

Покази індивідуальних дозиметрів ($\text{мЗв}\cdot\text{міс}^{-1}$) від випромінювання інкорпорованого в організмі радіоцезію

Тип фантому	Вага, кг	Активність ^{137}Cs , Бк на організм	Покази ТЛД, $\text{мЗв}\cdot\text{міс}^{-1}$
Дитина до 2-х років	12	34 500	0.09 ± 0.01
Підліток	27	77 600	0.14 ± 0.01
Доросла людина	70	201 100	0.20 ± 0.04

Аналіз одержаних результатів вимірювань дав можливість отримати наступні закономірності формування індивідуальних доз зовнішнього γ -опромінення:

- середні значення індивідуальних доз зовнішнього γ -опромінення мешканців населеного пункту лінійно залежать від рівня забруднення його території радіонуклідами (малюнок 1);

- абсолютні значення індивідуальних доз зовнішнього γ -опромінення знижуються з часом у відповідності з фізичним розпадом радіонуклідів та їх вертикальною міграцією у ґрунті;

- індивідуальні дози мешканців усіх населених пунктів розподілені за логарифмічно нормальним законом;

- основним фактором, який визначає значення індивідуальних доз зовнішнього γ -опромінення в межах населеного пункту, є професійна належність, точніше пов'язаний з цим режим поведінки (таблиця 4);

- нерівномірність радіоактивного забруднення території населеного пункту мало впливає на значення середньогрупових доз зовнішнього γ -опромінення, а лише збільшує дисперсію дозового розподілення.

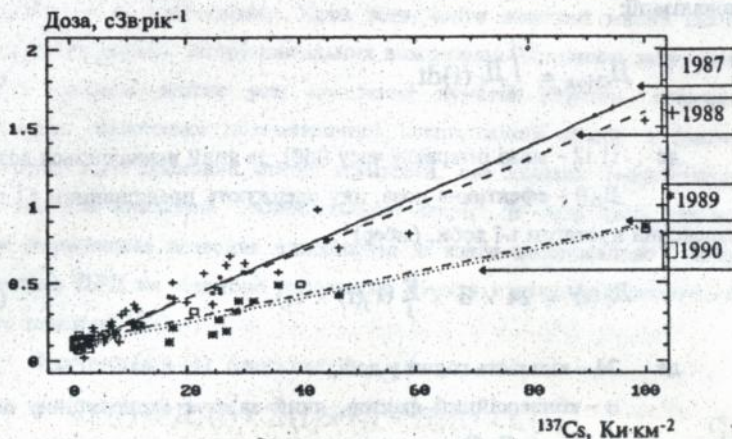
Одержані закономірності формування індивідуальних доз зовнішнього γ -опромінення населення склали основу моделі їх ретроспективного відновлення для мешканців територій, де по різних причинах своєчасно не були здійснені дозиметричні обстеження або повністю відсутня будь-яка дозиметрична інформація. Основні співвідношення та параметри моделі отримані шляхом аналізу та опрацювання наявної інформації про результати прямих інструментальних вимірювань радіаційного забруднення навколишнього середовища.

Таблиця 4.

Рівні опромінюваності представників різних професійних груп населення ($D_{\text{ср.гр}}$ - середнє значення відношень індивідуальних доз представників конкретної професійної групи до середнього значення дози для усіх мешканців населеного пункту)

Група населення	К-ть результатів вимірювань	$D_{\text{ср.гр}}$	Стандартне відхилення
Діти до 7 років	265	0.50	0.57
Школярі	536	0.67	0.36
Службовці	820	0.93	0.60
Працівники с/г	1160	1.43	0.53
Пенсіонери	221	0.97	0.44

Залежність середніх значень індивідуальних доз зовнішнього
 γ -опромінення від рівня забруднення території ^{137}Cs



Мал. 1.

Модель базується на припущенні, що дози зовнішнього γ -опромінення населення формуються в певних місцях території населеного пункту (точках локалізації), де місцезнаходження людей найвірогідніше. При цьому час перебування представників різних груп населення у цих точках відрізняється один від одного.

Основним співвідношенням моделі є:

$$D_i = \sigma \times D_{i\text{Мод}} \quad (1)$$

де D_i - ефективна доза зовнішнього γ -опромінення представників i -ї групи населення;

σ - середнє значення щільності забруднення території населеного пункту ^{137}Cs (як найбільш довгоживучий радіонуклід);

$D_{i\text{Мод}}$ - ефективна доза зовнішнього γ -опромінення представників i -ї групи населення в розрахунку на одиницю щільності забруднення території населеного пункту ^{137}Cs , яка одержана за допомогою моделі.

В моделі $D_{i\text{Мод}}$ визначається як інтеграл за часом доз, які одержують представники i -ї групи населення протягом доби у точках локалізації:

$$D_{i\text{Мод}} = \int_{t_1}^{t_2} D_i(t) dt, \quad (2)$$

де t_1, t_2 - межі інтервалу часу (діб), за який визначається доза;

$D_i(t)$ - ефективна доза, яку одержують представники i -ї групи населення протягом t -ї доби, (мбер)⁴.

$$D_i(t) = 24 \times \alpha \times \sum_j (P_j(t) \times t_j), \quad (3)$$

де 24 - кількість годин у добі;

α - конверсійний фактор, який зв'язує експозиційну дозу з ефективною дозою, Зв/Р;

$P_j(t)$ - ПЕД в j -й точці локалізації на t -й день після аварії, мРгод⁻¹;

t_j - час перебування в j -й точці локалізації, годин на добу.

Шляхом нормування (3) на максимально можливе значення ПЕД на території населеного пункту, одержимо:

$$D_i(t) = 24 \times \alpha \times P_0(t) \times \sum_j \left(\frac{P_j(t)}{P_0(t)} \times t_j \right), \quad (4)$$

де $P_0(t)$ - максимально можливе значення ПЕД на території населеного пункту (на відкритій місцевості), мРгод⁻¹.

$P_0(t)$ взята як ПЕД на гіпотетичному майданчику з щільністю радіоактивного забруднення, яка дорівнює середньому значенню (σ) по території конкретного населеного пункту. Такий підхід використано

⁴ 1 бер = 0.01 Зв

тому, що основною характеристикою радіаційного забруднення території прийняте середнє значення щільності випадіння ^{137}Cs , як найбільш довгоживучого радіонукліду. Крім того, існує значний масив значень результатів прямих інструментальних вимірювань щільності забруднення ^{137}Cs території майже усіх населених пунктів України, одержаних внаслідок проведеної дозиметричної паспортизації згідно з Законом України "Про правовий статус територій, що зазнали радіоактивного забруднення внаслідок Чорнобильської аварії". В силу вищезгаданого, таке нормування дозволяє однозначно зв'язати максимально можливе значення ПЕД на території населеного пункту з щільністю забруднення його території ^{137}Cs .

Переписавши (4), одержимо:

$$D_i(t) = D_0(t) \times \sum_j (f_j \times \tau_j) = D_0(t) \times K_{p.п.1}, \quad (5)$$

де $D_0(t)$ - максимально можлива ефективна доза на території населеного пункту на t -й день після аварії за умови безперервного перебування протягом доби на території гіпотетичного майданчика, де ПЕД дорівнює $P_0(t)$, мбер;

f_j - так званий локалізаційний фактор, який дорівнює відношенню ПЕД в j -й точці локалізації до P_0 ;

$K_{p.п.}$ - коефіцієнт режиму поведінки, який чисельно дорівнює частці реалізації дози від максимально можливої.

Параметри моделі визначались таким чином:

- $P_0(t)$ отримана шляхом аналітичної апроксимації результатів прямих інструментальних вимірювань ПЕД та щільності забруднення території ^{137}Cs з подальшим нормуванням на одиницю щільності забруднення. Аналітичний вираз для визначення чисельного значення $P_0(t)$ (в мкР·год⁻¹) для різних періодів розвитку аварії приведено нижче:

$$P_0(t) = \begin{cases} P_0^{II}(t) = 2900 \cdot t^{-0.98} & 30 \leq t \leq 370 \text{ діб} \\ P_0^{III}(t) = 4.25 \cdot \exp(-2.95 \cdot 10^{-2} \cdot t) + \\ + 8.25 \cdot \exp(-7.69 \cdot 10^{-5} \cdot t) & 370 \leq t \leq 1270 \text{ діб} \end{cases} \quad (6)$$

Належить відзначити, що $P_0(t)$, як і всі інші використані в моделі результати інструментальних вимірювань радіаційного забруднення навколишнього середовища (перш за все ПЕД та індивідуальні дози), включає тільки "чорнобильську" компоненту. Природна компонента, яка віднімалась від результатів інструментальних вимірів, оцінена в 10 мкР на год для ПЕД та 6 мбер на місяць для ТЛД.

- Час перебування τ_j представників різних груп населення в точках локалізації визначався шляхом опитування та анкетування (таблиця 5).

- Локалізаційні фактори f_j визначались як результат відношення інструментальних вимірювань ПЕД в точках локалізації до $P_0(t)$, обчисленого для даного моменту часу. Основні типи локалізаційних факторів та їх числові значення приведені в таблиці 6.

Таблиця 5.

Значення часу перебування τ_j (годин на добу) в точках локалізації для різних груп населення та сезонів

Група населення	Місце накопичення дози								
	Усередині приміщення			На території населеного пункту			Поза територією населеного пункту		
	літо	зима	весна осінь	літо	зима	весна осінь	літо	зима	весна осінь
Діти ≤ 7	19.5	22	21	4.5	2.0	3.0	-	--	--
Діти 8-17	18.0	19.5	18.5	5.0	4.5	5.0	1.0	--	0.5
Службовці	13.5	14.5	14.0	9.5	9.5	9.5	1.0	--	0.5
Працівники с/г	11.0	14.0	13	7.0	6.0	6.0	6.0	4.0	5.0
Пенсіонери	13.0	15.5	15	9.8	8.5	7.9	1.2	--	1.1

Таблиця 6.

Основні типи локалізаційних факторів та їх значення

Місця локалізації	f_i	Кількість вимірювань	
Усередині приміщення	<u>Місце проживання:</u> цегляний будинок	0.07	71
	дерев'яний будинок	0.13	72
	<u>Місце роботи:</u> цегляна будівля	0.07	
Поза приміщенням на території населеного пункту	<u>Місце перебування:</u> подвір'я	0.42+0.18	723
	город	0.42+0.16	723
	сад	0.57+0.22	723
	<u>Місце роботи (навчання):</u> дитячий садок	0.42+0.18	32
	школа	0.49+0.16	48
	вулиця	0.50+0.26	700
Поза приміщенням за територією населеного пункту	<u>Поза територією населеного пункту</u>	1.00	-

- Конверсійний фактор α визначався шляхом фантомних досліджень в реальних умовах Чорнобильського сліду (таблиця 1).

- Коефіцієнт режиму поведінки $K_{p.n.}$ визначався як сума добутоків локалізаційних факторів на час перебування в них для усіх точок локалізації. Результати обчислення значень $K_{p.n.}$ для різних груп населення та пір року наведені в таблиці 7.

Була проведена верифікація одержаних $K_{p.n.}$ за допомогою ТЛД. Експериментальні значення $K_{p.n.}$ отримані шляхом відношення індивідуальних доз зовнішнього γ -опромінення представників різних груп населення до обчисленого значення D_0 для конкретного населеного пункту та проміжку часу, на протязі якого вони експонувались.

Таблиця 7.

Значення модельних коефіцієнтів режиму поведінки $K_{p.п.}$.

Група населення	Зима	Весна-осінь	Літо
Діти ≤ 7 років	0.10	0.12	0.15
Діти 8-17 років	0.15	0.18	0.20
Службовці	0.24	0.26	0.28
Робітники с/г	0.33	0.37	0.43
Пенсіонери	0.22	0.25	0.29

Результати верифікації наведені на малюнку 2, які показують достатню адекватність представленої моделі (медіанне значення відношень експериментальних та модельних $K_{p.п.}$, згрупованих по усім групам населення та порам року (всього 892 значення), становить 1.03 при стандартному відхиленні 0.52).

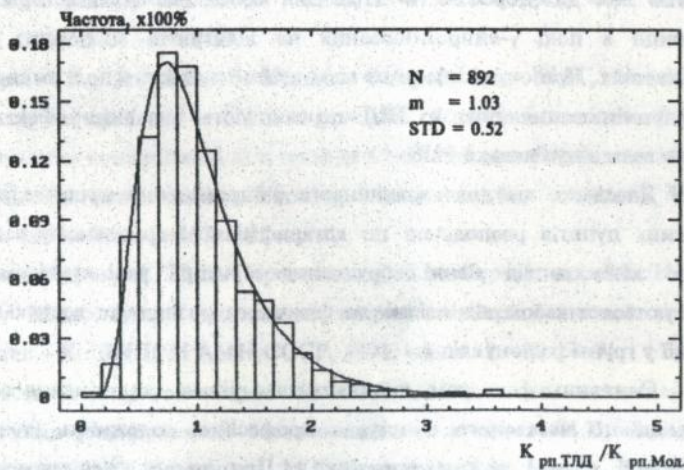
За допомогою моделі одержано ретроспективні оцінки ефективних доз зовнішнього γ -опромінення різних груп населення за перший та наступні роки після аварії (таблиця 8).

Таблиця 8.

Ретроспективна оцінка доз зовнішнього опромінення
(мкЗв на $\text{кБк}\cdot\text{м}^{-2}$), отримана на базі дозиметричної моделі

Група населення	Перший рік			По роках					За 5 років	За 6 років
	1-й місяць	2-12 місяці	1-12 місяць	1987	1988	1989	1990	1991		
Діти ≤ 7	2.91	5.20	8.11	1.93	1.86	1.81	1.76	1.71	9.07	17.18
Діти 8-17	3.58	6.40	9.98	2.44	2.34	2.27	2.21	2.15	11.41	21.39
Службовці	4.91	8.76	13.78	3.38	3.25	3.16	3.07	2.99	15.85	29.63
Працівники с/г	7.34	13.12	20.46	4.98	4.78	4.95	4.52	4.41	23.34	43.80
Пенсіонери	4.95	8.84	13.79	3.35	3.22	3.13	3.04	2.97	15.71	29.50

Частотне розподілення відношень коефіцієнтів режиму поведінки, одержаних експериментальним шляхом ($K_{рп.ТЛД}$) та за допомогою моделі ($K_{рп. Мод}$)



Мал. 2.

ОСНОВНІ ВИСНОВКИ

1. Єдиним адекватним методом дозиметричного контролю зовнішнього γ -опромінення населення є масове застосування термомінесцентних дозиметрів. Оскільки більшість осіб, які потребують такого контролю, проживає на радіаційно забруднених територіях, а їх дозові навантаження передусім пов'язані з рівнем радіоактивного забруднення місцевості та режимом соціально-промислової діяльності.

2. Розбіжність результатів при експонуванні дозиметрів в реальних та лабораторних дозових полях не перевищила $\pm 8\%$, як показали

результати оцінки рівня достовірності визначення доз у ведучих проблемних інститутах Росії та Японії.

3. Досягнута відповідність показів ТЛД значенню ефективної дози з точністю $\pm 4\%$ для дорослих та $\pm 10\%$ для інших вікових категорій при експозиції в полі γ -випромінювання на відкритій місцевості та у приміщеннях. При опроміненні на відкритій місцевості в полі змішаного β - γ -випромінювання покази ТЛД перевищують значення ефективної дози на величину близько 20%.

4. Доведено, що дози зовнішнього γ -опромінення мешканців усіх населених пунктів розподілені по логарифмічно нормальному закону, лінійно залежать від рівня забруднення території радіонуклідами та зменшуються з часом відповідно до фізичного розпаду та вертикальної міграції у ґрунті радіонуклідів.

5. Основним фактором, який визначає рівень опромінення осіб в межах одного населеного пункту, є професійна належність (точніше пов'язаний з цим режим поведінки). При цьому, нерівномірність радіаційного забруднення території населеного пункту не викликає помітного впливу на значення середньогрупових доз зовнішнього γ -опромінення.

6. Опрацьована модель ретроспективного відновлення та одержані оцінки доз зовнішнього γ -опромінення п'яти основних груп населення за різні проміжки часу з моменту аварії.

ПУБЛІКАЦІЇ, В ЯКИХ ВИКЛАДЕНО ОСНОВНИЙ ЗМІСТ ДИСЕРТАЦІЙНОЇ РОБОТИ

1. Новак Д.В., Терещенко В.М., Чумак В.В. Распределение индивидуальных доз гамма-облучения жителей п.г.т. Полесское // Материали Респ. науч. конф. "Мед. проблемы радиац. защиты", Киев, 15-17 дек. 1987 г. - К.: МЗ УССР, 1987. - С. 60-63.

2. Лось И.П., Калетник Н.Н., Терещенко В.М., Новак Д.В., Литвинец Л.А., Яковлева Г.Н., Мазепа М.Г., Гецц В.И. Уровни доз облучения работников лесных хозяйств // Материалы Респ. науч. конф. "Актуал. проблемы радиац. медицины", Киев, 15-17 окт. 1989 г. - К.: ВНЦРМ АМН ССР, 1989. -С. 88-93.
3. Repin V.S., Los I.P., Bondarenko O.A., Businny M.G., Novak D.V. Physical, technical and methodical problems of exposure rate measurements the territories contaminated as a result of Chernobyl power station accident. // Environment contamination following a major nuclear accident.- Vienna: IAEA, 1990. -V.1. -P. 467-469.
4. Дозы облучения./ О.Н. Перевозников, В.М. Терещенко, Д.В. Новак и др. // Медицинские последствия аварии на Чернобыльской атомной станции.- К.: ВНЦРМ АМН СССР, 1991. - Разд. 2. - С. 69-91.
5. Шесть лет после аварии на ЧАЭС. Основные закономерности изменения радиационной обстановки и ее прогноз /И.П. Лось, Г.В. Федосенко, И.Ю. Комариков, М.Г. Бузынный, Г.М. Гулько, Д.В. Новак, Л.А. Литвинец // Авария на Чернобыльской АЭС. - К.: УНЦРМ МЗ и АН Украины, 1992. Выпуск 2. Том. 1. - С. 93-151.
6. Мониторинг индивидуальных доз населения. /О.Н. Перевозников, Л.А. Литвинец, Д.В. Новак и др. //Проблемы радиационной медицины. -К.: "Здоровья", 1992. Выпуск 4. -С. 24-32.
7. Лихтарев И.А. Ковган Л.Н., Новак Д.В., Вавилов С. Е., Якоб Р., Парещки Г. Модель формирования эффективной эквивалентной дозы внешнего облучения после Чернобыльской аварии.// Материалы научной конференции "Актуальные вопросы ретроспективной, текущей и прогнозной дозиметрии облучения в результате Чернобыльской аварии" 27-29 октября 1992 г. Киев, -К.: АТЛ, 1993. -С. 40-70.
8. Likhtariov I., Kovgan L., Bobiliov O., Los' I., Gulko G., Repin V., Perevoznikov O., Tsigankov N., Vavilov S., Kalchenko E., Gluvchinsky R., Novak D., Berkovskiy V., Chumak V., Kayro I., Phedosenko G., Komarikov

I., Litvinetz L. Main Problems in Post-Chernobyl Dosimetry // International Workshop "Assessment of the Health and Environmental Impact from Radiation Doses due to Released Radionuclides", Chiba, 18-20 Jan, 1994. - Chiba: NIRS, 1994. -P. 27-51.

9. Los' I., Likhtarev I., Korzun V., Repin V., Fedosenko G., Komarikov I., Buzinny M., Zelensky A., Pavlenko T., Litvinets L., Novak D., Mikhailov A. Irradiation Doses as a Result of the Chernobyl NPP Accident and from Other Sources // International Workshop "Assessment of the Health and Environmental Impact from Radiation Doses due to Released Radionuclides", Chiba, 18-20 Jan, 1994. - Chiba: NIRS, 1994.-P. 91-100.

10. Maruyama T., Kumamoto Y., Noda Y., Iwai K., Novak D. External dose assessment by TLD method using construction materials exposed to radiation due the Chernobyl accident // International Workshop "Assessment of the Health and Environmental Impact from Radiation Doses due to Released Radionuclides", Chiba, 18-20 Jan, 1994. - Chiba: NIRS, 1994. -P. 105-118.

11. Методические рекомендации по определению доз облучения работников лесного хозяйства // В.М.Терещенко, О.Н.Перевозников, Д.В.Новак и др. //К.:1990, 10с.

12. Новак Д.В., Химич Р.В, Чумак В.В. К проблеме использования термолюминесцентной дозиметрии в экологическом мониторинге. // Тезисы докладов научной конференции по истории науки и техники, посвященной 125-летию со дня рождения В.И. Вернадского. Одесса, 18-21 апреля 1988 г.- К.: Наукова думка, 1988, С. 90-91.

13. Терещенко В.М., Перевозников О.Н., Литвинец Л.А., Новак Д.В. Влияние половозрастных и профессиональных особенностей на формирование среднегодовых доз внешнего и внутреннего гамма-облучения населения некоторых районов УССР // Тез. докл. 2 Киевской Междунар. науч.-практ. конф. изобретателей, Киев, 8-10 окт. 1990 г. - К., 1990. - С. 135-137.

14. Новак Д.В., Перевозников О.Н. Оценка индивидуальных эффективных доз внешнего облучения различных групп населения и персонала от радиоактивного следа на местности // Тезисы докладов науч.-практ. конф. "Чернобыль и здоровье людей" •20-22 апр. 1993 г., Киев, Часть II, - К., 1993. - С. 224.

АННОТАЦИЯ

Новак Д.В. Закономерности формирования доз внешнего гамма-облучения населения, проживающего на территориях, загрязненных в результате аварии на Чернобыльской АЭС.

Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 11.00.11 - охрана окружающей среды, рациональное использование природных ресурсов, Киевский политехнический институт, Киев, 1994.

Защищается 14 научных работ, которые содержат теоретическую разработку аппаратурно-методического обеспечения мониторинга индивидуальных доз внешнего гамма-облучения населения, проживающего в условиях радиоактивного загрязнения местности, исследование основных закономерностей формирования этих доз в пространстве и во времени, на основании которых разработана дозиметрическая модель ретроспективного восстановления доз, а также результаты экспериментальных исследований. Установлено, что наиболее адекватным методом индивидуального дозиметрического контроля населения является массовое применение термолюминесцентных дозиметров; основным дозообразующим фактором при условии компактного проживания на радиоактивно загрязненной местности является профессиональная принадлежность и связанный с этим индивидуальный режим поведения. Произведена ретроспективная оценка доз внешнего гамма-облучения выделенных групп населения за различные промежутки времени после аварии. Осуществлено внедрение

предложенных методик и результатов исследований в систему практического здравоохранения и службу охраны труда Министерства лесного хозяйства Украины.

Ключевые слова:

аварія на ЧАЕС, дозиметрія, ТЛД, радіаційний моніторинг.

ANNOTATION

D V Novak. Regularities of external gamma exposure formation for the population living at the territories contaminated after the Chernobyl accident.

Dissertation for conferring on a Ph.D. degree, technical science, specification 11.00.11 - preservation of the environment, rational use of natural resources, Kiev Polytechnic Institute, Kiev, 1994.

There are presented 14 works containing theoretical development of methodological and technical support for the monitoring of individual gamma exposure of the population living at the contaminated territories; general regularities of spatial and time formation of these doses and the dosimetric model of retrospective reconstruction of doses based on these regularities; the result of experimental research. It was found the most adequate method for individual dosimetric monitoring of the population is a broad use of thermoluminescent dosimeters; for a compact living population the principal contribution to an individual dose are profession and corresponding personal regime of behavior. External gamma exposures for particular groups of the population were assessed for different time spells after the accident. Methods and results presented in the work were put to practice of health service and labour safety regulations of the Forest Ministry of Ukraine.

Keywords:

аварія на ЧАЕС, дозиметрія, ТЛД, радіаційний моніторинг.

Добавка

AB 31.248

AB 31.248